

DIPLOMADOLGOZAT

Liska Tamás János

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Műszaki menedzser mesterképzési szak

**A robotizáció bevezetésének/alkalmazásának műszaki-gazdasági
megalapozása adott vállalati környezetben**

Belső konzulens: Dr. Husti István
Professor emeritus

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** Műszaki intézet

Külső konzulens: Horváth Bence
Program menedzser

Készítette: **Liska Tamás János**
EB20KE

Gödöllő

2024

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	2
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	4
2.1. ROBOTOK	4
2.2. A ROBOTOK MŰSZAKI ALAPJAI	5
2.3. A ROBOTOK TÍPUSAI	10
2.4. A ROBOTIZÁCIÓ GAZDASÁGI HÁTTERE	13
2.5. A ROBOTOK TÁRSADALMI KÉRDÉSEI	21
2.6. SZAKIRODALOM ÖSSZEFOGLALÁSA	24
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	25
3.1. A VÁLLALAT BEMUTATÁSA	25
3.2. A ROI KIMUTATÁSÁRA ALKALMAZOTT MÓDSZEREK.....	27
4. A JELENLEG HASZNÁLT RENDSZER BEMUTATÁSA ÉS ELEMZÉSE	32
4.1. KIVÁLASZTÁS	32
4.2. A VIZSGÁLT TÉNYEZŐK	33
4.3. JELENLEG VIZSGÁLT GAZDASÁGI MUTATÓK SZÁMÍTÁSA	35
4.4. SEGÉDTÁBLA.....	37
4.5. A MŰSZAKI MEGVALÓSÍTÁS ÁLTALÁNOS MŰKÖDÉSE.....	39
4.5.1. <i>A belső megvalósítás sajátosságai</i>	42
5. JAVASLATOK KIDOLGOZÁSA A JELEN MŰKÖDÉS FEJLESZTÉSÉRE	45
5.1. ÜZEMELÉSI ÉS KARBANTARTÁSI KÖLTSÉGEK	46
5.2. ÉRZÉKENYSÉGVIZSGÁLATOK	48
5.3. SELEJTKÖLTSÉGEK CSÖKKENTÉSÉVEL ELÉRT MEGTAKARÍTÁS.....	53
5.4. GYÁRTÓKAPACITÁS NÖVEKEDÉSÉVEL ELÉRT MEGTAKARÍTÁS.....	54
6. ÖSSZEFOGLALÁS	55
7. SUMMARY	57
IRODALOMJEGYZÉK	58
ÁBRAJEGYZÉK	60

1. Bevezetés

A robotizáció és automatizáció elterjedése az utóbbi időben egyre inkább elterjed, műszaki körökben ma már elkerülhetetlen az Ipar 4.0 kifejezés, aminek alapját a robotok, és azok integrációja adja. A mai ipari és autóiipari trendekre a költséghatékonyság jellemző, a vállalatok törekednek előállítási költségeik csökkentésére, illetve, hogy minél kedvezőbb áron tudják termékeiket eladni, mert ez adja a versenyképességük kulcsát. A robotok alkalmazása a költséghatékonyság terén megkerülhetlenné vált. A robotok alkalmazása nagyobb kezdeti beruházáshoz kötött, azonban az üzemeltetésük során megtakarítás érhető el, ezért érdemes alaposan megvizsgálni a körülményeket az alkalmazásuk szükségességét illetően. Úgy gondolom a mai ipari környezetben igen nagy jelentősége van annak, hogy egy-egy vállalat mennyire tudja automatizálni bizonyos folyamatait, mert ez hatékonyságukat és versenyképességüket nagyban befolyásolja.

Az egyetemi éveimet a Linamar Hungary Zrt.-nél kezdtem meg, mint duális hallgató, tehát már az egyetem során gyakorlati képzésen vettem részt a vállalatnál. Az alapképzésben szerzett diplomám kézhezvételét követően az első teljes munkaidős állásomat is ennél a vállalatnál kezdtem el, és továbbra is a Linamar kötelékében dolgozom, ezért a diplomadolgozatom tárgyát is a vállalatnál folyó automatizálási projektek képzik.

Vállalatunk legnagyobb gazdasági kihívását jelenleg a magas bérköltségek jelentik. Az összes projektet negyedévente különböző szempontok alapján értékeljük, meghatározott célok alapján. A legtöbb projektünknel, illetve a divízió egészét tekintve is az figyelhető meg, hogy a bérköltségek tekintetében nem sikerül a célokat elérni a 2023-as év végén. Ebből az okból kifolyólag is az év során megalapult egy külön automatizálási projektcsapat is, akik az automatizálási projektek tervezéséért, megvalósításáért felelősök.

