



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus**

Ipari gépek biztonsága szakmérnök

Pneumatikus működtetésű lézergravírozó gép tervezése

Belső konzulens: Dr. Földi László József
docens

Külső konzulens: Tábori Péter
Szakterületi vezető

Készítette: **Balázs János**
HM7NCO
levelező tagozat

Intézet/Tanszék: Műszaki Intézet/
Mechatronika tanszék

Szent István Campus, Gödöllő

2023

**MŰSZAKI INTÉZET
IPARI GÉPEK BIZTONSÁGA SZAKMÉRNÖK**

DIPLOMADOLGOZAT

feladatlap

Balázs János (HM7NCO)

részére

A diplomadolgozat címe:

Pneumatikus működtetésű lézergravírozó gép tervezése

Feladatkiírás:

Bevezetés, Cégbemutató, Szakirodalom feldolgozása, Probléma bemutatása, A lézergravírozó gép kockázatelemzése, A pneumatikus rendszerrel kapcsolatos kockázatok, Gazdasági számítás, Összefoglalás

Közreműködő tanszék: Mechatronika

Külső konzulens: *Tábori Péter*, technológiai platform vezető, IDM-Systems Zrt.

Belső konzulens: *Dr. Földi László*, egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet

Beadási határidő: 2023. november 06.

Gödöllő, 2023. szeptember 04.

Jóváhagyom


(tanszékvezető)


(szakfelelős)

Átvettem


(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2023. 11 hó 03 nap


(külső konzulens)

Tartalom

1.	Bevezetés.....	7
1.1.	Téma jelentősége	7
1.2.	Célkitűzés.....	7
2.	Szakirodalom feldolgozása	8
2.1.	A jogszabályi háttér	8
2.2.	A gépdirektíva.....	9
2.3.	A szabványok rendszere	11
2.4.	A szabványok típusai	11
2.5.	Szabványok alkalmazása	12
2.6.	A gépbiztonság alapja a kockázatfelmérés és kockázatcsökkentés	13
2.6.1.	Gyártói és üzemeltetői felelősség.....	13
2.6.2.	Kockázatfelmérés	14
2.6.2.1.	A gép határainak rögzítése.....	15
2.6.2.2.	Veszélyazonosítás	15
2.6.2.3.	Kockázatbecslés.....	15
2.6.2.4.	Kockázatértékelés	15
2.6.3.	Kockázatcsökkentés.....	17
2.7.	Részben kész gép	17
2.8.	Pneumatikus rendszerek biztonsága	18
2.9.	Biztonságos megállítási és lezárás (SSC)	18
2.10.	Pneumatikus rendszerek diagnosztikai lehetőségei	21
2.11.	Hármas és négyes vezérlési kategória.....	23
2.12.	Biztonságos nyomatókkapcsolás (STO).....	24
2.12.1.	Primer és szekunder sebességszabályozás.....	25
2.13.	Biztonságosan csökkentett sebesség (SLS)	26

2.14.	További pneumatikus biztonsági funkciók	27
3.	A lézergravírozó gép kockázatfelmérése	27
3.1.	A gép felépítése.....	27
3.2.	Kockázatfelmérés.....	30
3.2.1.	A lézerberendezések jellemzői	31
3.2.2.	Vonatkozó harmonizált szabványok.....	33
3.2.3.	A gép határai.....	33
3.2.4.	A lézersugárból eredő kockázat felmérése	33
3.2.5.	A burkolat mechanikai kialakítása	34
3.2.6.	A burkolat vezérlése	35
3.2.7.	Érzékelők.....	36
3.2.8.	A logikai egység és teljesítményvezérlő.	38
3.2.9.	A vezérlés biztonsága az MSZ EN ISO 13849-1 alapján.....	40
3.2.10.	Használati információk.....	44
3.2.11.	Validáció.....	45
3.2.12.	Mechanikai veszélyek.....	46
3.2.13.	Termikus veszélyek	48
3.2.14.	Fennmaradó kockázatok	49
4.	A pneumatikusan mozgatott burkolat biztonsága	50
4.1.1.	A burkolat működtetése.....	50
4.2.	A burkolatmozgatás kockázatfelmérése	52
4.2.1.	A gép határai.....	52
4.2.2.	Kockázatazonosítás, kockázatbecslés.....	52
4.2.1.	Kockázatcsökkentés.....	53
4.2.2.	Biztonságos mozgásirány	54

5.	Gazdasági számítás	63
6.	Összefoglalás.....	64
7.	Summary	65
8.	Nyilatkozat	66
9.	Irodalomjegyzék.....	69
10.	Mellékletek	72
10.1.	Pneumatikus kapcsolási vázlat.....	72
10.2.	Rövidítések jegyzéke	73
10.3.	SISTEMA riport:	74

1. Bevezetés

1.1. Téma jelentősége

Az Európai Unió csatlakozással és az egységes piac létrejöttével, a kötelezően alkalmazandó harmonizált jogszabályok és a megvalósítást segítő harmonizált szabványok megjelenésével a géptervezés és a biztonság viszonya alapvetően átalakult.

A mérnöki gyakorlatban ez a gondolkodásmód megváltoztatását igényli. Elsődleges lett a gépbiztonság kérdése, mely az egész tervezési folyamatban minden más szempontot megelőz. A tervezők, gyártók, forgalmazók erre az alapelvre fűzik fel a tevékenységüket, az eddigi cégenként eltérő, spontán kialakult gépbiztonsági tervezői gyakorlat helyett egységes gondolkodásmód jött létre, megkönnyítve ezzel a gépet alkalmazó üzemeltetők helyzetét.

Itt volt az ideje, hogy ez a szemlélet a mérnökök képzésében is megjelenjen. Ezért nagy jelentőségű a MATE GTI és a SAASCO kezdeményezése az ipari gépek biztonsága szakmérnöki képzés beindításában.

A választott téma, egy pneumatikus működésű lézergravírozó gép tervezése során felmerülő gépbiztonsági szempontok a kockázatok széles skálájának, és az ezekre adott kockázatkezelési lépések bemutatását teszi lehetővé.

A lézeres jelölés az iparban gyakori feladat, a leírtak jól hasznosíthatók, és alkalmasak a gépbiztonsági folyamat bemutatására. A gép működtetése részben pneumatikus. Az iparban nagyon elterjedt pneumatikus rendszerek biztonságának sok vonására ki lehet térni.

1.2. Célkitűzés

Célom, hogy egy konkrét gép, egy lézergravírozó alapján bemutassam a kockázatelemzés folyamatát, a géptervezés folyamatába történő beilleszkedését. Kitérek a pneumatikus rendszerrel kapcsolatos kockázatokra is.

2. Szakirodalom feldolgozása

2.1. A jogszabályi háttér

Az Európai Gazdasági Közösség egyik fontos alapelve az egységes piac. Ennek egyik alapelve, hogy a közösségen belüli tagállamok nem korlátozhatják olyan termékek forgalmazását, amelyek megfelelnek a közösen elfogadott normáknak.

Az alapkeret a „New Legislation Framework”, a jogszabályok új keretrendszere, melynek alapjai:

- Regulation (EC) 765/2008 a termékek forgalmazása tekintetében az akkreditálás és piacfelügyelet előírásai
- Decision 768/2008 a termékek forgalomba hozatalának közös keretrendszere
- Regulation (EU) 2019/1020 a piacfelügyeletről és a termékek megfelelőségéről

A forgalomba kerülő termékekről külön termékspecifikus jogszabályok rendelkeznek. Jelenleg hozzávetőlegesen harminc ilyen jogszabály van érvényben. A jogszabályok valamennyi tagállam számára kötelező érvényűek, és az ország jogi rendszerébe meghatározott időn belül be kell illeszteni, harmonizálni kell.

Néhány példa, főleg az ipar területét érintő jogszabályokra: az első azonosító az EU jogszabály azonosítója, a második pedig a harmonizált magyar jogszabály:

- Egyszerű nyomástartó edények 2014/29/EU 44/2016. (XI. 28.) NGM r.
- Elektromágneses zavart okozó berendezés (EMC) 2014/30/EU 8/2016. (XII. 6.) NMHH r.
- Építési termékek (CPR) 305/2011/EU 275/2013. (VII. 16.) Korm. r.
- Felvonók 2014/33/EU 146/2014. (V. 5.) Korm. r.
- Gázfogyasztó készülékek (GAD) 2016/426/EU rendelet
- **Gépek (MD) 2006/42/EK 16/2008. (VIII. 30.) NFGM r.**
- Játékok (TOY) 2009/48/EK 38/2011. (X. 5.) NGM r.
- Kedvtelési célú vízijárművek 2013/53/EU 21/2016. (VII. 12.) NFM r.
- Nyomástartó berendezések (PED) 2014/68/EU 44/2016. (XI. 28.) NGM r.
- Robbanásbiztos berendezések, védelmi rendszerek (ATEX) 2014/34/EU 35/2016. (IX. 27.) NGM r.

-
- Veszélyes anyagok elektromos berendezésekben való alkalmazásának korlátozása (RoHS)
 - Villamos termékek (LVD) 2014/35/EU 23/2016. (VII. 7.) NGM r.

A jogszabály által érintett termékeket kötelező megfelelésséget igazoló tanúsítással ellátni egy megfelelésséget igazoló folyamat végén, aminek csak utolsó lépése a CE jelölés elhelyezése és az EK megfelelésségi nyilatkozat kiállítása.

Nem véletlenül emeltem ki az egyik jogszabályt, amit gépdirektívának (GD) is neveznek, ez vonatkozik az ipari gépekre. A szakdolgozatban csak ezzel foglalkozom, de fontos megemlíteni, hogy egy termékre akár több jogszabály is vonatkozhat, ilyenkor mindegyiknek az előírásait teljesíteni kell.

2.2. A gépdirektíva

Az ipari gépekre a teljes nevén [1] „16/2008. (VIII. 30.) NFGM rendelet a gépek biztonsági követelményeiről és megfelelésségének tanúsításáról” vonatkozik.

A jogszabály pontosan megfogalmazza, mit tekint gépnek, milyen egyéb, gépnek nem minősülő eszközök tartoznak a hatálya alá, és milyen gépek és berendezések nem.

Csak a legfontosabbakat kiemelve [1]:

„1. § (1) E rendelet hatálya

a gépek;

a cserélhető berendezések;

a biztonsági berendezések;

a teherfeltevő eszközök;

a láncok, kötelek és hevederek;

a leszerelhető mechanikus erőátviteli szerkezetek; valamint

a részben kész gépek

alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelményeire terjed ki.”

A kivételek listája hosszú, de logikus, hogy például a járművek többségére, nukleáris berendezésekre, illetve a háztartási berendezésekre sem vonatkozik. Ezeknek más, sokszor cseppet sem kevésbé szigorú jogszabályoknak kell megfelelniük.

„7. gép:

a) az olyan, nem közvetlenül emberi vagy állati erőt alkalmazó hajtási rendszerrel felszerelt vagy felszerelésre szánt, összekapcsolt alkatrészek és alkotóelemek együttese, amelyek közül legalább egy mozog, és amelyeket valamely meghatározott felhasználás céljából kapcsoltak össze.”

Illetve;

e) kizárólag közvetlen emberi erővel hajtott, összekapcsolt alkatrészek és alkotóelemek együttese, amelyek közül legalább egy mozog, és amelyeket teher emelésének céljából kapcsoltak össze; [1]

A jogszabály és első melléklete nagyon részletesen tárgyalja a gépek alapvető biztonsági követelményeit, használati módokat, a kockázatok kiküszöbölésének lépéseit, az egyes rendszereket és az erre vonatkozó előírásokat, részletezi az egyes veszélyeket, védőberendezések követelményeit, a jelöléseket és a megkövetelt dokumentációk formai és tartalmi követelményeit, az egyes speciális gépfajtákra vonatkozó külön előírásokat.

A további tizenegy melléklet tartalmazza a biztonsági berendezések listáját, a megfelelőségi nyilatkozat tartalmát, a „veszélyes gépek” listáját, amire szigorúbb eljárások vonatkoznak, a három lehetséges megfelelőségértékelési eljárás szabályait, a gép és részben kész gép műszaki dokumentációjára vonatkozó előírásokat, a CE jelölés formai követelményeit és a bejelentett szervezetek követelményeit.

A gépdirektívát olvasva találunk konkrét előírásokat, követelményeket is. Például, ha a gép energia kimaradása vagy vészleállítás miatt megállt, akkor az energia visszatértekor vagy a vészleállító eszköz alaphelyzetbe állításakor ne induljon újra magától.

Néhány esetben azonban hiányérzetünk támad. Például a 1. számú melléklet 1.3. pontja tárgyalja a mechanikai veszélyeket és itt, az 1.3.7. pontban kitér a mozgó részekkel kapcsolatos előírásokra:

„1.3.7. A mozgó részekkel kapcsolatos veszély

A gép mozgó részeit úgy kell megtervezni és gyártani, hogy megakadályozható legyen a balesethez vezető érintkezés.” [1]

Mérnökként konkrét számokkal szeretünk dolgozni! Vajon mekkora a rés, ami még megengedhető, mondjuk, ujjal vagy lábbal közelítve? A gépdirektíva ebben nem nyújt segítséget, általános elveket és szabályokat fogalmaz meg.

Kérdésünkre a választ a szabványokban találjuk meg.

2.3. A szabványok rendszere

A jogszabályok és a szabványok egymást kiegészítő rendszert alkotnak. A jogszabályok megalkotása törvényhozói feladat, hozzáférésük ingyenes. A harmonizált jogszabályok nemzeti nyelven, azaz magyarul is hozzáférhetőek, betartásuk kötelező.

Ezzel szemben a szabványokat nemzetközi vagy nemzeti szabványügyi testületek, szervezetek alkotják meg, így a harmonizált szabványok nem minden esetben érhetők el magyarul, és nem csak hogy nem ingyenesek, hanem A4-es oldalon kifejezett terjedelmükhöz képest rendkívül drágák is. Alkalmazásuk „nem kötelező”... Nem véletlen az idézőjel, alább részletezem, mit értek nem kötelezőn.

A szabványosítást, több mint száz éve az a természetes igény hozta létre, hogy az egyes termékek és műszaki folyamatok összemérhetőek, „csereszabatosak” legyenek: ne kelljen minden cégnek külön megalkotnia az olyan egyszerű gépelemek, mint a csavarok méretválasztékát, illetve, hogy ugyanazt értsük (például) tűzoltó készülék alatt.

A szabványosítás idővel túllépett a termékek tulajdonságainak meghatározásánál és a műszaki élet egyik alapjává vált.

A szabványosítást iparegyesületek kezdték, de a szerepüket nemzeti szabványosító szervezetek vették át. A nemzetközi kereskedelem megkövetelte a nemzeti szabványosítók közötti együttműködést, majd a nemzetközi szabványosítás szervezetei is létrejöttek.

A nemzetközi szabványosítási szervezet az ISO, az *International Organization for Standardization*, de létezik speciális területre más szervezet is, mint az IEC, a *International Electrotechnical Commission*.

Az Európai Unió szabványosítási szervezetei a CEN, CENELEC és az ETSI, ezek adják ki az EN jelű, Európán belül hatályos szabványokat. Magyarországon is érvényes harmonizált változatukat a Magyar Szabványügyi Testület dolgozza ki.

A szabványok jelölése egyértelműen jelzi azt, hogy Magyarország területén hatályos szabványról van szó. Például az [2] MSZ EN ISO 12100:2010. Az MSZ a magyar szabvány jele, EN az európai szabványt jelzi, az ISO pedig azt, hogy a nemzetközi szabvány Európán kívül is érvényes. A 12100 egy azonosító szám. A kettőspontot követő évszám a hatálybalépés időpontja. Ebből még nem derül ki az, hogy a szabvány érvényes-e, mert lehet, hogy azóta megjelent módosítása, új változata, esetleg hatálytalanították.

2.4. A szabványok típusai

Az európai szabványoknak három típusa van:

- „A” típusú szabvány, az alapszabvány. Minden termékekre vonatkozó jogszabályhoz egy „A” típusú szabvány tartozik. A gépdirektívához (jelenleg hatályosan) az MSZ

EN ISO 12100:2010. Címe: *Gépek biztonsága. A kialakítás általános elvei. Kockázatértékelés és kockázatcsökkentés.* Ez tartalmazza a minden gépre közösen érvényes irányelveket.

- „B” típusú szabvány, biztonsági alelveket határoz meg. A gépdirektívához jelenleg 95 darab „B” típusú szabvány tartozik. Gépek csoportjára vonatkozóan adnak irányelveket. Ezt a típust két altípusba szokás sorolni:
 - „B1” altípusú szabvány, biztonsági szempontokat és alelveket fogalmaznak meg. Pld: EN ISO 4414:2010 Pneumatikus teljesítményátvitel. A rendszerek és szerkezeti elemeik általános szabályai és biztonsági követelményei.
 - „B2” altípusú szabvány, biztonsági berendezéseket ír le. Pld. EN ISO 13851:2019 Gépek biztonsága. Kétkezes kapcsolók. Működési szempontok és kialakítási elvek
- „C” típusú szabvány, gépekre, gépcsoportokra vonatkozó szabványok. például az EN ISO 16092 1-4 szabványsorozat, ami a Prések és sajtók biztonságával foglalkozik. A szakdolgozat megírásának pillanatában a gépdirektívával kapcsolatosan 692 darab „C” típusú szabvány hatályos. [3]

Nem minden gépfajtára létezik „C” típusú szabvány.

A szabvány teljesítendő **minimumot** határoz meg, a követelményekben „felfelé” el lehet térni.

A jogszabályokhoz tartozó hatályos szabványokat a:

https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/european-standards/harmonised-standards_en

oldalon lehet letölteni. Fontos figyelembe venni a lejáratot és a hatályba helyezés időpontját, mert a gép átadásának pillanatában érvényes jogszabályokat és szabványokat kell alkalmazni.

2.5. Szabványok alkalmazása

Kötelező-e alkalmazni az adott gépre vonatkozó szabványok előírásait? Röviden, nem. Hosszabban, igen....

A szabványok alkalmazása a jogszabályokkal ellentétben nem kötelező. Ennek oka, hogy ha adott esetben a szabvány alkalmazása kötelező lenne, az a műszaki fejlődés útjába tudna állni.

Például, ha egy szabvány a mozgó részekre előírná a burkolat alkalmazását és kötelező is lenne, akkor nem lenne értelme kitalálni és alkalmazni olyan, gyakran sokkal hatékonyabb megoldásokat, mint a fényfüggöny vagy a térszkenner. Illetve a gépgyártó is kerülhet olyan helyzetbe, hogy a gépe olyan egyedi eset, amikor a szabvány alkalmazása kevésbé biztonságos megoldást jelentene, mint az általa alkalmazott.

Ennek ellenére szinte minden esetben törekszünk a szabványok teljeskörű alkalmazására. Amennyiben a gyártó nem alkalmazza a szabvány egy pontját, akkor a megfelelőségértékelés folyamán neki kell bizonyítania, hogy az általa alkalmazott eljárás, megoldás legalább olyan jó, vagy jobb, mint a szabványban előírt. Ez az esetek többségében hosszadalmas, költséges folyamat.

Még egy esetben „kötelező” a szabvány alkalmazása. Bár jelen szakdolgozatnak nem tárgya a megfelelőségértékelés folyamata, meg kell említenem, hogy ha egy gép szerepel a veszélyes gépek listáján, és van rá „C” típusú szabvány, akkor a „belső gyártásellenőrzésen” alapuló megfelelőség értékelés, az „A” modul, (amit a gyártó maga is elvégezhet), csak akkor választható, ha a gyártó a vonatkozó szabványok *minden* előírását maradéktalanul betartotta. Ebben az esetben alternatív megoldásnak nincs helye. Minden más esetben „EK-típusvizsgálat”, vagy „teljes minőségbiztosításon alapuló megfelelőségértékelés” szükséges, amelyhez külső minősítő szervezetet kell bevonni, annak minden költségével együtt.

2.6. A gépbiztonság alapja a kockázatfelmérés és kockázatcsökkentés

Az MSZ EN ISO 12100 [2] szabvány a géptervezési folyamatban a minden gépre vonatkozó gépbiztonsággal kapcsolatos alapelveket és módszertant határozza meg,

Az alapvető módszer a kockázatfelmérés és kockázatcsökkentés. A szabvány leírja a folyamatot, a dokumentálás és az igazolás követelményeit.

Kockázatfelmérés, vagy kockázatértékelés? Gyakran halljuk és látjuk leírva a két fogalmat, sokszor szinonimaként használjuk. De vajon melyik a helyes?

2.6.1. Gyártói és üzemeltetői felelősség

A fogalomzavart sokszor az okozza, hogy a gépbiztonsággal kapcsolatosan más jogszabály vonatkozik a gyártóra és a felhasználóra, és ebben a két jogszabályban a kockázatértékelést kifejezést más tartalommal használják. Az 1. táblázatban összefoglalom a különbséget.

Gyártó az a természetes vagy jogi személy, aki

- a gépet gyártja, vagy
- aki saját nevében terveztet, gyártat, forgalmaz (rendelkezésre bocsát)
- a gyártónak az EGT-ben letelepedett meghatalmazott képviselője

Az üzemeltető (felhasználó) az, aki a CE minősítéssel egyébként rendelkező gépet a saját tevékenységébe beilleszti.

	Kockázatfelmérés	Kockázatértékelés
Kire vonatkozik	Gyártó	Üzemeltető
Előíró jogszabály	CE jelölést előíró jogszabályok (MD, LVD, PED, EMC...)	1993. évi XCIII. tv. - 54. §
Mikor kell elvégezni	A CE jelölési folyamat részeként még a tervezési fázisban	A tevékenység megkezdése előtt, majd indokolt esetben, de max. 3 évente.
Ki végezheti	Tervezők, a gyártó munkacsoportja, nincs külön jogi követelmény	Munkabiztonsági, munkaegészségügyi szaktevékenység, végzettséghez kötött!

1. táblázat, forrás: saját

A gyártói és felhasználói felelősség külön-külön is létezik, egyiket a másikkal nem lehet helyettesíteni.

Továbbiakban a gyártói jogszabályokban megfogalmazott kockázatfelmérést tárgyalom, melynek alapja a gépdirektíva és az MSZ EN ISO 12100.

Az MSZ EN ISO 12100 a biztonságos gép létrehozására irányuló tevékenységet két fázisra osztja: a kockázatfelmérésre és a kockázatcsökkentésre.

2.6.2. Kockázatfelmérés

A kockázatfelméréssel kapcsolatosan rögtön felmerül, hogy ki és mikor végzi a gép tervezése, létrehozása során? A kockázatfelmérés folyamatának a gép, több példányban gyártott gép esetén az első példányának átadása előtt le kell zárulnia.

Ebből a célból munkacsoportot kell létrehozni. Ez állhat a konstruktőrökből is, a lényeg az, hogy a tervezés alatt a tervezésben részt vevő minden szakma külön-külön és együttesen is, folyamatosan végezze a kockázatfelmérést, amit a végén dokumentálnia is kell.

A kockázatfelmérés részei:

1. kockázatelemzés, benne:
 - 1.1. a gép határainak rögzítése
 - 1.2. veszélyazonosítás
 - 1.3. kockázatbecslés
2. kockázatértékelés [2]

2.6.2.1. A gép határainak rögzítése

A gép határainak rögzítése során minden egyes veszélyhelyzetre meg kell határozni a gép üzemmódjait, a felhasználók tulajdonságait, a géphez hozzáférő személyek képességeit, adottságait, a térbeli határokat, időbeli határokat, egyéb határokat.

2.6.2.2. Veszélyazonosítás

Fel kell tární az összes lehetséges veszélyt a gép minden lehetséges üzemállapotában. Ehhez nagy segítséget nyújt az MSZ ISO 12100 „B” mellékletében található B1 táblázat, szinte minden, gyakorlatban előforduló veszélyforrást felsorol. A B2 táblázat ennek egy részét ábrákkal megjelenítve segíti a megértést. A felsorolás nagyon részletes, de speciális gépnél előfordulhat olyan veszélyforrás, ami nincs beleírva. Természetesen ezt is figyelembe kell venni.

A gép határainak rögzítését, a veszélyazonosítást részletesen a konkrét feladattal kapcsolatosan ismertetem a következő fejezetben.

2.6.2.3. Kockázatbecslés

A kockázat a kockázatelemektől függ.

A kockázatot meghatározó elemek egy konkrét veszélyre vonatkozóan a károsodás súlyossága és a károsodás előfordulási valószínűsége.

A károsodás valószínűsége függ az érintett személyek számától, a veszélyes esemény előfordulási valószínűségétől, azaz a veszélyexpozíciótól és a károsodás elkerülésének, vagy korlátozásának lehetőségétől.

A kockázatelemeket minden veszélyhelyzettel kapcsolatban külön- külön meg kell határozni.

2.6.2.4. Kockázatértékelés

A feltárt kockázatokot értékelni kell abból a szempontból, hogy szükséges-e kockázatcsökkentés, illetve, ha már alkalmaztunk valamilyen kockázatcsökkentést, az elegendő-e.

Ennek eldöntésére a kockázatelemeket számszerűsítjük, és a kockázatértékeléshez egy skálát hozunk létre, amelyben meghatározott számértéket rendelünk a kockázati szintekhez.

A szabvány nem ad konkrét javaslatot ezekre az értékekre. Ennek oka, hogy nem lehet minden gépre, minden üzemmódra és kockázatra egységes, általános rendszert kidolgozni.

A kockázatfelmérést végző munkacsoport feladata ezen eszközök kidolgozása, elfogadása és alkalmazása.

A lézergravírozónál az alábbi besorolást alkalmaztam:

<p>valószínűség (LO) 0 = lehetetlen 0,1 Szinte elképzelhetetlen 0,5 Nagyon valószínűtlen 1 = Nem valószínű 2 = lehetséges 5 = egyenlő esély (megtörténhet) 8 = Valószínű 10 = Nagyon valószínű 15 = Bizonyos</p>	<p>A veszély gyakorisága (FE) 0,1 = ritkán 0,2 = évente 1 = havonta 1,5 = hetente 2,5 = Naponta 4 = Óránként 5 = állandóan</p>	<p>A lehetséges károsodás mértéke (DPH) 0,1 = karcolás / zúzódás 0,5 = Csípődés / enyhe egészségkárosító hatás 1 = törés (kisebb csont) 2 = törés (főcsont) 4 = 1 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (átmeneti) 8 = 2 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (állandó) 15 = Halál</p>	<p>Veszélyeztetett személyek száma (NP) 1 = 1-2 fő 2 = 3-7 fő 4 = 8-15 fő 8 = 16-50 fő 12 = Több mint 50 fő</p>	<p>Eredmény HRN = LO*FE*DPH*NP</p>
---	---	--	--	--

1. ábra, kockázatértékelés (forrás: [4])

A pontozási rendszert több, a gyakorlatban alkalmazott rendszer közül választottam ki, a kiindulás egy elterjedt Excel-alapú segédeszköz [4] volt, erre támaszkodva alakítottam ki.

A kockázatértékelést elvégeztem védőintézkedés nélküli esetre, illetve védőintézkedés alkalmazása utáni esetre is.

És a kockázatértékelés:

HRN	Degree of Risk (DOR)
0-1	Elhanyagolható kockázat
1-5	Nagyon alacsony kockázat
5-10	Alacsony kockázatú
10-50	Jelentős kockázat (meghozandó intézkedések!)
100-500	Nagyon magas kockázat
500 - 1000	Rendkívüli kockázat
1000 +	Elfogadhatatlan kockázat

2. ábra (forrás: [4])

Az alapelv az volt, hogy 10 pontig nem szükséges intézkedés, 10-50 pont között elfogadható a használati információkon alapuló kockázatsökkentés, e fölött további védőintézkedés szükséges.

2.6.3. Kockázatcsökkentés

A kockázatcsökkentésnek három szintje van. A kockázatot, ha lehetséges, tervezői intézkedéssel, áttervezéssel kell megoldani. Ez a beépített biztonság. Ez elérhető a megfelelő technológia kiválasztásával, veszélyek megszüntetésével. Például nem veszélyes oldószerek alkalmazása, az éles géprészek áttervezése, biztonságos munkakörnyezet kialakítása.

Egyes esetekben a technológiából adódó veszély teljesen nem szüntethető meg. Például, ha más gravírozási technológia nem felel meg a célnak, a lézergravírozó gép lézerforrásából adódó veszély nem szüntethető meg.

Ilyenkor a következő szint a kockázatcsökkentés védőberendezésekkel. Céljuk a veszélyek és az ember biztonságos elkülönítése. Ezek lehetnek a védőburkolatok, védőszerkezetek, villamos érzékelő védőberendezések (ESPE), mint fényfüggönyök, biztonsági lézerszkennerek, kamera-alapú védőberendezések.

A harmadik szint a kockázatcsökkentés használati információkkal. Ilyen a használati útmutató, oktatás, betanítás. Nyilvánvaló, hogy önmagában ez az intézkedés csak alacsony kockázat és ellenőrzött környezet esetén jöhet szóba.

Minden esetben elsősorban a beépített biztonságra kell törekedni, és csak ha az nem lehetséges, akkor lehet védőintézkedést alkalmazni. Ha az sem lehetséges, akkor merülhet fel a kockázat használati információkkal történő csökkentése.

Le kell ellenőrizni, hogy az intézkedésekkel elértük-e a kitűzött célt. Ha nem, újra kell kezdeni a folyamatot, illetve azt is ellenőrizni kell, nem keletkezett-e új kockázat, mert ha igen, azt is kezelni kell. Illetve meg kell győződnünk róla, hogy a védőintézkedés nem jelent-e újabb kockázatot.

2.7. Részben kész gép

A lézergravírozó részben kész gép. A [1] GD 2.§ 14. bekezdése szerint:

„14. részben kész gép: olyan egység, amely önmagában nem képes meghatározott funkciót ellátni; a meghajtórendszer részben kész gépnek minősül; a részben kész gép csak arra szolgál, hogy beépítsék vagy hozzászerezjék egy másik géphez vagy egy másik részben kész géphez vagy berendezéshez, ily módon létrehozva egy, az e rendelet hatálya alá tartozó gépet;”

Tipikus részben kész gépek például a robotok, AGV-k is.

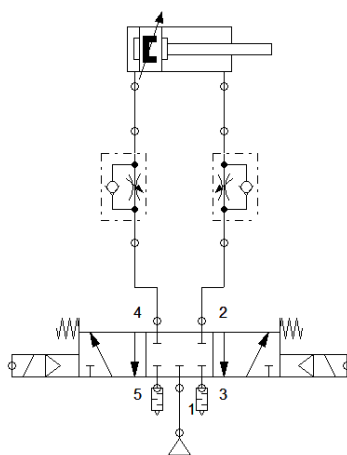
A részben kész gépek nem rendelkeznek CE jelöléssel, és EK megfelelőségi nyilatkozat sem készíthető róluk, helyette beépítési nyilatkozatot kell mellékelni hozzájuk. A beépítőnek el kell végeznie a kockázatfelmérést, és a kész gépnek, amelybe beépítik, rendelkeznie kell EK megfelelőségi nyilatkozattal.

2.8. Pneumatikus rendszerek biztonsága

A lézergravírozó gép védőburkolatát pneumatikus aktuátor mozgatja. Ennek működése is a biztonsági rendszer része, ezért a pneumatikus rendszerek biztonságával is foglalkozni kell röviden.

2.9. Biztonságos megállítási és lezárás (SSC)

A hosszú mozgások esetén sokszor a megállítási és rögzítési a megfelelő megoldás, mint a manipulátor x tengelye esetén is. Az alapkapcsolás a következő:

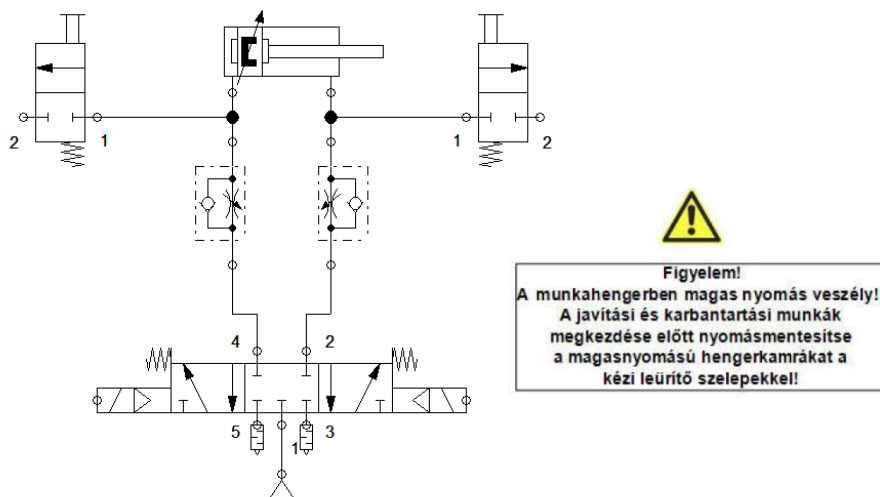


3. ábra, SSC alapkapcsolás (forrás: saját)

Az 5/3-as, középhelyzetben zárt útváltó közepső helyzetében megszűnik a légáramlás, a nyomások kiegyenlítődnek, a mozgás gyorsan megáll, és a hengerbe bezárt „légrugók” ebben a helyzetben tartják. A funkciót energiakimaradás esetén is megvalósítja, valamint nem indul el az energia visszatérése esetén sem.

Fontos azonban, hogy hiába szüntetjük meg a levegő betáplálását, az útváltótól a hengerig tartó szakasz nyomás alatt marad! Ha a szerelő úgy véli, hogy a rendszer energiamentes - mert a levegőt a levegőelőkészítőn lévő kézi elzárószeleppel „leeresztette” - majd megbontja a

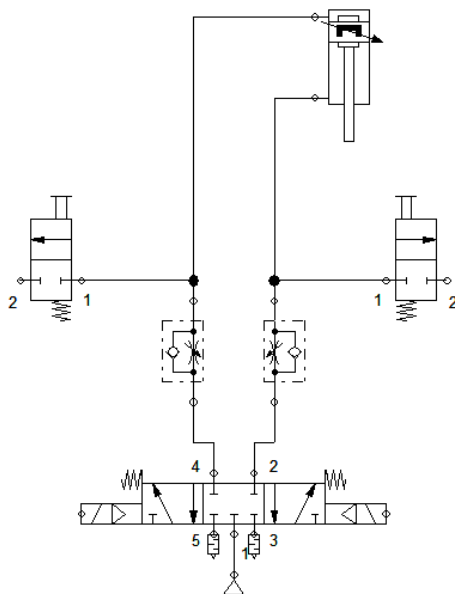
henger és a „2” csatlakozópont közötti csővezeték, akkor a henger jobb oldalából a levegő távozik, és a bal oldalon lévő bezárt levegő hatására a dugattyú nagy sebességgel és nagy erővel elindul. Ezt megakadályozandó a henger mindkét csatlakozójára kézi leeresztőszelepet kell felszerelni, és figyelmeztető feliratot kell elhelyezni azon:



4. ábra, SSC kapcsolat leürítő szelepekkel (forrás: saját)

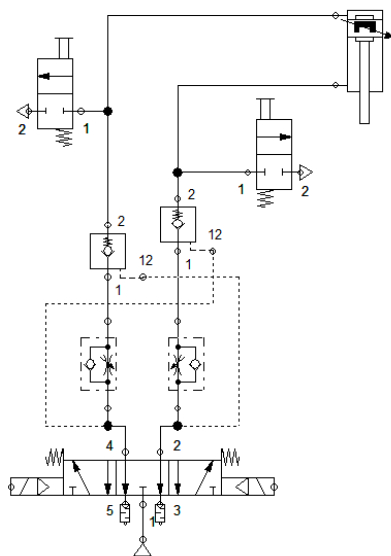
A diagnosztika és a kettőzés hiányában kapcsolással legfeljebb PL=c szint valósítható meg.

A tolattyús útszelep nem képes tartósan biztosítani a levegő bezárását, a nyomás lassan mindkét térben csökken. Ez főleg akkor probléma, ha a hengernek valamilyen terhet kéne tartania:



5. ábra, SSC kapcsolás 2. (forrás: saját)

A terhelés hatására a henger lassan az alsó helyzetbe megy. A SSC funkciót meg tudjuk valósítani közvetlenül a hengerre szerelt vezérelt visszacsapó szelepekkel is. A vezérelt visszacsapó szelepek nem tolattyús, hanem ülékes szelepek, gyakorlatilag teljesen és tartósan szivárgásmentesek.



6. ábra, SSC kapcsolás, vezérelt visszacsapó szelepekkel. (forrás: saját)

Két fontos megjegyzés:

-
- A vezérelt visszacsapószelep akkor tud lezárni, ha a „12” ágban nincs nyomás. Ezért középhelyzetben zárt 5/3-as szelep helyett középhelyzetben leszellőztetett szelepet kell alkalmazni. Ellenkező esetben a vezérelt visszacsapószelep nem zár le, olyan, mint ha ott sem lenne!
 - Ugyanezen okból a vezérlőágat úgy kell bekötni, hogy a szelep kimenő oldala és a vezérlés között ne legyen semmi, például fojtó-visszacsapó szelep, mert az is késlelteti a lezárást.

Magasabb teljesítményszint megvalósításához diagnosztika szükséges.

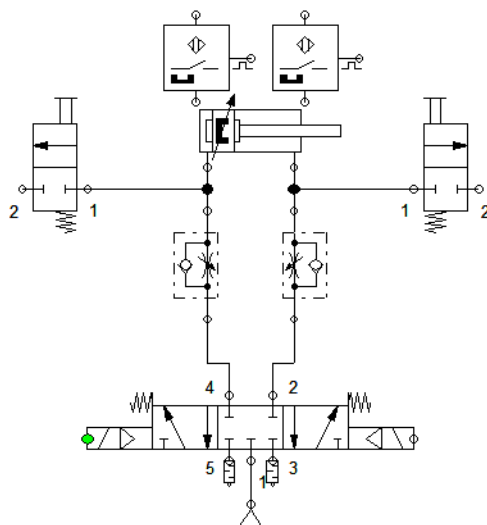
2.10. Pneumatikus rendszerek diagnosztikai lehetőségei

Diagnosztika nélkül legfeljebb PL=c szintet érhetünk el. A magasabb szint eléréséhez a biztonsággal összefüggő elemek helyes működését diagnosztizálnunk kell.

Már a közepes diagnosztikai lefedettséghez (DC) is 90%-os érték tartozik, a magas diagnosztikai lefedettségnek a lehetséges meghibásodások 99%-át le kell fednie, ezért a kapcsolatban résztvevő valamennyi pneumatikus elem működését tudnunk kell ellenőrizni.

Egy elem működését többféle módon is lehet ellenőrizni, ezek nem egyenértékűek. A szabvány érzékelőkre, logikára és kimeneti eszközökre is megadja a számításba vehető DC értéket.

Ezt a henger pozíciójának ellenőrzésével valósítjuk meg. Ehhez a henger végállaskapcsolóit használjuk. Kettes kategória, 60%-os (alacsony) diagnosztikai lefedettséggel megvalósítható a PL=d szint. Itt a biztonsági funkciót is az 5/3-as szelep valósítja meg, ezért figyelni kell az MTTFd értékre!

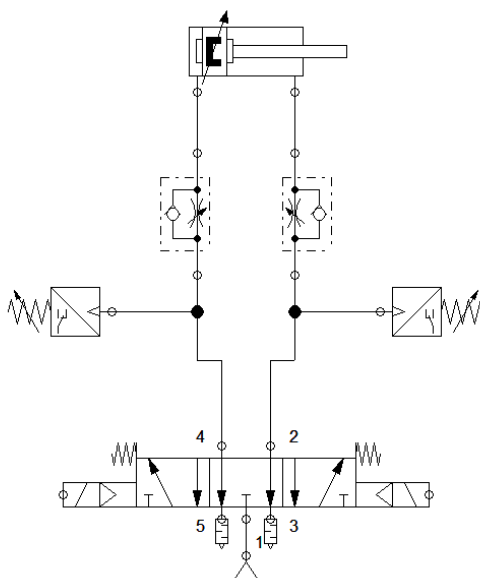


7. ábra, henger pozíció visszajelzés mágneses érzékelőkkel. (forrás: saját)

Az útváltót működtetve a végállaskapcsoló jelének egy bizonyos idő után meg kell érkeznie.

Ez az úgynevezett „hibafelismerés folyamat közben”, 0-99%, praktikusán 60% DC értéket ad az adott eszközre.

Ellenőrizhetjük úgy is a szelepet, hogy két nyomáskapcsolót teszünk a rendszerbe, a kivezető ágakba:



8. ábra. Közvetett diagnosztika végállaskapcsolókkal. (forrás: saját)

Ez a közvetett ellenőrzés, 90-99% DC-érték tartozik hozzá, praktikusán 90% lefedettséggel számolhatunk.

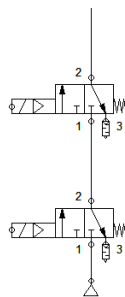
A kapcsoltsági állapotot a szelep tolattyújának helyzetét figyelő érzékelővel közvetlenül is ellenőrizhetjük. Ez 99% diagnosztikai lefedettséget (DC) biztosít.

Minden elemre meg kell határozni a diagnosztikai lefedettséget és a szabvány szerinti súlyozott átlagot kell kiszámítani.

2.11. Hármas és négyes vezérlési kategória

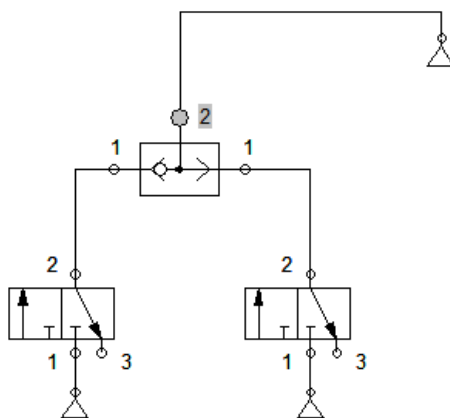
E két kategóriához az érzékelők, logika és végrehajtó elemek kettőzése is szükséges.

Pneumatikus rendszerek esetén könnyen megoldható soros, vagy párhuzamosan kapcsolt elemekkel. Például energialekapcsolás:



9. ábra, energialekapcsolás duplikálása (forrás: saját)

Energiaellátás duplikálása:

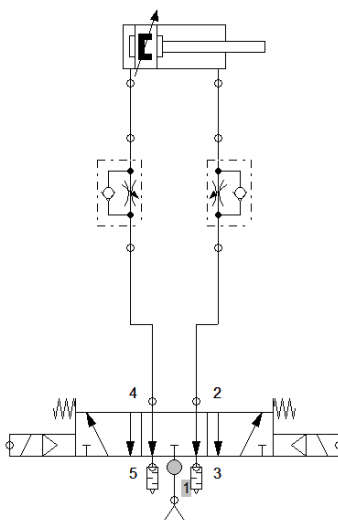


10. ábra, betáplálás duplikálása (forrás: saját)

A két kategória közötti különbség a diagnosztikai lefedettségben van: a hármas kategóriához 90% feletti lefedettség kell, a négyes kategória 99% lefedettséget jelent. Természetesen közös okú meghibásodáson kívül a megfelelő, hármasnál 10, négyesnél 30 éves MTTFd értéket is el kell érni.

2.12. Biztonságos nyomatékkekapcsolás (STO)

Kissé megtévesztő nevű biztonsági alfunkció. A funkciók elnevezését elsősorban elektromos aktuátorokra, azaz villanymotorokra alkották meg, és később lett kiterjesztve a pneumatikus hajtásokra: a hajtó energia megszüntetését jelenti. Nem zárjuk be a levegőt, csak a túlnyomást szüntetjük meg a henger mindkét oldalán azzal, hogy környezeti nyomásra kapcsoljuk.



ábra 11. ábra, STO alapkapsolás (forrás: saját)

Előnye, hogy a működtető erő megszűnik, adott esetben megszűnik a pneumatikus henger által mozgatott résszel okozható esetleges becsípődés, megszorítás, bezárás veszélye. Előnye még, hogy ha az egyéb körülmények lehetővé teszik, újraindítás előtt az aktuátor kézzel, külső erővel a kívánt helyzetbe állítható, a henger ezt nem akadályozza.

Több hátránya is van:

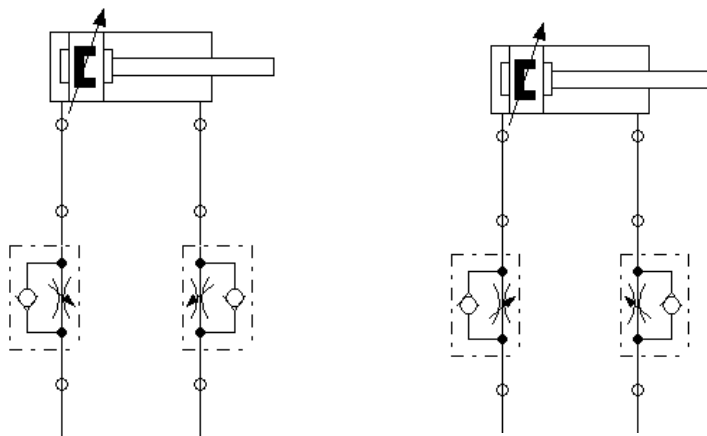
- A pneumatikus henger nem fejt ki fékezőerőt, ezért a mozgás csak saját tehetetlenségéből áll meg. Esetleg elmegy a véghelyzetig is.
- Tehertartásra nem képes, ezt a kapcsolást alkalmazva a teher visszaesik az alsó véghelyzetbe.
- A henger mindkét oldalát leszellőzteti, megszűnik a szekunder oldali levegőre épülő sebességszabályozás, a henger újraindításkor ellenőrizetlen gyors mozgásra képes.

2.12.1. Primer és szekunder sebességszabályozás

A pneumatikus henger sebességét fojtással szabályozzuk, ezzel növelve vagy csökkentve a bejutó térfogatáramot. Azért, hogy a két irányú mozgás sebességét külön is be tudjuk állítani, két fojtót alkalmazunk, de hogy a fojtó csak az egyik irányba szabályozzon, egy-egy visszacsapó szelepet is kötünk velük párhuzamosan.

Kétféle kapcsolás lehetséges:

- A hengerbe befelé áramló irányú levegőt fojtjuk, a kifelé szabadon, és rövid idő alatt kiáramló levegő a sebesség szabályozásában nem vesz részt.
- A kiáramló levegőt fojtjuk, a befelé áramló levegő hamar eléri a tápnyomást.



12. ábra, szekunder (bal oldal) és primer (jobb oldal) sebességszabályozás
(forrás: saját)

A végeredmény látszólag azonos, a henger két oldala közötti nyomáskülönbség egyenlő. Ha a mozgáshoz szükséges nyomás 2 bar, akkor az egyik esetben a két oldalon 7 és 5 bar abszolút nyomás van, a másikban 3 és 1. Azonban a hengert tulajdonképpen két légpárna közé fogva toljuk, és a két légrugó merevsége nem ugyanaz. Könnyen beláthatjuk, hogy a nagyobb nyomású légrugó merevebb, jobb szabályozást tesz lehetővé. A probléma akadozó mozgás (stick-slip) jelenséget eredményezhet, azaz a henger egyenletes mozgás helyett megáll-ugrik-megáll. Ez a jelenség létrejöhét szekunder szabályozásnál is, de sokkal ritkábban. Emiatt a pneumatikában szinte mindig a szekunder szabályozást használjuk.

A szekunder szabályozásnak azonban van hátránya is. A fojtót úgy állítjuk be, hogy az a teljesen feltöltött hengerből kiáramló levegő fojtásával dolgozik. Ha a levegő bármi okból

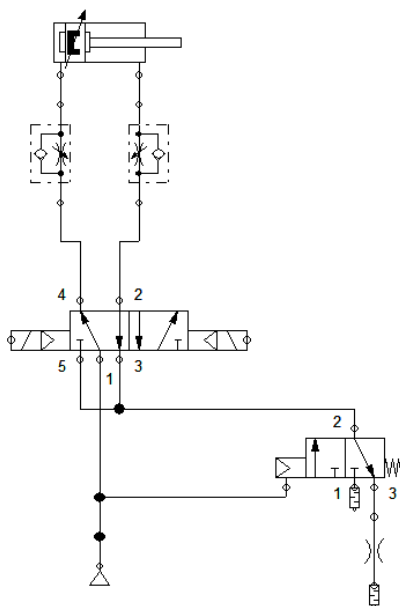
kiürül erről az oldalról, fékezési feladatát nem tudja ellátni, emiatt a henger gyors, ütősszerű mozgással mozog.

A levegő a szekunder oldalról több okból kifolyólag is elfogyhat. Például hosszú üzemszünet alatt lassan elszivárog a tolattyús szelepen, vagy a csőkötések is szivároghatnak csekély mértékben. A fenti STO kapcsolás azonban „üzemszerűen” engedi el a levegőt, és okozza ezt a problémát.

Magasabb szint, illetve kategória elérési módja azonos a SSC-nél leírtakkal.

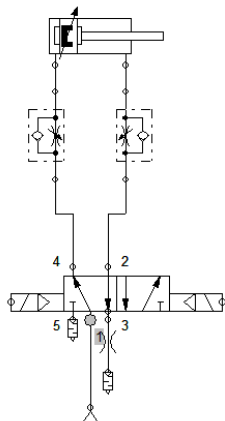
2.13. Biztonságosan csökkentett sebesség (SLS)

Amennyiben egy aktuátor a gép egy üzemmódjában csak csökkentett sebességgel mozoghat, akkor van szükség az SLS-re.



13. ábra, SLS alapkapcsolás (forrás: saját)

Ha azt akarjuk, hogy a kezelő egy meghatározott sebességnél nagyobb sebességet ne tudjon beállítani, elegendő a megadott irányú kipufogóágba fix fojtást tenni. Erre a legtöbb szeleptípus esetén lehetőség van. A fojtás értékét kísérleti úton kell megállapítani.



ábra 14. ábra, sebességhatárolás (forrás: saját)

Ezt alkalmaztuk a lézerjelölő esetén is.

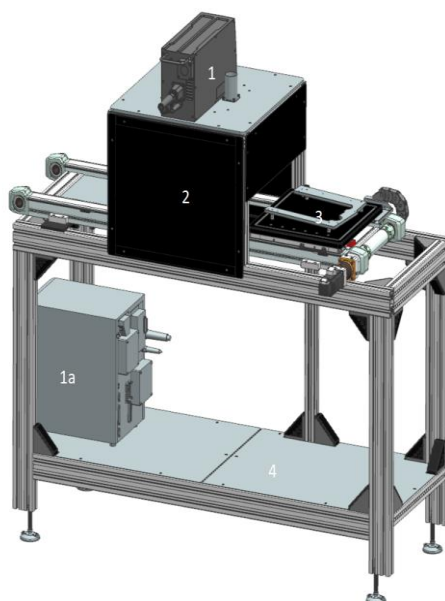
2.14. További pneumatikus biztonsági funkciók

Az elektromos rendszereknél kidolgozott biztonsági alfunkciók nagy részének, ami releváns, van pneumatikus megfelelője, erre a német mérnök egyesület (VDMA) is kidolgozott egy részletes irányelvet. [5] Illetve gyártók is készítenek ezzel kapcsolatos ismertetőket [6].

3. A lézergravírozó gép kockázatelemzése

3.1. A gép felépítése

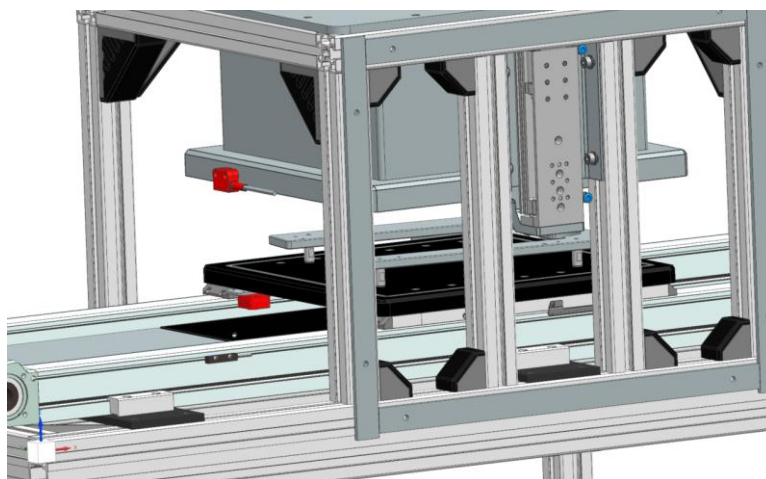
A lézergravírozó gép részei:



15. ábra, a lézerjelölő gép felépítése (forrás: saját)

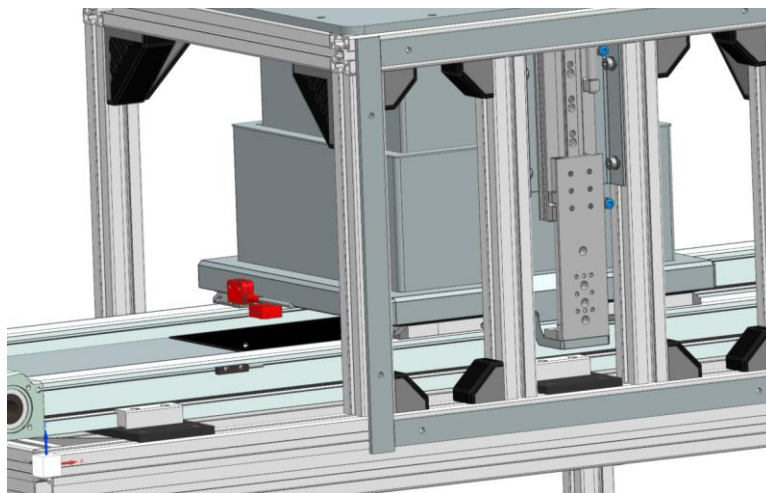
1. lézerjelölő egység
 - a. lézervezérlő egység
2. védőburkolat
3. munkadarab-mozgató
4. vázszerkezet

A gép kettős védőburkolattal rendelkezik. A belső védőburkolat fénycsapdás elven működik, és a lézer üzeme közben teljesen lezár. A külső burkolat nem teljesen zárt, a munkadarab ki- és beadagolás oldalán részben nyitott. Feladata a biztonság fokozása. Az esetleges kezelő szemmagasságában árnyékol. A burkolatok 1,5-2 mm vastag, feketére eloxált alumíniumlemezekből készülnek.



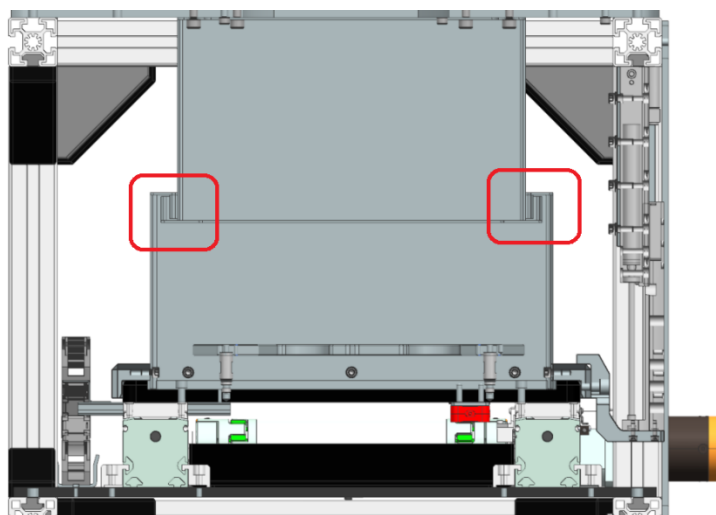
16. ábra, belső burkolat nyitva, külső burkolat nélkül (forrás: saját)

A tálcát a burkolat teljesen körbeveszi, felső helyzetben oldalról teljesen nyitott. A külső burkolat nem szerepel a képen, de a legtöbb irányban véd, akkor is, ha a belső burkolat nyitott állapotban van. A piros színű eszközök a biztonsági érzékelők, amelyek a burkolat zárt állapotát ellenőrzik.



17. ábra, belső burkolat zárva, külső burkolat nélkül (forrás: saját)

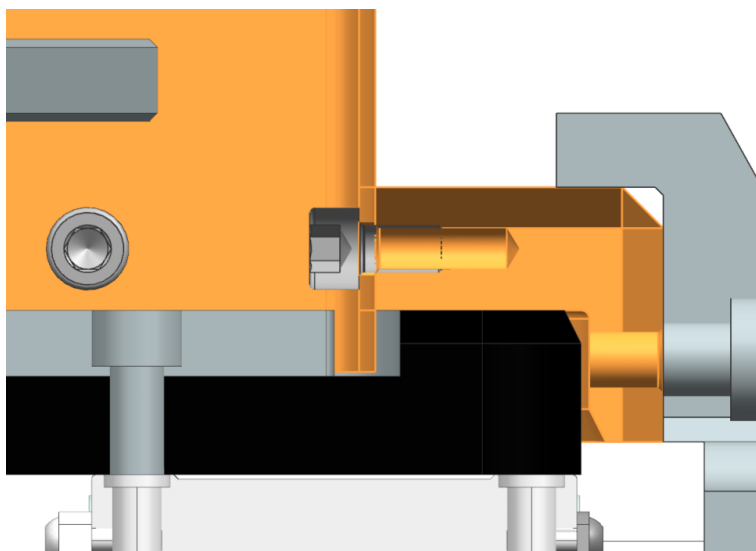
A burkolat zárt állapotában az alsó és felső fénycsapda is zár. A felső fénycsapda nyílásain keresztül az elszívó külső levegőhöz jut.



18. ábra, burkolat metszet, zárt állapotban (forrás: saját)

A mozgó és fix rész találkozásánál lévő fényzáró burkolatelem pirossal van jelölve.

Az alsó zárófelület teljesen felfekszik a gravírozófészekre (fekete), és a burkolat belenyúl a fészekben lévő horonyba valamint a külső perem is zárást képez (sárga):



19. ábra, alsó fénycsapda metszete (forrás: saját)

A munkadarab mozgását egy kettős fogasszíj-hajtású lineáris egység végzi.

3.2. Kockázatfelmérés

Nyilvánvaló, hogy az egyik legfontosabb veszély maga a lézer lesz. Egy olyan lézerforrás, ami képes néhány másodperc alatt jól látható mennyiségű anyagot eltávolítani egy fémfelületről, az komoly veszélyforrást jelent az emberi szemre, de a bőrre is. Ezért mindenképp védőburkolatra van szükség, amely a gravírozás idejére elválasztja a veszélyes teret a környezettől.

Bár elméletileg lehetséges teljesen zárt burkolatot létrehozni, a munkadarabnak a ki- és beadagolás idejére mindenképpen nyithatónak kell lennie. A lézer fényének kijutását meg kell akadályozni, illetve elfogadható szintre kell csökkenteni. A fény kijutását általában nem tömítésekkel akadályozzák meg, mert az észrevétlenül előregedő és „eltűnő” gumi vagy műanyag komoly kockázatot jelent. Az optikai gyakorlatban elterjedt az ún. „fénycsapda” alkalmazása. Ez olyan „labirintust” jelent, melyben a fény „fekete”, azaz az adott hullámhosszon nagymértékben elnyelő felületeken többszörös visszaverődéssel tud csak átjutni. Előnye, hogy megfelelő kialakítás esetén érzéketlen a hőtágulással, szennyeződéssel

szemben, nagy élettartamú, karbantartást pedig nem igényel. Hátránya, hogy valamennyi sugárzás ki tud jutni. Meg kell vizsgálni és le kell ellenőrizni, hogy elfogadható értéken belül marad-e.

3.2.1. A lézerberendezések jellemzői

A lézerek fényt bocsátanak ki magukból. A lézert a többi fényforrástól az különbözteti meg, hogy gerjesztés hatására azonos frekvenciájú, adott helyen és időpontban azonos fázisban lévő, könnyen fókuszálható, monokromatikus és koherens elektromágneses sugárzást állít elő.

A 100nm és 1mm hullámhossztartományba eső elektromágneses sugárzást optikai sugárzásnak, „fénynek” nevezzük, annak ellenére, hogy a látható fény hullámhossztartománya lényegesen szűkebb ennél, 308-780nm.

A lézeres megmunkálógépek hullámhossza is az optikai tartományba esik. A konkrét lézergravírozó esetén 1064nm, ami a nem látható, IR-A tartományba esik: ez tovább növeli a veszélyességét.

Sugárzások okozta károsodások elkerülése érdekében expozíciós határértékeket szokás megadni.

A megmunkáló lézer gyári adatai [7]:

Gyártó	KEYENCE INTERNATIONAL NV/SA
Modell	MD-X-2520A
Közvetítő közeg	YvO4
Hullámhossz	1064 nm
Maximális kimeneti teljesítmény	50 W
Impulzus frekvencia	1-400 kHz
Impulzushossz	2-100 ns
Lézerosztály (IEC 60825-1)	4
Maximális megengedhető expozíció (MPE)*	3,23 mW/cm ²
Szemre veszélyes névleges távolság (NOHD)*	75,7 m

* 10 másodperces expozíciót feltételezve

A lézeres megmunkálógépekre a GD csak néhány sorban tér ki, de van egy európai uniós irányelv, a [8] 2006/25/EK irányelv, ami a munkavállalók fizikai tényezők hatásának való expozíciójára (mesterséges optikai sugárzás) vonatkozó egészségügyi és biztonsági minimumkövetelményekről szól. Ebben részletes útmutatás található az expozíciós határértékek meghatározásához.

Az [8] 2006/25/EK irányelv 2.1 táblázata felsorolja az optikai sugárzás tartományait, a fellépő veszélyeket az érintett szervekre, illetve az expozíciós határérték-táblázatra hivatkozik:

Sugárveszélyek

Hullámhossz [nm] λ	Sugárzási tartomány	Érintett szerv	Veszély	Expozíciós határérték táblázat
180–400	UV	szem	fotokémiai sérülés és hőkárosodás	2.2., 2.3.
180–400	UV	bőr	bőrpír	2.4.
400–700	látható	szem	recehártya sérülés	2.2.
400–600	látható	szem	fotokémiai sérülés	2.3.
400–700	látható	bőr	hőkárosodás	2.4.
700–1 400	IR-A	szem	hőkárosodás	2.2., 2.3.
700–1 400	IR-A	bőr	hőkárosodás	2.4.
1 400–2 600	IR-B	szem	hőkárosodás	2.2.
2 600–10 ⁶	IR-C	szem	hőkárosodás	2.2.
1 400–10 ⁶	IR-B, IR-C	szem	hőkárosodás	2.3.
1 400–10 ⁶	IR-B, IR-C	bőr	hőkárosodás	2.4.

20. ábra, optikai sugárzások okozta veszélyek (forrás: [8])

A 1064nm (IR-A) lézerekre két táblázat is vonatkozik, a 2.2 táblázat a tíz másodpercnél rövidebb expozíciós időre, a 2.3 táblázat pedig az ennél hosszabbra.

Jelen esetben a gravírozó 7 másodpercig működik 20 másodpercenként ismételve. Ez egy impulzuslézer, az impulzushossz 2-100ns közötti, az impulzusfrekvencia 1-400kHz.

Az egyes impulzus MPE értéke számítható, de a gyártó által megadott impulzushossz és impulzusfrekvencia értéke nagy határok között szór, és a kettő közötti összefüggés sem ismert, ezért inkább a gyártó által megadott MPE értéket (3,23mW/cm²) használom.

A védőburkolatot úgy kell kialakítani, hogy a legkedvezőtlenebb esetben se lépje át ezt az értéket a környezetben sehol, semmilyen üzemállapot, vagy meghibásodás esetén sem.

3.2.2. Vonatkozó harmonizált szabványok

A lézeres megmunkálógépekre létezik „C” szintű harmonizált szabvány, az [9] MSZ EN ISO 11553-1:2020+A11:2020. Ez minden, a lézersugárással kapcsolatos kockázatot kezel.

A lézervédelmek, ezen belül a burkolatok előírásait az MSZ EN 60825-4 [10] szabványban találjuk. Az egyes lézertermékek besorolását az MSZ EN 60825-1:2015 [11] tartalmazza.

3.2.3. A gép határai

A gépet ipari környezetben használják, a felhasználók vélelmezett köre az európai átlag felnőtt felhasználó, akiről feltételezzük, hogy rendelkezik ipari környezetre vonatkozó általános ismeretekkel. A karbantartó személyzetet a lézergravírozóval kapcsolatosan ki kell képezni. A gép tervezett élettartama 10 év. Környezet: zárt időjárástól védett hely, +10°C +40°C, 30–85% relatív páratartalom (kondenzáció nélkül). Egyéb paraméterek: MSZ IEC 60721-3-3 [12] szabvány szerint, 3K22 osztály.

3.2.4. A lézersugárból eredő kockázat felmérése

A 4. osztályba tartozó lézerek (MSZ EN 60825-1:2015) [11] nagyon veszélyesek, nem csak a sugárba közvetlenül belenézés, hanem a tárgyakról visszavert sugárzás is nagyon gyorsan végleges látásvesztést okozhat. E lézerek esetén már a gyors reakció, szembecsukás, elfordulás sem segít. Tovább fokozza a kockázatot, hogy az alkalmazott lézerforrás nemlátható fényt bocsát ki, tehát az észlelés sem lehetséges. Ezen okokból a lézer védőintézkedések nélkül rendkívüli kockázatot jelent:

Veszély típusa	Veszély eredete	Lehetséges következmények
6 Sugárzási veszélyek	6.3. Optikai sugárzás (infravörös, látható és ultraibolya), beleértve a lézert	6.b szem- és bőrkárosodás;

Veszély típusa	Veszély eredete	Lehetséges következmények	A gép életciklusának fázisa	A veszélyek, veszélyhelyzetek és veszélyes események példái	Megjegyzés	Előfordulási valószínűség (LO) 0 = lehetetlen 0,1 Szinte elképzelhetetlen 0,5 Nagyon valószínűtlen 1 = Nem valószínű 2 = lehetséges 5 = egyenlő esély (megtörténhet) 8 = Valószínű 10 = Nagyon valószínű 15 = Bizonyos	A veszély gyakorisága (FE) 0,1 = ritkán 0,2 = évente 1 = havonta 1,5 = hetente 2,5 = Naponta 4 = Óránként 5 = állandóan	A lehetséges károsodás mértéke (DPH) 0,1 = karcolás / zúzódás 0,5 = Csípődés / enyhe egészségkárosító hatás 1 = törés (kisebb csont) 2 = törés (főcsont) 4 = 1 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (átmeneti) 8 = 2 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (állandó) 15 = Halál	Veszélyeztetett személyek száma (NP) 1 = 1-2 fő 2 = 3-7 fő 4 = 8-15 fő 8 = 16-50 fő 12 = Több mint 50 fő	Eredmény HRN = LO*FE*DPH*NP
6 Sugárzási veszélyek	6.3	6.b	4	4.3		15	5	8	1	600

21. ábra, kockázatfelmérés, lézersugárzás okozta veszély (forrás: saját)

Mivel a lézergravírozó funkcionalitásának megszüntetése nélkül a lézer nem hagyható ki a rendszerből, és más gravírozási eljárás sem jöhet szóba, a problémát védőberendezéssel kell megoldani. Jelen esetben tájékoztatás, oktatás, mint egyedüli megoldás magától értetődően nem jöhet szóba.

A választott védőintézkedés reteszelt fényzáró védőburkolat beépítését jelenti. A védőburkolatokat az MSZ EN 14120 [13] szabvány tárgyalja.

Ezekben belül a reteszelt védőburkolat teljesíti, hogy:

- amíg nincs becsukva, a gép veszélyes funkciói nem működtethetőek
- kinyitása esetén állj parancsot ad a veszélyes gépi funkciókra
- bezárása esetén a veszélyes funkciók működtethetőek
- bezárásakor önmagában nem indíthatja el a veszélyes funkciókat
- hiba esetén nyitott állapotnak megfelelő jelet ad.

A lézer burkolatának ezen felül fényzárónak kell lennie: a mechanikai kialakítással el kell érni, hogy az üzemi körülmények, a lézer burkolatra gyakorolt hatásának, és a lézer minden üzemmódjának figyelembevételével biztonságosan megakadályozza a megengedettnél több sugárzás kijutását.

3.2.5. A burkolat mechanikai kialakítása

A belső burkolat négy alapvető részből áll.

1. A felső burkolat egy 10 mm vastag, feketére eloxált alumínium lemez, mely a fényzáráson túl tartó- és hűtőfelület is. Rajta helyezkedik el a lézerfej.

-
2. Alsó burkolat. Egyéb okokból 20 mm vastag, feketére eloxált lap, horonybemarással a fényzárás céljából. Egyben a munkadarabot tartó szerkezetet is hordozza. Lineáris egységre van szerelve.
 3. Oldalsó burkolat, amely két részből áll:
 - 3.1. Felső fix rész,
 - 3.2. és alsó mozgórész - ez felelős a zárásért.

Az oldalsó burkolat alsó része alul kettős fényzáró felülettel van ellátva, felül a felső burkolat kettős éléhez csatlakozik. Az oldalsó burkolat alumínium, 2 mm vastag, fényzáró hegesztéssel készült, és fekete eloxálást kapott. Mozgatása vezetett pneumatikus szánnal történik, melynek lökete 125 mm.

Az alsó és felső burkolat megfelelősége a nagy vastagság miatt nem kérdéses. A lézer az alsó burkolatra már nem tud fókuszálni, emiatt anyagot sem tud belőle eltávolítani. Az oldalburkolatokat azonban meg kell vizsgálni, ebből a szempontból az alsó-oldalsó burkolatra kell figyelmet fordítani. A mozgatás miatt a lehető legkisebb tömegre, mégis biztonságos kialakításra kellett törekedni.

A lézeres megmunkálógépek védőburkolataival az MSZ EN 60825-4 [10] foglalkozik. A szabvány mellékletében ábrákat tartalmaz, melyek megadják az egyes lézerfajták és burkolattípusok ellenállóképességét. Az F.19. ábra a 2 mm vastag alumínium lemezre, Nd:YAG lézerre és 10 másodperces expozíciós időre vonatkozik. Eszerint átégéssel 2,5 kW lézerteljesítmény felett kell számolnunk. Az alkalmazott lézer teljesítménye 50 W. Arra azonban ügyelni kell, hogy ez csak nem fókuszált tartományban igaz. Az előzetes számítások szerint az oldalsó védőburkolat ebből a szempontból megfelel.

Azt, hogy a fénycsapda ellátja-e funkcióját, méréssel is igazolni kellett (ld. alább).

3.2.6. A burkolat vezérlése

A burkolat önmagában nem elegendő, gondoskodni kell róla, hogy a lézer ne működhessen, ha a burkolat nincs biztonságosan lezárva, azaz reteszelt védőburkolat szükséges. Ha a kockázatot csökkentő védőintézkedésnek része egy vezérlés, akkor arra az MSZ EN ISO 13849 szabványok vonatkoznak.

Azonban nem sokat érne egy vezérléssel megoldott funkció, ha a gép élettartama alatt meghibásodna, különösen, ha a meghibásodást nem is lehetne észlelni.

A vezérlőrendszereket tárgyaló MSZ EN ISO 13849 [14] szabvány ismertetése önmagában is meghaladná egy szakdolgozat határait, ezért csak a konkrét feladatra közvetlenül vonatkozó összefüggésekre térek ki.

A technológiai folyamat működtetésére a gépek nagy része tartalmaz vezérlő/szabályzó rendszereket. A vezérlés akkor minősül a gépvezérlés biztonságot szolgáló részének (SRP/CS), ha valamilyen biztonsági funkciót működtet, és aminek a meghibásodása, rendellenes működése csökkenti a biztonságot.

A vezérlések négy részből állnak:

- Érzékelő
- Logikai egység
- Teljesítményvezérlő
- Hajtóelem

Ezek közül a mérnöki gyakorlatnak megfelelően alkalmazott hajtóelem általában nem része a gépvezérlés biztonságot szolgáló részének (SRP/CS).

Jelen esetben a védőburkolatra érzékelők kerültek felszerelésre, melyek érzékelik a burkolat zárt állapotát.

A teljesítményvezérlő elem a lézer vezérlésébe van beépítve. A logikai egység a lézerre közvetlenül felszerelhető, a lézerrel együtt szállított, úgynevezett lézerbiztonsági modul.

A biztonsággal összefüggő vezérlések valamilyen biztonsági funkciót valósítanak meg. Itt a lézer emissziójának leállításáról van szó, tehát ez egy biztonsági rendszer által kezdeményezett biztonsági leállítás.

3.2.7. Érzékelők

A burkolat zárt helyzetének érzékelésére két biztonsági közelítéskapcsoló pár lett felszerelve. A két érzékelőpár a burkolat átlósan elhelyezkedő két pontjában található. Egy érzékelőpár is elegendő lehetett volna, de el kellett kerülnöm, hogy a burkolat akadályoztatás miatt csak részben, ferdén csukódjon le, és emiatt az érzékelő tévesen zárt helyzetet jelezzon. Úgy

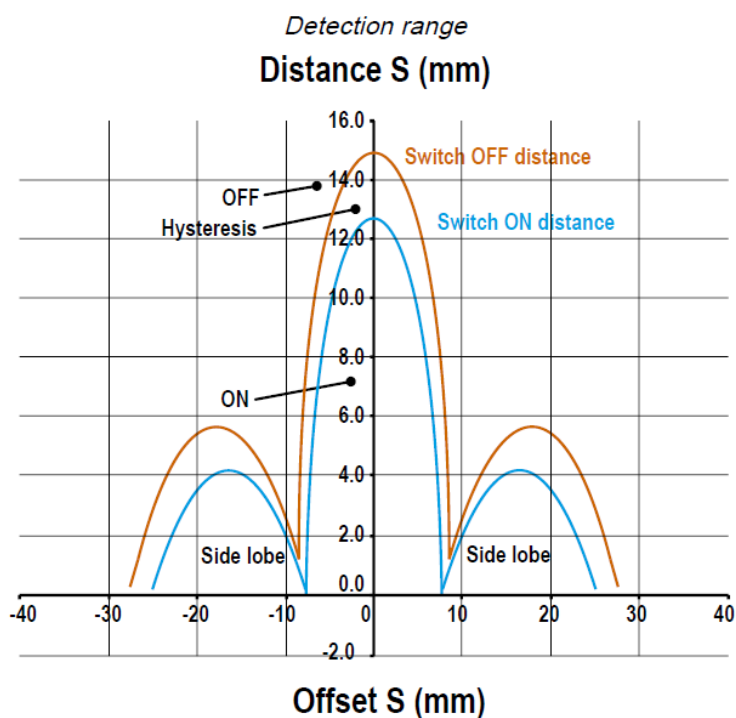
döntöttem, két érzékelő párt alkalmazok átlósan, egymással szemben, mert a zárt helyzet érzékeléséhez mindkettőnek jeleznie kell.

A kiválasztott érzékelő Banner SI-RFST-UP8 [15] típusú egyedi kódolású adó-vevő pár, melynek érzékelői sorba fűzhetők, és elérhető vele a PL=e szint. Hiszterézise kicsi, 2 mm. Külön előnye volt, hogy rendelkeztem vele tapasztalatokkal, és már a tervezés során ki tudtam mérni a viselkedését. Az érzékelő többféleképpen elrendezhető:



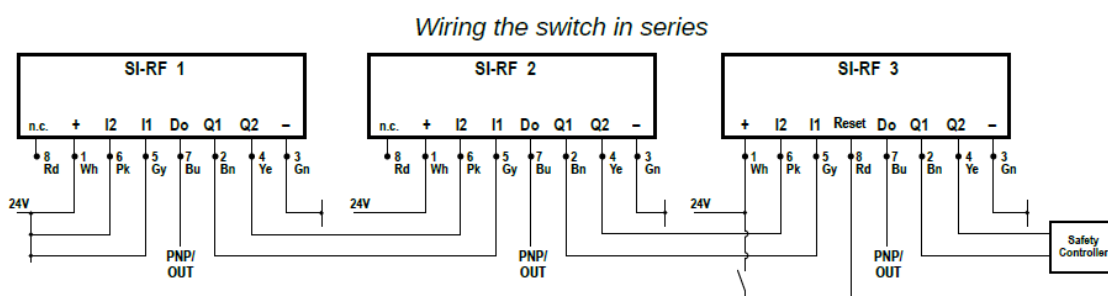
22. ábra, érzékelők elhelyezési lehetőségei [15]

A 4. elrendezés vált be legjobban. Az aktuátort oldalirányban eltolva a kapcsolási pont nagyon pontosan beállítható:



23. ábra, érzékelési pozíciók (forrás: [15])

Az érzékelők sorosan kapcsolhatók. Három darab érzékelőt használtam fel, kettő a burkolat zárt állapotát ellenőrzi, a harmadik az elszívócsőre van szerelve. A lézerjelölőhöz elszívó berendezés is tartozik, melynek feladata a gravírozás során keletkező füst eltávolítása. Ha egy esetleges karbantartásnál a csövet leszerelik és nem kerül vissza, az elszívó 80 mm átmérőjű csőcsönkjá megbontja a fényzárást. Ezt elkerülendő ide is egy érzékelőpárt építettem be.



24. ábra, érzékelők sorbakapcsolása (forrás: [15])

Biztonsággal kapcsolatos adatai a következők:

SI-RF Non-Contact RF Safety Switch Instruction Manual

Safety Data

Up to PL (e)
Category 4
PFH_D 6×10^{-9} 1/h

Approvals and Certifications

TÜV Nord, cCSAus (class 2 Power source)
FCC ID: 2ABA6SRF
IC: 11535A-SRF

SIL CL 3

Service Life: 20 years
according to EN ISO 13849-1
according to DIN EN 62061



Banner Engineering BV
Park Lane, Culliganlaan 2F bus 3
1831 Diegem, BELGIUM

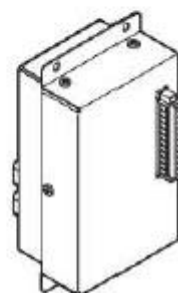
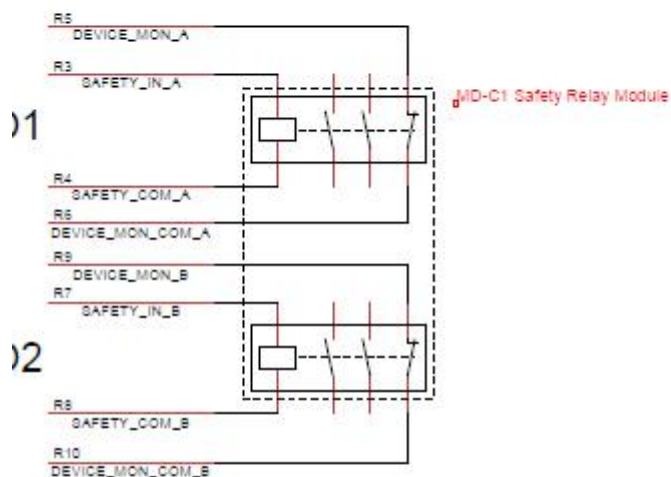
25. ábra, érzékelők biztonsági adatai (forrás: [15])

Az érzékelőket közvetlenül a logikai egységbe kell bekötni.

3.2.8. A logikai egység és teljesítményvezérlő.

A lézer vezérlőegységéhez tartozik egy MD-C1 jelű lézerbiztonsági modul. A modult közvetlenül a lézervezérlőegységre szerelve szállítják. A modul tulajdonképpen egy biztonsági relé:

- **Safety input (Coil)**
Applied voltage: 24 VDC (21.6 V to 26.4 V)
Rated power consumption: 1.8 W * At power-on and during retention
- **Device monitor (Relay output)**
Maximum applied voltage: 30 V
Maximum permissible current: 1 A
Response time (ON): 30 msec * Reference value
Response time (OFF): 30 msec * Reference value
* Chattering will occur due to relay contact.



The Safety Relay Module alone don't delivery a Performance Level.
It is one part of the safety function!

Specifications

Name	Laser Safety Module
Model	MD-C1
Category	Cat.4 PLe
PFH _d	7.77×10^{-8} *1
B10 _d	20,000,000 *2

*1 This value is valid up to 5.6 million laser safety module operations per year.

*2 Replace the laser safety module before the laser safety module performs 20 million cycles.

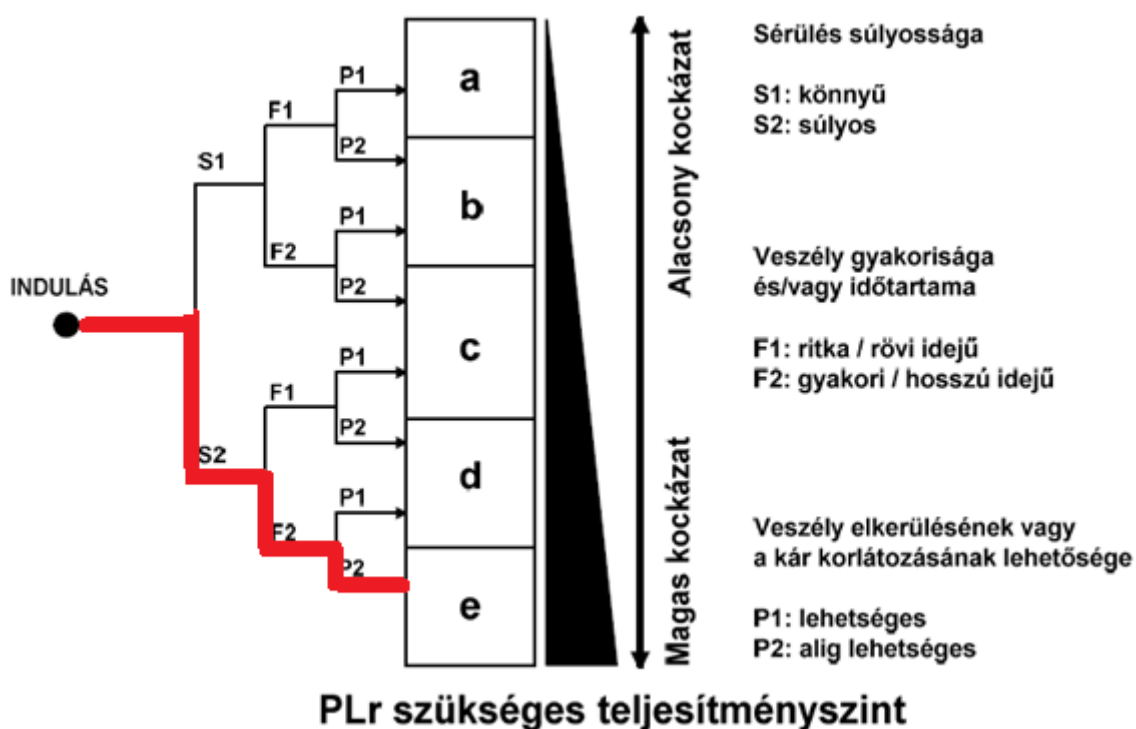
26. ábra, MD-C1 modul biztonsági adatai (forrás: [7])

A megadott PFH_d érték csak akkor igaz, ha a biztonsági modul évente 5,6 millió kapcsolásnál kevesebbszer van igénybe véve. Az érzékelő a gép minden ciklusában működik. A ciklusidő 20 másodperc, eszerint 24 órás és 365 napos üzemelés esetén is csak 1,58 millió kapcsolás lehetséges, tehát megfelel.

3.2.9. A vezérlés biztonsága az MSZ EN ISO 13849-1 alapján

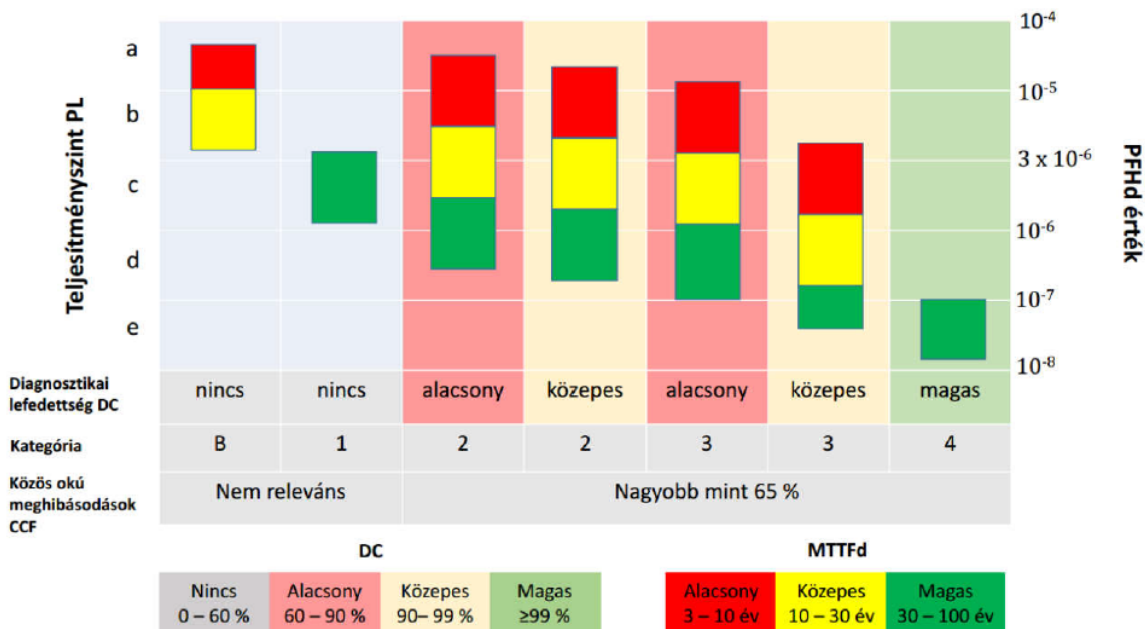
A kockázatot vezérlőrendszer alkalmazásával kívánjuk csökkenteni, ehhez nyújt segítséget a szabvány.

Első lépésben meg kell határoznunk az adott kockázathoz tartozó biztonsági funkció elvárt teljesítményszintjét. A szabvány [14] a szükséges teljesítményszint kiválasztására kockázati gráfot használ:



27. ábra, szükséges teljesítményszint meghatározása (forrás: [3])

A teljesítményszint a sérülés súlyossága, a veszély gyakorisága vagy időtartama és a veszély elkerülésének lehetősége alapján kerül megállapításra. Ezesetben a lézersugárzás biztosan súlyos (S2) sérülést okoz, és a lézertény nem látható, ezért elkerülni sem lehet (P2). A szabvány a gyakorisággal kapcsolatosan is tartalmaz ajánlást: F1 akkor választható, ha a veszély gyakorisága kisebb, mint 15 percenként egy. Jelen esetben a gyakoriság jóval nagyobb, mert a ciklusidő 20 másodperc. Ennek megfelelően S2/F2/P2 választás egyértelműen a legmagasabb megkövetelt teljesítményszintet, a PLr=e-t jelenti.



28. ábra, teljesítményszintekhez szükséges követelmények (forrás: [3])

Ezt a teljesítményszintet csak 3-4-es kategóriával, magas ($\geq 99\%$) diagnosztikai lefedettséggel, magas (>30 év) MTTFd értékkel, és 65%-nál nagyobb közös modulusú meghibásodás elleni (CCF) védelemmel lehet elérni.

Mind az érzékelők, mind a biztonsági relé PL=e teljesítményszintű, és az érzékelők közvetlenül a lézertbiztonsági modulba vannak bekötve, de ez önmagában még nem jelenti, hogy a kapcsolat eléri a PL=e szintet. Még igazolni kell az együttes magas PFHd értéket, és azt, hogy a védelmi funkció magasabb, mint 65%-os szinten védett a közös okú meghibásodásokkal szemben.

A számításokat a IFA, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (A Német Szociális Balesetbiztosító Munkahelyi Biztonsági és Egészségvédelmi Intézete) által elkészített SISTEMA szoftverrel végeztem el. A számítás végeredménye, hogy a funkció PFHd értéke 9×10^{-8} 1/h, azaz eléri a PL=e szintet.

A közös okú meghibásodásokkal szembeni védelemhez az alábbi intézkedésekkel legalább 65 pontot kell elérni [3] :

SSZ.	A CCF elleni intézkedés	Pontszám
1.	<p>Szétválasztás/Elkülönítés</p> <p>Fizikai szétválasztás a jelutak között, például:</p> <ul style="list-style-type: none"> - szétválasztás a huzalozásban/csövezésben; - rövidzárlat és nyitott áramkörök felismerése a kábelekben dinamikus vizsgálatokkal; - különálló burkolat az egyes csatornák jelútjai számára; - kellő léghézagok és kúszóáramutak a nyomtatott áramkörtől. 	15
2.	<p>Diverzitáselv</p> <ul style="list-style-type: none"> - Különböző technológiákat/terveket vagy fizikai elveket alkalmaznak, például: - az első csatorna elektronikus vagy programozható elektronikus, és a második csatorna elektromechanikusan huzalozott, - a biztonsági funkció eltérő indítása az egyes csatornák esetén (pl. helyzet, nyomás, hőmérséklet), és/vagy - a változók (pl. távolság, nyomás vagy hőmérséklet) digitális és analóg mérése és/vagy - különböző gyártók alkatrészei. 	20

29. ábra, CCF elleni intézkedések 1. (forrás: [3])

A szétválasztás/ elkülönítés teljesült, de a diverzitáselv nem volt alkalmazható, eddig 15 pontot értem el.

3.	Terv/alkalmazás/gyakorlat	
3.1.	Túlfeszültség, túlnyomás, túláram, túlhőmérséklet stb. elleni védelem.	15
3.2.	Jól bevált alkatrészek használata.	5
4.	Felmérés/elemzés	
	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.	Szakértelem/betanítás	
	A tervezők betanítása, hogy megértsék a közös okú meghibásodások okait és következményeit.	5
6.	Környezet	
6.1.	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. Fluid rendszerek: a nyomott közeg szűrése, szennyezett beszívás megelőzése, a sűrített levegő víztelenítése, pl. a nyomott közeg tisztaságára vonatkozó alkatrészgyártói követelmények szerint. MEGJEJYZÉS: Kombinált fluid és villamos rendszerek esetén ajánlatos mérlegelni mindkét szempontot.	25
6.2.	Egyéb befolyások Figyelembe vették az összes lényeges környezeti befolyással, mint a hőmérséklettel, lökéssel, rezgéssel, nedvességgel szembeni védelemre vonatkozó (pl. a vonatkozó szabványokban előírt) követelményeket.	10
	Összesen	[max. elérhető 100]

30. ábra, CCF elleni intézkedések 2. (forrás: [3])

A 4. pont szerinti elemzés nem végezhető el, de a rendszer a 3., 5., 6. pontokat teljesíti, így a 75 pont meglett.

Az alkalmazott védőintézkedés tervezési szinten a MSZ EN ISO 13849-1 szabványnak összességében megfelel.

Ennek alapján a védőintézkedést figyelembe véve:

	Intézkedés utáni előfordulási valószínűség (LO)	A veszély gyakorisága (FE)	A lehetséges károsodás mértéke (DPH)	Veszélyeztetett személyek száma (NP)	Eredmény HRN = LO*FE*DPH* NP
Kockázatsökkentő intézkedések	0 = lehetetlen 0,1 Szinte elképzelhetetlen 0,5 Nagyon valószínűtlen 1 = Nem valószínű 2 = lehetséges 5 = egyenlő esély (megtörténhet) 8 = Valószínű 10 = Nagyon valószínű 15 = Bizonyos	0,1 = ritkán 0,2 = évente 1 = havonta 1,5 = hetente 2,5 = Naponta 4 = Óránként 5 = állandóan	0,1 = karcolás / zúzódás 0,5 = Csípődés / enyhe egészségkárosító hatás 1 = törés (kisebb csont) 2 = törés (főcsont) 4 = 1 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (átmeneti) 8 = 2 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (állandó) 15 = Halál	1 = 1-2 fő 2 = 3-7 fő 4 = 8-15 fő 8 = 16-50 fő 12 = Több mint 50 fő	
Reteszelt védőburkolat alkalmazása	0,1	5	8	1	4

31. ábra, kockázatbecslés intézkedés után (forrás: saját)

(azaz)

HRN	Degree of Risk (DOR)
0-1	Elhanyagolható kockázat
1-5	Nagyon alacsony kockázat
5-10	Alacsony kockázatú
10-50	Jelentős kockázat (meghozandó intézkedések!)
100-500	Nagyon magas kockázat
500 - 1000	Rendkívüli kockázat
1000 +	Elfogadhatatlan kockázat

nagyon alacsony kockázat marad fenn.

3.2.10. Használati információk

Mindemellett a használati információkra is szükség van. A használati útmutatónak tartalmaznia kell a lézerrel kapcsolatos veszélyeket és ezek elkerülését. Illetve elengedhetetlen, hogy az előírt piktogramok és figyelmeztető feliratok felkerüljenek a gépre, a védőburkolatot és a beépítési helyet is beleértve.




VESZÉLY! LÉZERSUGÁRZÁS
KERÜLJE A BŐR VAGY SZEM
BESUGÁRZÁSÁT KÖZVETLEN VAGY
SZÓRT SUGÁRZÁSSAL
4-ES OSZTÁLYÚ LÉZERGYÁRTMÁNY

VIGYÁZAT! A BURKOLAT NYITÁSAKOR
LÉZERSUGÁRVESZÉLY!
NE NÉZZEN A NYALÁBBA

32. ábra, Lézerveszélyt jelző feliratok (forrás: [16])

A használati útmutató kitér rá, hogy a lézerburkolatot minden termékváltáskor, de legfeljebb nyolc óránként ellenőrizni kell.

A kezelőket ki kell oktatni, és a gépet felhasználó üzemben lézerbiztonsági felelőst kell kijelölni, aki gondoskodik a szabályok betartásáról és az oktatásról.

	<p>Lézervédelmi védőszemüveg használata kötelező!</p> <p>A gép lézerbiztonsági szintjét be kell mérni. Minden esetben, amikor a belső burkolat megbontásra kerül a vizsgálatot meg kell ismételni. A vizsgálat ideje alatt, illetve minden olyan esetben, amikor felmerül annak gyanúja, hogy a védelem szintje nem megfelelő, minden abban résztvevő személynek előírt lézervédelmi védőszemüveg viselése kötelező!</p> <p>Védőszemüveg 1064nm hullámhosszra, optikai sűrűség (Optical Density - OD) legalább 6.</p> <p>Nyitott belső burkolat esetén a védőszemüveg sem jelent elegendő védelmet, ezért a lézer működtetését megkísérelni nyitott burkolattal tilos!</p>
---	--

3.2.11. Validáció

Mivel a lézeres megmunkáló berendezések bemérésére nem voltak eszközeim, ezért megbíztuk a SAASCO Tanácsadó és Mérnöki Irodát a lézergravírozó, mint részben kész gép vizsgálatával.

Emellett saját vizsgálatokat is végeztünk, de dolgozatomban csak a lézerbiztonsággal, a védőburkolattal kapcsolatos tevékenységekre térek ki.

A burkolaton belül nagy fényerejű belső világítás is található. Ennek funkciója a gravírozott feliratok és vonalkódok visszaellenőrzése. Az első vizsgálatokhoz ezt a világítást használtuk fel. Feltételeztük, hogy ha a belső világítás fénye nem jut ki a burkolatból, akkor ez a lézer fényével sem fog megtörténni. Ez a vizsgálat természetesen csak egy nagy valószínűség megállapítására elegendő, nem garantálja a teljes biztonságot.

Az érzékelő az alsó véghelyzethez képest 1-3mm-es távolságban kapcsol be, és 3-5 mm pozícióban kapcsol ki. A mérés során az alsó fényzárás kb. 12mm-nél kezdte átengedni a fényt, tehát 7-9 mm „tartalék” volt még benne.

A legkedvezőtlenebb helyzet akkor lenne, ha a burkolatot mozgó pneumatikus henger úgy nyitná ki a burkolatot, hogy közben dolgozik a lézer. A 7-9mm utat a henger által mozgatott burkolat legnagyobb sebességével, 125mm/s-mal 56-72 ms alatt teszi meg. A lézerbiztonsági modul a lézert átlagosan 30 ms, legfeljebb 50 ms alatt kikapcsolja. Az is a biztonság irányába mutat, hogy a fényzárás a 12mm elmozdulásnál még részlegesen fennmarad, illetve a henger az első kb. 7-10 mm út alatt még csak gyorsul, nem éri el a maximális sebességét. Arról viszont gondoskodni kell, hogy a felhasználó ne tudjon ennél nagyobb sebességet beállítani! Ez fix fojtás alkalmazásával lehetséges (lásd a pneumatika fejezetben.)

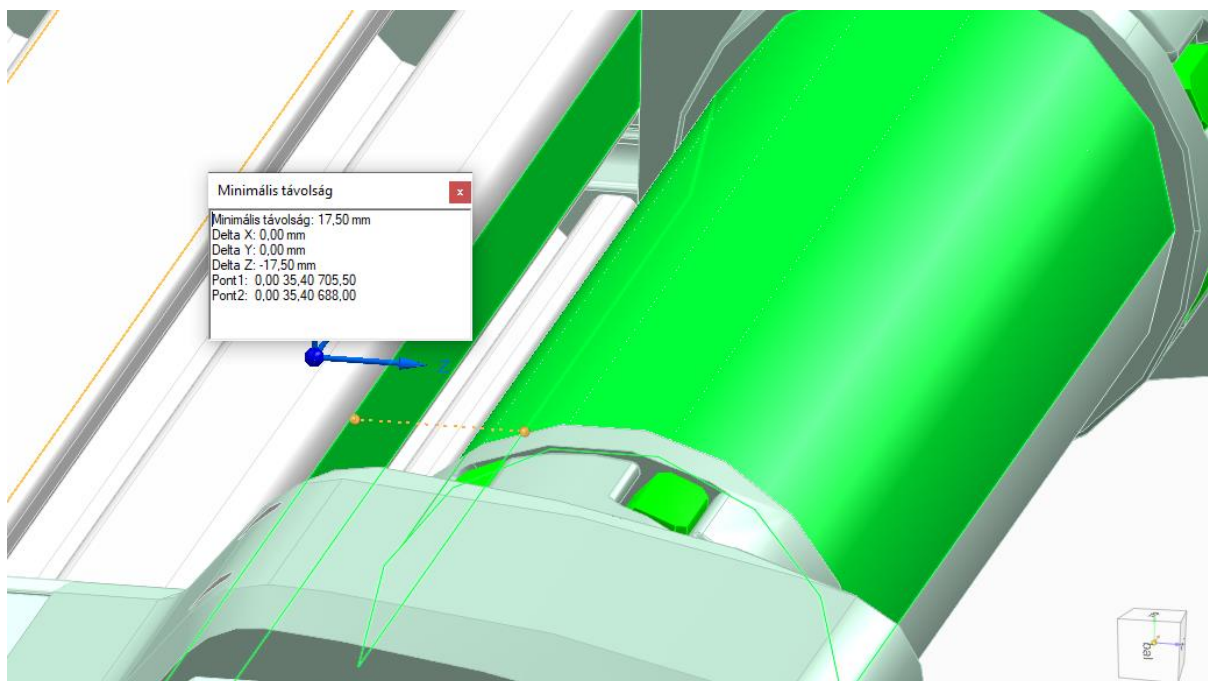
A fénycsapdában a fény többszörös visszaverődéssel tud csak kijutni. A védelem határfoka nem számítható ki pontosan, ezért mérésre van szükség. A mérés különleges felkészültséget és felszerelést igényel, ezért az ebben jártas Wellatech Kft-t bíztuk meg a mérések elvégzésével. A méréseket a gép körül több ponton, az összes üzemmódban elvégezték, és a kapott értékek minden esetben a megengedett érték alatt maradtak. A megengedett érték 32,3 W/m², a legnagyobb mért érték viszont csak 0,12 W/m² volt.

3.2.12. Mechanikai veszélyek

Bár a legnagyobb veszélyforrás a lézersugárzás, a gépet más veszélyek szempontjából is meg kell vizsgálni, mint a mechanikai és a termikus veszélyek.

Mivel a burkolat és a munkadarabot mozgó tálcá is mozog, ez mechanikai veszélyt jelenthet. A lineáris egység és tengelye szintén mozgást végez. Mivel pneumatikus rendszert alkalmazunk, a burkolat mozgásából fakadó kockázatok felmérését és kezelését külön fejezetben fogom ismertetni, itt a többi mechanikai kockázatot tárgyalom.

A lineáris egység csőtengelye és a tartó közötti távolság 17,5mm:



33. ábra, lineáris egység, hajtótengely és tartó közötti távolság (forrás: saját)

Az MSZ EN ISO 13854 [17] szerint a zúzódás elkerüléséhez szükséges legkisebb távolság 25 mm, kéz esetén 100 mm, kar esetén 120 mm, így ez a távolság nem megfelelő külön védelem nélkül. A végtag behúzása is valós veszély, erre további védelem kell.

Veszély típusa	Veszély eredete	Lehetséges következmények
1 Mechanikai veszélyek	1.14. Forgó elemek	1.e behúzás vagy befogás;

valószínűség (LO)	A veszély gyakorisága (FE)	A lehetséges károsodás mértéke (DPH)	Veszélyeztetett személyek száma (NP)	Eredmény HRN = LO*FE*DPH*NP
0 = lehetetlen 0,1 Szinte elképzelhetetlen 0,5 Nagyon valószínűtlen 1 = Nem valószínű 2 = lehetséges 5 = egyenlő esély (megtörténhet) 8 = Valószínű 10 = Nagyon valószínű 15 = Bizonyos	0,1 = ritkán 0,2 = évente 1 = havonta 1,5 = hetente 2,5 = Naponta 4 = Óránként 5 = állandóan	0,1 = karcolás / zúzódás 0,5 = Csípődés / enyhe egészségkárosító hatás 1 = törés (kisebb csont) 2 = törés (főcsont) 4 = 1 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (átmeneti) 8 = 2 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (állandó) 15 = Halál	1 = 1-2 fő 2 = 3-7 fő 4 = 8-15 fő 8 = 16-50 fő 12 = Több mint 50 fő	40

34. ábra, mechanikai veszély 1. kockázatbecslés (forrás: saját)

Az asztal mozgása közben további mechanikai veszélyt jelentenek a munkadarabmozgató asztal és a géprészek.

Veszély típusa	Veszély eredete	Lehetséges következmények
1 Mechanikai veszélyek	1.13. Mozdgó elemek	1.c zúzódás;

valószínűség (LO) 0 = lehetetlen 0,1 Szinte elképzeltetetlen 0,5 Nagyon valószínűtlen 1 = Nem valószínű 2 = lehetséges 5 = egyenlő esély (megtörténhet) 8 = Valószínű 10 = Nagyon valószínű 15 = Bizonyos	A veszély gyakorisága (FE) 0,1 = ritkán 0,2 = évente 1 = havonta 1,5 = hetente 2,5 = Naponta 4 = Óránként 5 = állandóan	A lehetséges károsodás mértéke (DPH) 0,1 = karcolás / zúzódás 0,5 = Csípődés / enyhe egészségkárosító hatás 1 = törés (kisebb csont) 2 = törés (főcsont) 4 = 1 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (átmeneti) 8 = 2 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (állandó) 15 = Halál	Veszélyeztetett személyek száma (NP) 1 = 1-2 fő 2 = 3-7 fő 4 = 8-15 fő 8 = 16-50 fő 12 = Több mint 50 fő	Eredmény HRN = LO*FE*DPH*NP
8	5	1	1	40

35. mechanikai veszély 2. kockázatbecslés (forrás: saját)

Fent említett veszélyeket, mivel a lézergravírozó gép részben kész gép, később, a gép beépítése során kell kezelni: védőburkolattal, kétkezes indítóval, fényfüggönnyel, stb. A fennmaradó kockázatokra a használati útmutatóban felhívtam a figyelmet, a megfelelő piktogramokat és feliratokat elhelyeztük a gépen.

3.2.13. Termikus veszélyek

A lézergravírozó a gravírozási folyamat közben felmelegíti a munkadarabot. A meleg akár kézi üzemeltetés, akár a gépbeállítás során égési sérülést okozhat. A kérdéskört ergonómiai szempontból az MSZ EN ISO 13732-1:2009 [18] szabvány tárgyalja.

A tesztlések során a kiadagolás két másodperce alatt a munkadarabok visszahűltek annyira, hogy égés szempontjából közvetlenül a jelölési területen sem jelentettek veszélyt, ennek oka az alumínium jó hővezető-képessége. Ennek ellenére felhívtam erre a figyelmet a használati útmutatóban, szükség esetére megfelelő védőkesztyű használatának ajánlásával.

A másik lehetséges hőforrás a lineáris egység szervomotorja. Az MSZ EN ISO 13732-1:2009 szabvány 55 °C hőmérsékletű fémfelület esetén 10 másodperces érintkezésnél még nem okoz égést. Viszont ezen időtartam bőven elegendő ahhoz, hogy a kezelő észlelje a veszélyt és megszüntesse a kontaktust.

Veszély típusa	Veszély eredete	Lehetséges következmények
3 Termikus veszélyek	3.3. Magas vagy alacsony hőmérsékletű tárgyak vagy anyagok	3.a égés;



valószínűség (LO) 0 = lehetetlen 0,1 Szinte elképzelhetetlen 0,5 Nagyon valószínűtlen 1 = Nem valószínű 2 = lehetséges 5 = egyenlő esély (megtörténhet) 8 = Valószínű 10 = Nagyon valószínű 15 = Bizonyos	A veszély gyakorisága (FE) 0,1 = ritkán 0,2 = évente 1 = havonta 1,5 = hetente 2,5 = Naponta 4 = Óránként 5 = állandóan	A lehetséges károsodás mértéke (DPH) 0,1 = karcolás / zúzódás 0,5 = Csípődés / enyhe egészségkárosító hatás 1 = törés (kisebb csont) 2 = törés (főcsont) 4 = 1 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (átmeneti) 8 = 2 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (állandó) 15 = Halál	Veszélyeztetett személyek száma (NP) 1 = 1-2 fő 2 = 3-7 fő 4 = 8-15 fő 8 = 16-50 fő 12 = Több mint 50 fő	Eredmény HRN = LO*FE*DPH*NP
2	5	0,5	1	5



ábra 36. termikus veszélyek kockázatbecslés (forrás: saját)

A motor felülete méréseink szerint a folyamatos egyórás üzem, és a legrövidebb, 20 másodperces ciklusidő alatt sem melegedett fel 50 °C fölé. Mindemellett a figyelmeztetést fontosnak tartottam beletenni a használati útmutatóba.

3.2.14. Fennmaradó kockázatok

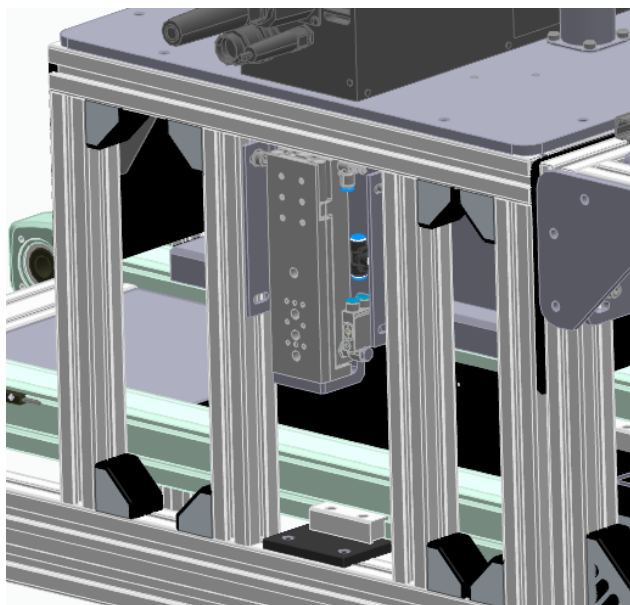
Mivel már említettem, hogy a lézergravírozó részben kész gép, fent tárgyalt kockázatokat (és a gép beépítésekor létrejövő esetleges kockázatokat) a gép beépítőjének kell értékelnie, és szükség esetén a kockázatcsökkentésről gondoskodnia!

	<p>Kéz-becsípődés veszélye</p> <p>A munkadarab-mozgató hajtótengelye és a váz közé becsípődhet a felhasználó keze.</p>
	<p>Kéz sérülés veszélye</p> <p>A belső burkolat záródásakor a felhasználó keze a burkolat és a gravírozófészek vagy a munkadarab tájolóelemei közé szorulhat.</p>

	<p>Automatikusan induló gép</p> <p>Automata üzemmódban a gép mozgásai az indítási feltételek megléte esetén elindulnak.</p>
	<p>Meleg felület</p> <p>A munkadarabmozgató asztal hajtómotorja felmelegszik. A beépítés során meg kell vizsgálni, hogy a melegedés mértéke jelent-e kockázatot, és ha szükséges, pld. védőburkolattal kezelni!</p>

4. A pneumatikusan mozgatott burkolat biztonsága

A lézergravírozó burkolatát pneumatika, egy vezetett pneumatikus szán mozgatja:



37. ábra, védőburkolatot működtető pneumatikus szán elhelyezkedése (forrás: saját)

4.1.1. A burkolat működtetése

A védőburkolat mozgatását nem kezelő végzi, hanem pneumatikus henger, ezért a védőburkolatokra vonatkozó szabvány [13] szerint gépi erővel működtetett védőburkolatnak

minősül. [13, p. 12] A szabvány az ilyen burkolatokat működtető hajtás erejére és kinetikai energiájára határértéket ad. Két lehetőség van [13, p. 19]:

- Ha a burkolat olyan védőberendezéssel rendelkezik, amely a burkolat véghelyzet előtti akadályba ütközése esetén annak újbóli kinyitását eredményezi, akkor a legnagyobb erő 150 N lehet, a kinetikai energia pedig 10 J.
- Az erőt minden más esetben 75 N-ra, a kinetikai energiát 4 J értékre kell csökkenteni.

Az első esetben említett védőeszközzel a lézergravírozó nincs felszerelve, ezért a második lehetőség vonatkozik rá.

A burkolat lökete 120 mm. A burkolat legnagyobb sebességét záró irányban 150 mm/s-re korlátoztam. A burkolat és a pneumatikus henger mozgórészének tömege együttesen 2,8 kg.

A kinetikus energia:

$$E = m \frac{v^2}{2}$$

, ahol m a tömeg, v a sebesség, és E a kinetikai energia, J-ban.

$$E = 2,8 \frac{0,15^2}{2} = 0,0315 \text{ J}$$

, így jóval alatta marad a megengedett értéknek.

A pneumatikus henger Festo gyártmányú DGST-16-125-Y12A típusú mini szánegység.

Az adatlapja [19] szerint a „+” irányú mozgatáskor kifejthető elméleti erő 6 bar nyomásnál $F_{max} = 240\text{N}$. Ez jóval több, mint a megengedett 75 N. Figyelembe véve a mozgó tömeget, a megengedett legnagyobb pneumatika által létrehozott erő lefelé mozgásnál:

$$F_{p \max} = F_{max} - m * g$$

, ahol m a mozgó tömeg, és g a nehézségi gyorsulás (9,81m/s²).

$$F_{p \max} = 75 - 2,8 * 9,81 = 47,5 \text{ N}$$

Szerencsére a pneumatikus henger erejét könnyen változtathatjuk, mert egyenes arányban van a nyomással. A nyomást nyomásszabályzó szeleppel a „+” irányban le kell csökkenteni,

$$p_2 = p_1 \frac{F_{p \max}}{F_{max}} = 6 \frac{47,5}{240} = 1,2 \text{ bar}$$

értékre. Ennek megoldását lásd a pneumatikával foglalkozó fejezetben.

4.2. A burkolatmozgatás kockázatfelmérése

4.2.1. A gép határai

A gép mellett, a gép normál üzeme közben, veszélyes közelségben kezelő nem tartózkodhat. Erről a beépítőnek kell gondoskodnia, burkolat, kerítés, és/vagy kétkezes indító, fényfüggöny, stb. beépítésével. A gép beállításához, karbantartásához sem szükséges a burkolat működtetése, egyedül javítás esetén fordulhat elő, hogy a karbantartó személyzet a burkolatot nyitja-zárja. Ez kézi erővel, energiamentesített állapotban történik.

4.2.2. Kockázatazonosítás, kockázatbecslés

Kockázatot az jelenthet, ha a szerelő/karbantartó keze a burkolat és az alaplap közé szorul. Ez normál körülmények között csak rendellenes használat esetén történik, a másik helyzet a karbantartás, javítás közbeni baleset. Az erő és a kinetikai energia le van határolva, ezért a sérülés veszélye kicsi. Lehetővé kell tenni, hogy a kezelő kiszabadíthassa magát.

A kockázatbecslés eredménye:

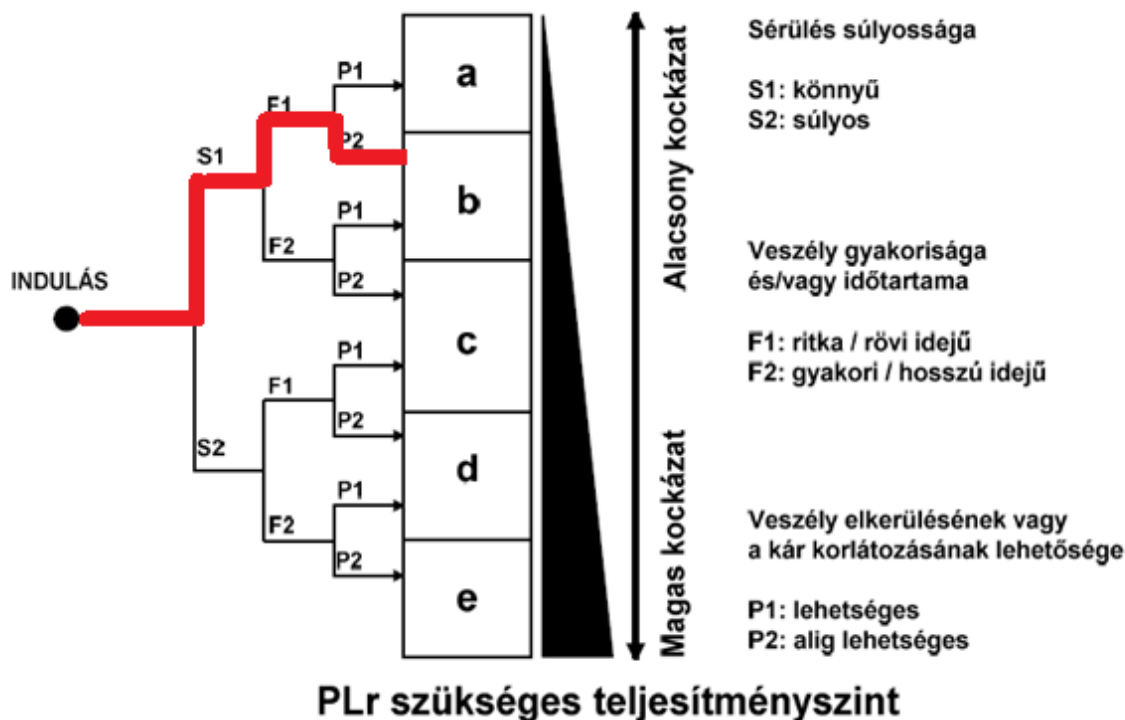
Veszély típusa	Veszély eredete	Lehetséges következmények
1 Mechanikai veszélyek	1.3. Mozgó elem közelítése fix részben	1.c zúzódás;

Előfordulási valószínűség (LO)	A veszély gyakorisága (FE)	A lehetséges károsodás mértéke (DPH)	Veszélyeztetett személyek száma (NP)	Eredmény HRN = LO*FE*DPH*NP
0 = lehetetlen 0,1 Szinte elképzelhetetlen 0,5 Nagyon valószínűtlen 1 = Nem valószínű 2 = lehetséges 5 = egyenlő esély (megtörténhet) 8 = Valószínű 10 = Nagyon valószínű 15 = Bizonyos	0,1 = ritkán 0,2 = évente 1 = havonta 1,5 = hetente 2,5 = Naponta 4 = Óránként 5 = állandóan	0,1 = karcolás / zúzódás 0,5 = Csípődés / enyhe egészségkárosító hatás 1 = törés (kisebb csont) 2 = törés (főcsont) 4 = 1 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (átmeneti) 8 = 2 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (állandó) 15 = Halál	1 = 1-2 fő 2 = 3-7 fő 4 = 8-15 fő 8 = 16-50 fő 12 = Több mint 50 fő	1,5

38. ábra, pneumatikus burkolatmozgatás kockázatbecslése (forrás: saját)

Ez alacsony kockázatú helyzet.

A kockázatot pneumatikus vezérléssel kezeljük, ezért szükséges az MSZ EN ISO 13849-1 szerinti Plr meghatározást is elvégezni:



39. ábra, pneumatikus rendszer szükséges teljesítményszintje (forrás: saját)

Az (S1) könnyű sérülés, (F1) ritka gyakoriság és (P2) nehezen elkerülhető besorolás alapján a $PLr=b$ teljesítményszint adódik. Ezt „B” vagy 1-es kategóriával is el lehet érni, diagnosztika nem szükséges.

4.2.1. Kockázatcsökkentés

A biztonsági funkciók elsődlegesek a többi funkcióhoz képest. Minden esetben meg kell vizsgálni, hogy egy adott, jelen esetben pneumatikus mozgatóval mi történjen, ha a biztonsági funkciót indító esemény létrejön.

Tipikusan ilyen a biztonsági berendezés által kezdeményezett vészleállítás. Ezt kezdeményezheti a vészstop gomb benyomása, vagy valamilyen érzékelő, például a reteszelt burkolat nyitását, vagy a fényfüggönyön való áthaladást érzékelő eszköz.

Ilyenkor a gép minden mozgó részének biztonságos helyzetbe kell kerülnie. Ez általában a megállítást, de lehet egy biztonságos irányba való elmozdulás is.

Egy pneumatikus aktuátor megállhat löket végén, löket közben, megállás esetén rögzített, vagy erőmentes állapotban is. A megoldásra nem lehet általános szabályt felállítani, minden esetben meg kell vizsgálni, hogy biztonsági szempontból mi a legjobb és mi az elegendő.

Fontos, hogy olyan biztonsági funkcióról van szó, amit vezérlés valósít meg, ezért a kapcsolásnak teljesítenie kell az NSZ EN ISO 13849-1-ben foglaltakat, el kell érnie a meghatározott PLr szintet. A kapcsolások csak a legritkább esetben tisztán pneumatikusak, általában elektromosan vezérelt útváltókat alkalmazunk, ez összetett rendszert eredményez, ami ennek megfelelően kezelendő.

Figyelembe kell venni, mi történik energiakimaradáskor. Előfordulhat pneumatikus vagy elektromos energiakimaradás is, illetve mindkettő. Vizsgálatra van szükség, hogy mi történik a rendszer bekapcsolása, illetve visszakapcsolása esetén.

A konkrét esetben a biztonsági alfunkciót a vészstop megnyomása élesíti.

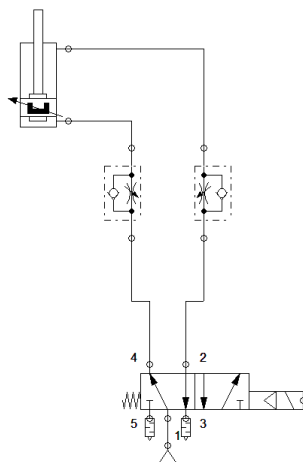
Az alfunkció az SSC, azaz a biztonságos megállítás és zárás, a másik az SDI, a biztonságos irány. Az STO, azaz biztonságos erőmentesítés nem jöhet szóba, mert nyomásmentesítés esetén a burkolat a biztonságos felső pozíció helyett kontrollálatlanul az alsó irányba mozog.

Az SSC-nek ebben az esetben nincsen előnye az SDI-vel szemben. A közbenső helyzetben a megállítás és rögzítés a beállítást lehetetlenné tenné, a beszorult alkatrészt vagy rosszabb esetben kezet nem lehet kiszabadítani.

A SDI a biztonságos irányba mozgatja a burkolatot, ebben az irányban nem szoríthat be semmit, így nem jön létre járulékos veszély. Ezért döntöttem emellett az alfunkció mellett.

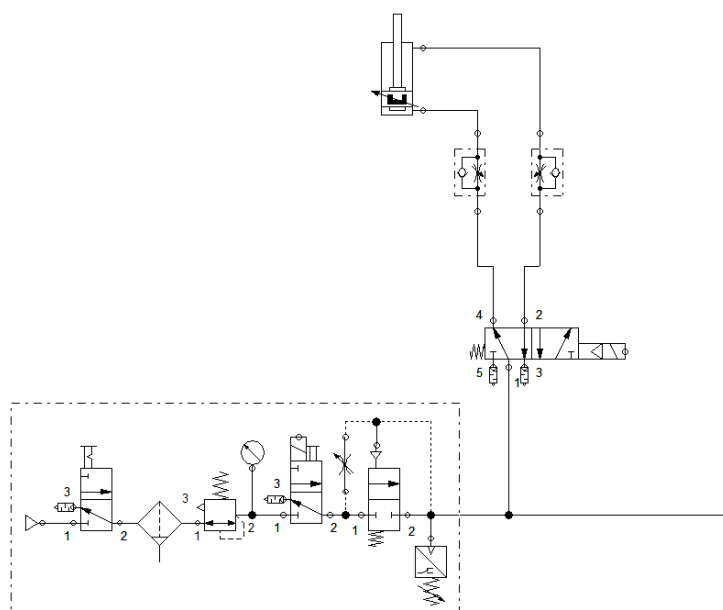
4.2.2. Biztonságos mozgásirány

A biztonsági funkciót az jelenti, hogy a henger nem csak megáll, hanem a biztonságosnak tekintett véghelyzetbe mozog – ezt legegyszerűbben kétállású monostabil szeleppel lehet megoldani. A biztonságos helyzet a felső:



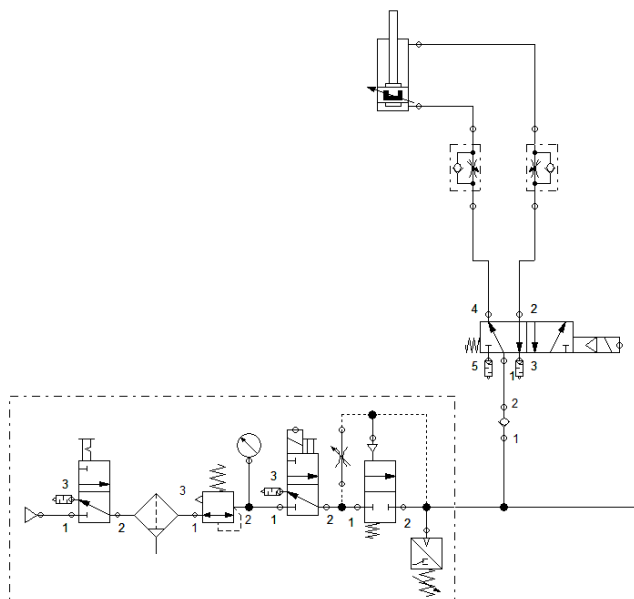
40. ábra, pneumatikus kapcsolás kiindulás (forrás: saját)

A kapcsolás egyszerűnek és megbízhatónak tűnik, de több csapdát is tartalmaz. Először hozzárajzolom a tápegységet:



41. ábra pneumatikus kapcsolás tápegységgel (forrás: saját)

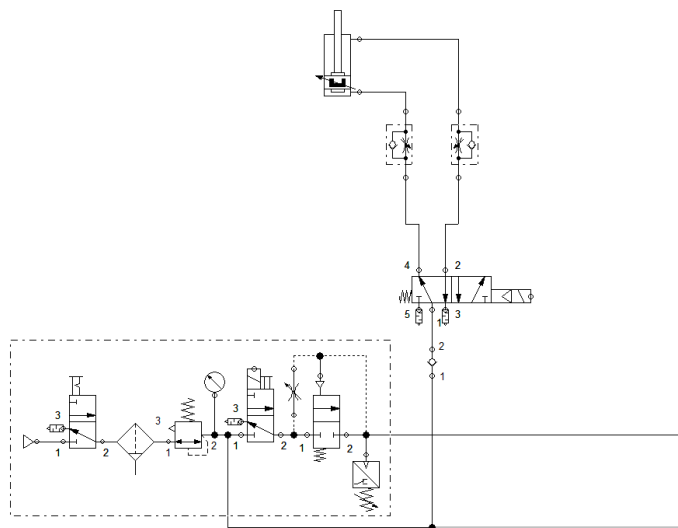
Így már látszik a probléma: a tápegységben van egy elektromos bekapcsolószelep. Amennyiben ez akár biztonsági funkció részeként (SDE), akár szándékolatlanul, energiakimaradás miatt lekapcsolódik, a táprendszer nyomása megszűnik, és a henger a szándékolt pozíció helyett az alsó véghelyzet felé indul. Ezt kivédendő a monostabil szelep tápkörébe egy visszacsapó szelep szükséges:



42. ábra, pneumatikus kapcsolás tápegységgel 2. (forrás: saját)

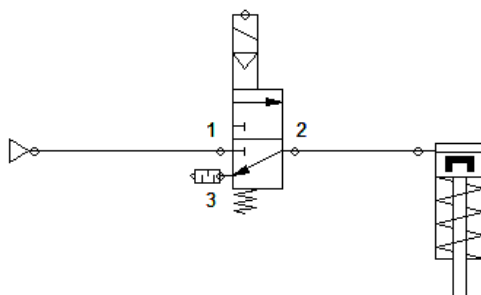
Ám ezzel csak a visszafutás oldódik meg, a biztonságos pozícióba történő mozgatás nem.

Amennyiben a lekapcsolást követően az egyes elemek energiaellátását fenn kell tartani, úgy külön tápkörre kell, hogy kerüljenek, melyek a lekapcsoló szeleptől függetlenül nyomás alatt maradnak. Természetesen a kézi elzáró szelep ezt a kört is nyomásmentesíti:



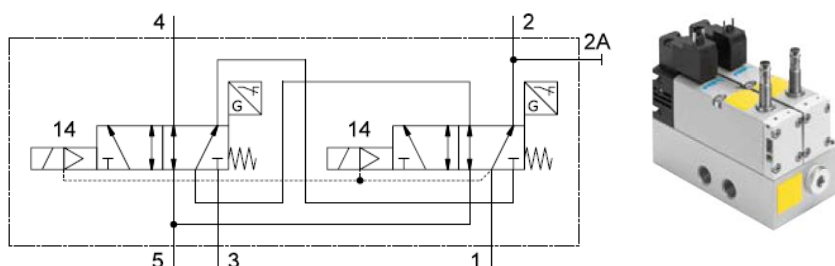
43. ábra, pneumatikus kapcsolás tápegységgel 3. (forrás: saját)

Lehetséges mechanikai megoldás a rugó, vagy ellensúly, továbbá kis tömeg esetén az SDI-re alkalmas egyszerű megoldás:



44. ábra SDI kisterhelésű egyoldali működtetésű hengerek esetén (forrás: saját)

Érdekességképpen megemlítem, hogy az SDI megvalósítására pneumatikus prések esetén kész megoldások is léteznek. Ilyen a FESTO „VOFA” vezérlőtömbje:

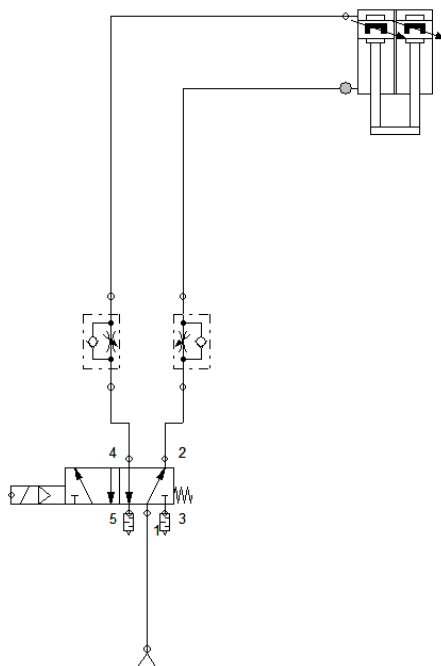


45. ábra, VOFA szelep kapcsolása és képe (forrás: [20])

Kielégíti az EN ISO 16092-4:2020 [21] szabvány előírásait, és PLe=4. szintre alkalmas. Itt alkalmazása nem indokolt.

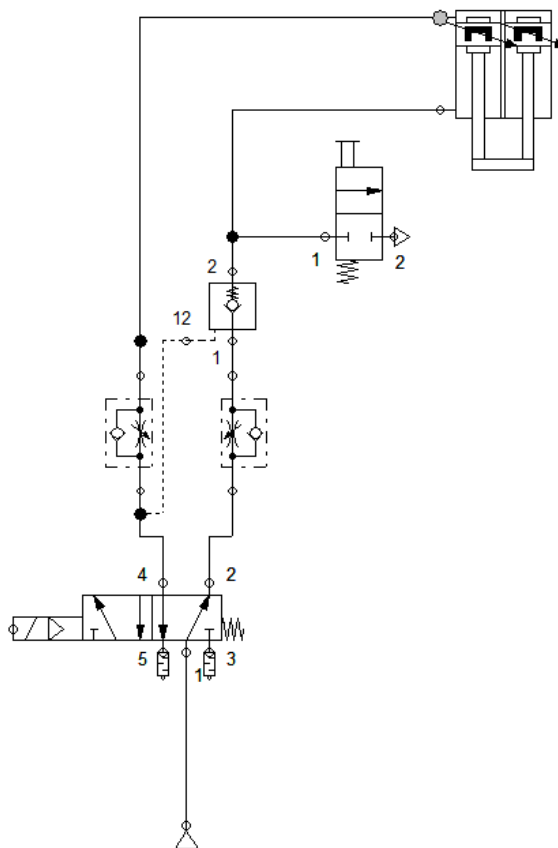
Jelen esetben a rugóval működtetett egyoldali henger nem jöhetett szóba. A folyamatos levegőellátást biztosító tápkörre kötött szelep tűnik jó megoldásnak.

Az alapkapcsolás:



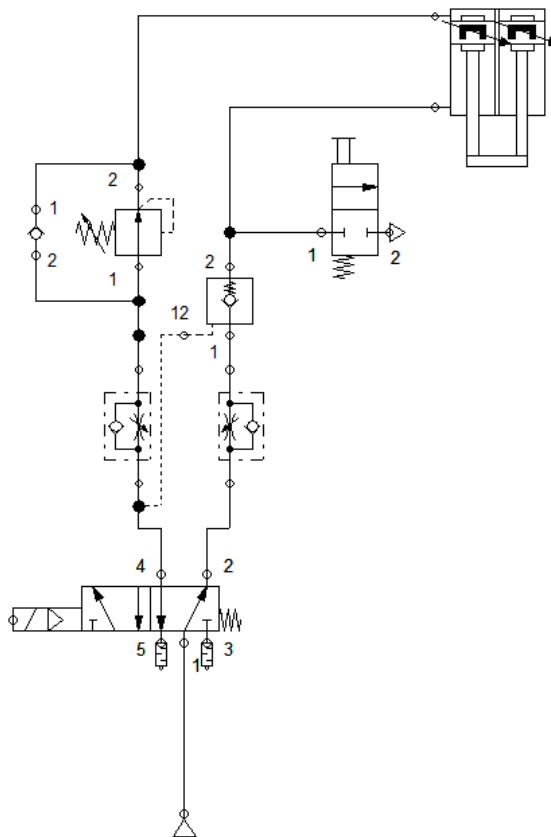
46. ábra kapcsolási vázlat, alapkapsolás

Egy kiegészítést alkalmaztam, ti. hogy a henger tehertartását tartósan egy vezérelt visszacsapószeleppel oldottam meg:



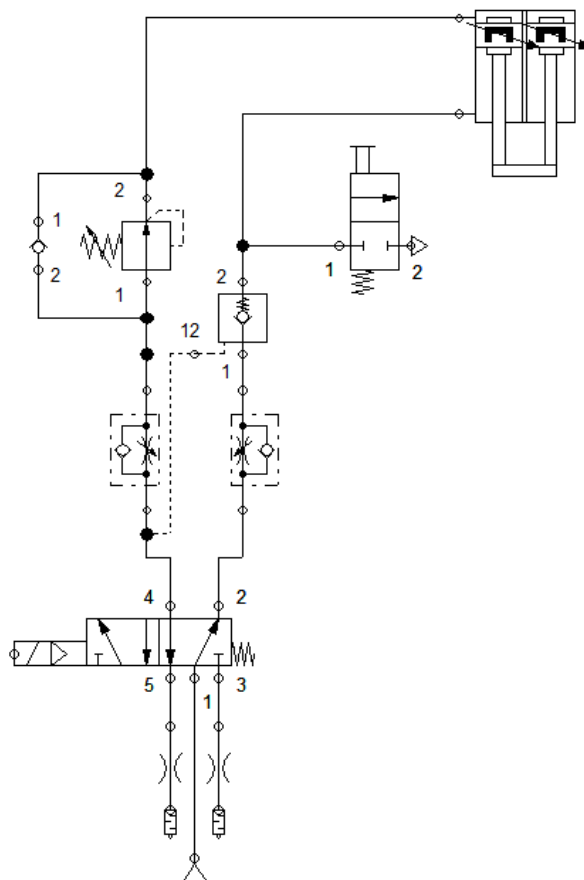
47. ábra, kapcsolási vázlat vezérelt visszacsapó szeleppel

Még két kiegészítés szükséges. Záráskor korlátoznunk kell a hatóerőt, mert az nem lépheti túl a 47,5 N-t, azaz a 1,7 bar nyomást. Ezt nyomásszabályzóval lehet megoldani:



48. ábra, kapcsolási vázlat erőhatárolással

Továbbá korlátoznunk kell a sebességet, mindkét irányban 150mm/s értékre - záráskor a kinetikus energia kordában tartása miatt, nyitáskor pedig azért, hogy a lézerbiztonsági egységnek legyen ideje a lézert lekapcsolni:



49. ábra, kész kapcsolás

A kész kapcsolás alapján a SISTEMA szoftver segítségével elvégeztem a rendszerre a pneumatikus vezérlés teljesítményszintjének meghatározását.

A szenzor Sick ES21-AT111 vészstop gomb. Biztonsággal összefüggő adatai letölthetők.

A szelep, Festo VMPA1_M1H-MS-PI termék megbízhatósági adatai:

Jellemző	Érték
Well-tried component ¹⁾	Yes
Service-life value B ₁₀ ²⁾	10 Mio cycles
Max. switching frequency	2 Hz
Design characteristics	Mechanical spring return
Lap	Overlap
Vibration resistance	Transport application test with severity level 2 in accordance with FN942017-4 and EN 60068-2-6
Shock resistance	Shock test with severity level 2 in accordance with FN 942017-5 and EN 60068-2-27
Max. positive test pulse with 0 signal	400 µs
Max. negative test pulse with 1 signal	200 µs

- 1) The product is a well-tried product for a safety-related application according to ISO 13849-1. The relevant basic and well-tried safety principles according ISO 13849-2 for this product are fulfilled. The suitability of the product for a precise application must be verified and confirmed by the user.
- 2) The ascertainment of characteristic service life values is generally based on the ISO 19973 "Pneumatic fluid power - Assessment of component reliability by testing".

50. ábra, pneumatikus útváltó termékmegbízhatósági adatai (forrás. [22])

A számítás végeredménye megtalálható a mellékletben: az elvárt PI=b szintnél magasabbat, PI=c kaptam, tehát a pneumatikus rendszer biztonsága is megfelelő.

5. Gazdasági számítás

A kockázatfelmérés a tervezési folyamat része, egyben mérnöki tevékenység.

A gazdasági számításhoz a Magyar Mérnöki Kamara óradíjait vettem alapul:

<i>Tevékenység</i>	<i>Személyi feltétel</i>	<i>Óradíj</i>	<i>Óra</i>	<i>Összesen</i>
Kockázatfelmérés, validációs mérések	Önálló mérnök	175 000 Ft	8	1 400 000 Ft

Illetve a lézerbiztonsági mérésre alvállalkozó adott ajánlata alapján 488 000Ft.

Összesen: 1 888 000 Ft

Az összeg ÁFA nélkül értendő.

6. Összefoglalás

A kockázatelemzés a mérnöki munka alapvető része. Az általam tervezett lézergravírozó gép alkalmas annak bemutatására, hogy egy veszélyes géprész, a megmunkáló lézer kockázatait hogyan lehet megfelelő védőintézkedésekkel rendkívül magas szintről elfogadható szintre csökkenteni.

Ha a vezérlőrendszerek biztonságával foglalkozunk, a pneumatikus rendszerek általában kevésbé kerülnek fókuszba. Egy konkrét példában bemutatom egy pneumatikus kapcsolat kialakítását lépésről lépésre, a biztonsággal kapcsolatos szempontokat kiemelve.

7. Summary

Risk assesment is an essential part of engineering. The laser engraving machine I have designed is a good example of how the risks of a dangerous piece of machinery, the machining laser can be reduced from extremely high to acceptable levels by taking appropriate protective measures.

When dealing with the safety of control systems, pneumatic systems are generally less in focus. In a concrete example, I will show the design of a pneumatic control system step by step, highlighting the safety aspects.

8. Nyilatkozat

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Balázs János
A Hallgató Neptun kódja: HM7NCO
A dolgozat címe: Pneumatikus működtetésű lézergravírozó gép tervezése
A megjelenés éve: 2023
A tanszék neve: Mechatronika tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: Budapest, 2023 év október hó 31 nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

NYILATKOZAT

Alulírott Balázs János, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Ipari gépek biztonsága szakmérnök szak nappali/levelező* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: Budapest, 2023 év október hó 31 nap


Hallgató


NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatomot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatomot záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2023 év 11 hó 1 nap


Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A Balázs János (név) (hallgató Neptun azonosítója: HM7NCO) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: 2023 év 11 hó 1 nap



Belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.

9. Irodalomjegyzék

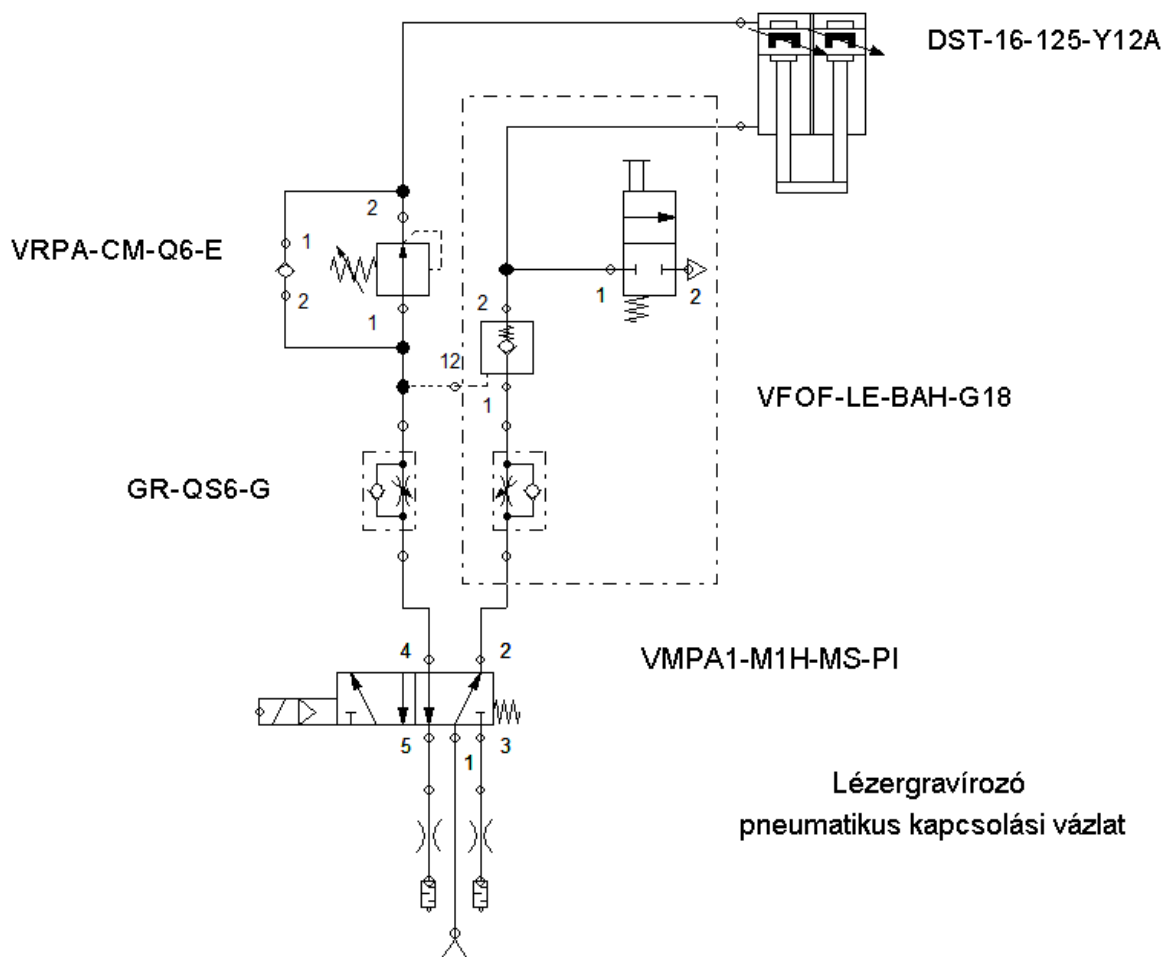
- [1] „16/2008. (VIII. 30.) NFGM rendelet a gépek biztonsági követelményeiről és megfelelőségének tanúsításáról, 2008.
- [2] MSZ EN ISO 12100:2011; Gépek biztonsága. A kialakítás általános elvei. Kockázatértékelés és kockázatcsökkentés (ISO 12100:2010).
- [3] L. J. Dr. Földi és B. Berencsi, Ipari gépek CE jelölése és biztonsága az EU-s és hazai szabályozás tükrében, Magyar Mérnöki Kamara Kiadványsorozata 88., 2022.
- [4] Simonis, „Risk Assessment (en) SV3.1,” Reggedeal, 2013..
- [5] VDMA, *Safety functions of controlled and non-controlled (fluid) mechanical systems*, 2022.
- [6] FESTO, *Guideline for functional safety*.
- [7] KEYENCE, *3 tengelyes hibrid lézeres jelölő MD-X2000/2500 sorozat, Felhasználói kézikönyv*.
- [8] *Az Európai Parlament és a Tanács 2006/25/EK Irányelve (2006. április 5.) a munkavállalók fizikai tényezők hatásának való expozíciójára (mesterséges optikai sugárzás) vonatkozó egészségügyi és biztonsági minimumkövetelményekről.*
- [9] MSZ EN ISO 11553-1; Gépek biztonsága. Lézeres megmunkálógépek. 1. rész: Általános biztonsági követelmények (angol nyelvű), MSZT.
- [10] MSZ EN 60825-4:2006/A2:2011; Lézergyártmányok sugárbiztonsági előírásai. 4. rész: Lézervédelmek (angol nyelvű), MSZT.
- [11] MSZ EN 60825-1; Lézergyártmányok sugárbiztonsági előírásai. 1. rész: Készülékosztályozás és követelmények (IEC 60825-1:2014) (angol nyelvű), MSZT.
- [12] MSZ EN IEC 60721-3-3:2019; A környezeti feltételek osztályozása. 3-3. rész: A környezeti jellemzők csoportjainak és azok szigorúságának osztályozása. Helyhez

kötött felhasználás időjárástól védett helyeken (IEC 60721-3-3:2019) (angol nyelvű), MSZT.

- [13] *MSZ EN ISO 14120:2016; Gépek biztonsága. Védőburkolatok. A rögzített és a nyitható védőburkolatok tervezésének és kialakításának általános követelményei (ISO 14120:2015).*
- [14] *MSZ EN ISO 13849-1:2016; Gépek biztonsága. Vezérlőrendszerek biztonsággal összefüggő részei. 1. rész: A tervezés általános alapelvei (ISO 13849-1:2015).*
- [15] „SI-RF Non-Contact RF Safety Switch -- Instruction Manual,” [Online]. Available: <https://info.bannerengineering.com/cs/groups/public/documents/literature/208885.pdf>.
- [16] B. Bence, *Speciális veszélyek és kockázatok kezelése*, 2023.
- [17] *MSZ EN ISO 13854:2020; Gépek biztonsága. Legkisebb távolságok az emberi testrészek összezúródásának elkerüléséhez (ISO 13854:2017).*
- [18] *MSZ EN ISO 13732-1:2009; A hőmérsékleti környezet ergonómiája. Az emberi reakció értékelési módszerei felületekkel való érintkezéskor. 1. rész: Forró felületek (ISO 13732-1:2006).*
- [19] F. S. & C. KG, 2023. [Online]. Available: <https://www.festo.com/hu/hu/a/download-document/datasheet/8085181>. [Hozzáférés dátuma: 2023].
- [20] Festo, [Online]. Available: <https://www.festo.com/media/pim/342/D15000100123342.PDF>. [Hozzáférés dátuma: 2. 11. 2023.].
- [21] *EN ISO 16092-4:2020; Szerszámgépek biztonsága. Sajtók. 1. rész: Pneumatikus sajtók biztonsági követelményei (ISO 16092-4:2019).*
- [22] Festo, [Online]. Available: https://www.festo.com/eap/hu_hu/ReliabilityDatasheet/start.do?partno=571334&outputformat=pdf. [Hozzáférés dátuma: 2. 11. 2023.].

10. Mellékletek

10.1. Pneumatikus kapcsolási vázlat



10.2. Rövidítések jegyzéke

Rövidítés	Név	Jelentés
CCF	Common Case Failure	Közös okú meghibásodás
DC	Diagnostic Coverage	Diagnosztikai lefedettség (%)
MD	Machine Directive	16/2008. (VIII. 30.) NFGM rendelet a gépek biztonsági követelményeiről és megfelelőségének tanúsításáról
MTTFd	Mean Time To dangerous Failure	A veszélyes meghibásodások között átlagosan eltelt idő (év)
PFHd	Probability of a Dangerous Failure per Hour	A veszélyes meghibásodások valószínűsége óránként (1/óra)
PL	Performance Level	A biztonság teljesítményszintje
PLr	Required Performance Level	A megkövetelt biztonsági teljesítményszint
SDE	Safe DeEnergisation	Biztonsági alfunkció, biztonságos energiakikapcsolás
SDI	Safe Direction	Biztonsági alfunkció, biztonságos mozgásirány
SSC	Safe Stopping and Closing	Biztonsági alfunkció, biztonságos megállítás és lezárás
STO	Safe Torque Off	Biztonsági alfunkció, biztonságos nyomatéklekapcsolás

10.3. SISTEMA riport:

SISTEMA - Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine



Project name: Lézergravírozó

File date: 02.11.2023 18:00:12 Report date: 2023.11.02. Checksum: 7c5b0843d9bbe404c7b22cd4544415f9

PR Project name: Lézergravírozó

Project file name:	C:\Adat\Mentendo\Ipari Gépek biztonsága szakmérnök\Szakdolgozat\Systema\Lézergravírozó.ssm
Creation date:	25.10.2023 17:49:39
Project status:	Done
Project number:	
Project version:	
Authors:	Balázs János
Project managers:	
Inspectors:	
Dangerous point/machine:	Lézergravírozó
Documentation:	
Document:	
Version of software:	2.0.8 build 4
Version of standard:	ISO 13849-1:2015, ISO 13849-2:2012
Checksum:	7c5b0843d9bbe404c7b22cd4544415f9
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 device details | <input checked="" type="checkbox"/> Show requirements on PL and Category |
| <input checked="" type="checkbox"/> Show documentations on SF, SB, BL and EL | <input checked="" type="checkbox"/> Show parameter documentations on PLr, PL, Category, CCF, MTTFD and DC |
| <input checked="" type="checkbox"/> Show CCF and DC measures in detail | <input checked="" type="checkbox"/> Show messages |

Contained safety functions

SF Name: Reteszelt védőburkolat

Required: PLr e	Reached: PL e	PFHD [1/h]: 9E-8	Status: green
-----------------	---------------	------------------	---------------

SF Name: Védőburkolat pneumatikus mozgatás [SF2]

Required: PLr b	Reached: PL c	PFHD [1/h]: 2,3E-6	Status: green
-----------------	---------------	--------------------	---------------

SISTEMA - Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine



Project name: Lézergravírozó

File date: 02.11.2023 18:00:12 Report date: 2023.11.02. Checksum: 7c5b0843d9bbe404c7b22cd4544415f9

SF Safety function: Reteszelt védőburkolat

Identifier of the Safety function:

Safety function type: Safety-related stop function initiated by safeguard

Triggering event: Burkolat nyitása

Reaction and Behaviour on power failure: Lézer működésének letiltása

Safe state: lézer kikapcsolása

Operation mode:

Demand rate: 20 sec

Running-on time: 24h

Priority:

Documentation:

Document:

Required Performance Level Safety function

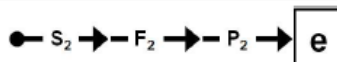
PLr (by risk graph): e

Severity of injury (S): False Serious (normally irreversible) injury or death

Frequency / exposure times to hazard (F): Frequent to continuous / exposure time is long

Possibility of avoiding (P): Scarcely possible

Risk graph:



Documentation:

Document:

Performance Level Safety function

Reached PL: e PFHD [1/h]: 9E-8

Status / Messages Safety function

Status: green

Subsystems (1 / 3)

SB Name: SI-RF RFID Safety Switch

Reference designator:

Inventory number:

Device details Subsystem

Device Manufacturer: Banner Engineering

Device Identifier: SI-RF...

Device group: Safety Switch

Part number:

Revision:

Function:

Input
 Output

Logic
 unknown

SISTEMA - Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine



Project name: Lézergravírozó

File date: 02.11.2023 18:00:12 Report date: 2023.11.02. Checksum: 7c5b0843d9bbe404c7b22cd4544415f9

SF Safety function: Reteszelt védőburkolat

Use case: see
<https://www.bannerengineering.com/us/en/products/machine-safety.html>

Description of the use case: see
<https://www.bannerengineering.com/us/en/products/machine-safety.html>

Documentation Subsystem

Documentation: Non-contact safety switches work in easy-to-deploy pairs where a coded switch mounted on a frame detects the presence or absence of an actuator mounted on a door or other mechanical guard.

Document: <http://info.bannerengineering.com/cs/groups/public/documents/literature/208885.pdf>

Performance Level Subsystem

PL determination: Enter 'SIL/PFHD directly (manufacturer ensures compliance with the requirements of the SIL acc. to IEC 62061)

Safety Integrity Level (SIL): 3 PL: e

Software suitable up to PL: n.a.

Reached PL: e PFHD [1/h]: 6E-9

Documentation:

Mission time [a]: 20 Shortest mission time [a]: 20

Status / Messages Subsystem

Status: green

Message [Status of Message]: - The SIL given by the manufacturer for this subsystem was transformed to a corresponding PL acc. to Table 3 of the standard (see also ISO/TR 23849). [green]

Subsystems (2 / 3)

SB Name: SI-RF RFID Safety Switch

Reference designator: Inventory number:

Device details Subsystem

Device Manufacturer: Banner Engineering

Device Identifier: SI-RF...

Device group: Safety Switch

Part number: Revision:

Function: Input Logic
 Output unknown

Use case: see
<https://www.bannerengineering.com/us/en/products/machine-safety.html>

SISTEMA - Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine



Project name: Lézervergő

File date: 02.11.2023 18:00:12 Report date: 2023.11.02. Checksum: 7c5b0843d9bbe404c7b22cd4544415f9

SF Safety function: Retszelt védőburkolat

Description of the use case: see <https://www.bannerengineering.com/us/en/products/machine-safety.html>

Documentation Subsystem

Documentation: Non-contact safety switches work in easy-to-deploy pairs where a coded switch mounted on a frame detects the presence or absence of an actuator mounted on a door or other mechanical guard.

Document: <http://info.bannerengineering.com/cs/groups/public/documents/literature/208885.pdf>

Performance Level Subsystem

PL determination: Enter 'SIL/PFHD directly (manufacturer ensures compliance with the requirements of the SIL acc. to IEC 62061)

Safety Integrity Level (SIL): 3 PL: e

Software suitable up to PL: n.a.

Reached PL: e PFHD [1/h]: 6E-9

Documentation:

Mission time [a]: 20 Shortest mission time [a]: 20

Status / Messages Subsystem

Status: green

Message [Status of Message]: - The SIL given by the manufacturer for this subsystem was transformed to a corresponding PL acc. to Table 3 of the standard (see also ISO/TR 23849). [green]

Subsystems (3 / 3)

SB Name: Laser safety module

Reference designator: Inventory number:

Device details Subsystem

Device Manufacturer: Keyence

Device Identifier: MD-C1

Device group:

Part number: Revision:

Function: Input Logic
 Output unknown

Use case: https://www.keyence.eu/products/marker/laser-marker/md-x1000_1500/

Description of the use case: https://www.keyence.eu/products/marker/laser-marker/md-x1000_1500/

Documentation Subsystem

SISTEMA - Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine



Project name: Lézergravírozó

File date: 02.11.2023 18:00:12 Report date: 2023.11.02. Checksum: 7c5b0843d9bbe404c7b22cd4544415f9

Safety function: Reteszelt védőburkolat

Documentation: https://www.keyence.eu/products/marker/laser-marker/md-x1000_1500/

Document:

Performance Level Subsystem

PL determination: Enter PL/PFHD directly (manufacturer ensures compliance with the requirements of the Category and of the PL)

PL: e Software suitable up to PL: n.a.

Reached PL: e PFHD [1/h]: 7,8E-8

Documentation:

Mission time [a]: 20 Shortest mission time [a]: 20

Category Subsystem

Cat.: 4

Category requirements: fulfilled

Requirements of the Category: Since the category is given by the manufacturer he is responsible to satisfy the requirements.

Documentation: https://www.keyence.eu/products/marker/laser-marker/md-x1000_1500/

Source (e.g. standard) Category:

File:

Status / Messages Subsystem

Status: green

SISTEMA - Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine



Project name: Lézergavírozó

File date: 02.11.2023 18:00:12 Report date: 2023.11.02. Checksum: 7c5b0843d9bbe404c7b22cd4544415f9

SF Safety function: Védőburkolat pneumatikus mozgatás

Identifier of the Safety function:	SF2
Safety function type:	Safe direction (SDI)
Triggering event:	Vészstop gomb megnyomása / Initiate emergency stop button
Reaction and Behaviour on power failure:	Burkolat felső biztonságos helyzetbe mozog / Move to up (safety) position
Safe state:	Felső helyzet / Up position
Operation mode:	
Demand rate:	8h
Running-on time:	
Priority:	
Documentation:	
Document:	

Required Performance Level Safety function

PLr (by risk graph):	b
Severity of injury (S): True	Slight (normally reversible) injury
Frequency / exposure times to hazard (F):	Seldom to less often / exposure time is short
Possibility of avoiding (P):	Scarcely possible
Risk graph:	

Documentation:	
Document:	

Performance Level Safety function

Reached PL: c	PFHD [1/h]: 2,3E-6
---------------	--------------------

Status / Messages Safety function

Status:	green
---------	-------

Subsystems (1 / 2)

SB Name: Actuator	
Reference designator:	Inventory number:
Device details Subsystem	
Device Manufacturer:	Festo
Device Identifier:	
Device group:	
Part number:	Revision:
Function:	<input type="checkbox"/> Input <input checked="" type="checkbox"/> Output <input type="checkbox"/> Logic <input type="checkbox"/> unknown

SISTEMA - Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine



Project name: Lézervároló

File date: 02.11.2023 18:00:12 Report date: 2023.11.02. Checksum: 7c5b0843d9bbe404c7b22cd4544415f9

SF Safety function: Védőburkolat pneumatikus mozgatás

Use case:

Description of the use case:

Documentation Subsystem

Documentation:

Document:

Performance Level Subsystem

PL determination: Determine PL/PFHD from Category, MTTFD and DCavg

Software suitable up to PL: n.a.

PL requirements: fulfilled

The PL shall be determined by the estimation of the following aspects:

- Behaviour of the safety function under fault conditions (see clause 6) [fulfilled]
- safety-related software according to clause 4.6 or no software included [fulfilled]
- systematic failure (see Annex G) [fulfilled]
- Ability to perform a safety function under expected environmental conditions [fulfilled]

Reached PL: c PFHD [1/h]: 1,1E-6

Documentation:

Category Subsystem

Cat: 1

Category requirements: fulfilled

Requirements of the Category:

- Accordance with relevant standards to withstand the expected influences. [fulfilled]
- Basic safety principles are being used. [fulfilled]
- Well-tried components are being used. [fulfilled]
- Well-tried safety principles are being used. [fulfilled]
- MTTFD is at least High. [fulfilled]

Documentation:

Source (e.g. standard) Category:

File:

MTTFD and Mission time Subsystem

MTTFD [a]: 100 (High)

Mission time [a]: 20 Shortest mission time [a]: 20

Status / Messages Subsystem

Status: green

SISTEMA - Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine



Project name: Lézergravírozó

File date: 02.11.2023 18:00:12 Report date: 2023.11.02. Checksum: 7c5b0843d9bbe404c7b22cd4544415f9

SF Safety function: Védőburkolat pneumatikus mozgató

Channels / Test channels (1 / 1)

CH Name: Channel 1

MTTFD [a]: 100

Blocks (1 / 1)

BL Name: Solenoid valve VMPA1-M1H-MS-PI

Reference designator:

Inventory number:

Device details Block

Device Manufacturer:

Festo AG & Co.KG

Device Identifier:

571334

Device group:

Valves and valve modules

Part number: 571334

Revision: 1.0

Function:

Input

Logic

Output

unknown

Technology:

pneumatic

Category:

-

Use case:

Standard Use Case

Description of the use case:

Documentation Block

Documentation:

Further information:

Online data sheet:

https://www.festo.com/cat/en_en/DK13WebDataSheet.asp?part=571334

Online data sheet product reliability:

https://www.festo.com/eap/en_en/ReliabilityDatasheet/start.do?partno=571334

Support portal:

https://www.festo.com/net/en-gb_gb/SupportPortal/default.aspx?q=571334&tab=3

Document:

MTTFD and Mission time Block

MTTFD [a]: 347,2 (High)

Mission time [a]: 20

Shortest mission time [a]: 20

B10 [cycles]: 10000000

RDF [%]: 100

B10D [cycles]: 10000000

nop [cycles/a]: 288000

Nop parameter:

Days: 200

Hours: 8

Seconds: 20

Documentation:

SISTEMA - Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine



Project name: Lézervizsgáló

File date: 02.11.2023 18:00:12 Report date: 2023.11.02. Checksum: 7c5b0843d9bbe404c7b22cd4544415f9

SF Safety function: Védőburkolat pneumatikus mozgató

Status / Messages Block

Status:	green
Message [Status of Message]:	- For this component, no RDF value was specified by the manufacturer in the VDMA Library. The RDF value (default: 100 [green]

Subsystems (2 / 2)

SB Name: Sensor

Reference designator:	Inventory number:
<i>Device details Subsystem</i>	
Device Manufacturer:	SICK AG
Device Identifier:	
Device group:	
Part number:	Revision:
Function:	<input checked="" type="checkbox"/> Input <input type="checkbox"/> Logic <input type="checkbox"/> Output <input type="checkbox"/> unknown
Use case:	
Description of the use case:	

Documentation Subsystem

Documentation:
Document:

Performance Level Subsystem

PL determination:	Determine PL/PFHD from Category, MTTFD and DCavg
Software suitable up to PL:	n.a.
PL requirements:	fulfilled
The PL shall be determined by the estimation of the following aspects:	<ul style="list-style-type: none"> - Behaviour of the safety function under fault conditions (see clause 6) [fulfilled] - safety-related software according to clause 4.6 or no software included [fulfilled] - systematic failure (see Annex G) [fulfilled] - Ability to perform a safety function under expected environmental conditions [fulfilled]
Reached PL: c	PFHD [1/h]: 1,1E-6
Documentation:	

Category Subsystem

Cat:	1
Category requirements:	fulfilled

SISTEMA - Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine



Project name: Lézergravírozó

File date: 02.11.2023 18:00:12 Report date: 2023.11.02. Checksum: 7c5b0843d9bbe404c7b22cd4544415f9

SF Safety function: Védőburkolat pneumatikus mozgatás

Requirements of the Category:

- Accordance with relevant standards to withstand the expected influences. [fulfilled]
- Basic safety principles are being used. [fulfilled]
- Well-tried components are being used. [fulfilled]
- Well-tried safety principles are being used. [fulfilled]
- MTTFD is at least High. [fulfilled]

Documentation:

Source (e.g. standard) Category:

File:

MTTFD and Mission time Subsystem

MTTFD [a]: 100 (High)

Mission time [a]: 20 Shortest mission time [a]: 20

Status / Messages Subsystem

Status: green

Channels / Test channels (1 / 1)

CH Name: Channel 1

MTTFD [a]: 100

Blocks (1 / 1)

BL Name: ES21 (Stand 2010-01)

Reference designator: Inventory number:

Device details Block

Device Manufacturer: SICK AG

Device Identifier: ES21-ATx/-CGx/-SAx V1.0.0

Device group: Not-Halt-Taster

Part number: ES21-Ax11x0 **Revision:** 1.0.0

Function: Input Output Logic unknown

Technology: electromechanic

Category: -

Use case: Standard Use Case

Description of the use case:

Documentation Block

Documentation: Irrtümer und technische Änderungen bleiben vorbehalten. Verbindlich sind nur die Daten in der Betriebsanleitung des jeweiligen Produktes.

Die hier gemachten Daten gelten nur mit den angenommenen Werten für die Anzahl der Schaltzyklen pro Jahr. Ggfs. kann

SISTEMA - Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine



Project name: Lézergravírozó

File date: 02.11.2023 18:00:12 Report date: 2023.11.02. Checksum: 7c5b0843d9bbe404c7b22cd4544415f9

SF Safety function: Védőburkolat pneumatikus mozgató

Documentation: hier eine Anpassung nötig sein.

Die Daten gelten für die folgenden Produktfamilie:

ES21 (Einbau- und Aufbauversionen)

Document:

MTTFD and Mission time Block

MTTFD [a]: 12500 (High)

Mission time [a]: 20

Shortest mission time [a]: 20

B10D [cycles]: 250000

nop [cycles/a]: 200

Nop parameter: Days: 200

Hours: 8

Seconds: 28800

Documentation:

Status / Messages Block

Status: green

**SISTEMA - Safety Integrity Software Tool for the Evaluation
of Machine Applications**



Project name: Lézergravírozó

File date: 02.11.2023 18:00:12 Report date: 2023.11.02. Checksum: 7c5b0843d9bbe404c7b22cd4544415f9

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
www.dguv.de/ifa (Webcode e561582)

Name in block letters:

Authors

Inspectors

Date, signature:

Authors

Inspectors