A diplomadolgozat témája a robotizáció bevezetésének/alkalmazásának műszaki-gazdasági megalapozása adott vállalati környezetben. Úgy gondolom az LPD divízió megfelelő vállalati környezet a témával való foglalkozásnak. Mind a Linamar Hungary Zrt., mind az autóiipar, amiben tevékenyen részt veszünk, már jó ideje elért arra a szintre, hogy a robotok alkalmazása műszakilag elérhető, és az utóbbi időben pedig egyre inkább gazdaságilag indokolt.

A diplomadolgozat során a célom megvizsgálni a szakirodalomban a robotok működésének műszaki alapjait, és a szakirodalom által javasolt mutatókat, amik segítséget

adnak a projektek megalapozottságának eldöntésében, mint a megtérülési számítások és költségelemzések. A dolgozat során meg kell vizsgálnom továbbá a vállalat műszaki környezetét, ezt össze kell hasonlítani a szakirodalommal, megvizsgálva azt, hogy a környezet aktuális technológiáknak megfelel. Meg kell vizsgálnom továbbá a vállalatnál végzett gazdasági elemzéseket, amiket ugyancsak a szakirodalommal össze kell vessek.

A diplomadolgozat célja ezen összevetések révén a vállalati háttér fejlesztése, illetve a vizsgált mutatók bővítése olyan tényezőkkel, melyek jelenleg nincsenek figyelembe véve. További cél az elemzések során vétett pontatlanságok hatásának vizsgálata.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Robotok

Az emberek folyamatosan törekednek arra, hogy az általuk elvégzendő tevékenyégeket, munkákat minél könnyebben el tudják végezni, minél kevesebb energiát kelljen befektetni ugyan azért az eredményért. Ez megtörténhet tudat alatt is, hiszen, ha sokszor végzünk egy adott feladatot, egyre jobban tudjuk majd elvégezni, az emberi szervezet is alkalmazkodik hozzá, ha sokat emelünk súlyokat, az szervezetünk növeli az izmaink méretét, hogy minél könnyebb legyen az emelés. Ezek a folyamatok nem csak tudat alatt történnek meg, hanem tudatosan is. Az ember feltalál olyan eszközöket, melyekkel a feladatait könnyebben el tudja végezni. A legegyszerűbb példák nagyon régre vezethetők vissza, kerék és a csiga feltalálása az anyagmozgatás érdekében. Ezek a találmányok nem csak a **munka könnyebb elvégzésére szolgálnak**, hanem arra is, hogy olyan feladatokat tudjunk elvégezni, amit ezek nélkül a találmányok nélkül nem tudnánk. A kerékből kiindulva eljutottunk az olyan járművekig, amik olyan mennyiségű anyagot tudnak eljuttatni egyik helyről a másikra, amit csupán emberi erővel képtelenek lennének megvalósítani. Beszélhetünk olyan találmányokról, amik jelentősen megváltoztatták az emberek életét, mint a gőzgép, ami az ipari forradalom révén rengeteg további találmánynak adott alapot. A mai ipari termelés szempontjából egy jelentős találmány a robotok megjelenése is, amik képesek ellátni a leginkább monoton, fizikailag leginkább kimerítő vagy akár az emberi szervezet számára leginkább káros feladatokat is, pontosan és gyorsan.

A CNC Média nevű online megjelenő szakmai hírlap 2019-ben készített egy összefoglalást, ahol a robot fogalmának leírására több megfogalmazást is összegyűjt, a Japán Ipari Szabványban következő található: „mozgásmechanizmus, amely két vagy több tengely programozásával működik, bizonyos fokú önállóságot mutat, környezetben működik és **elvégzi a tervezett munkát**.” Az író megkülönbözteti az ipari és szolgáltató robotokat, utóbbi a mindennapi tevékenységek támogatására szolgál. A diplomadolgozat tekintetében mindenképpen az ipari robotok lesznek azok, amik relevánsak, hiszen a termelővállalatok automatizálására ezeket használják. [CNC Média, 2019]

Egy „International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering” folyóirat oldalán 2013-ban megjelent publikációban az első ipari robotok megjelenését az 1960-as évekre teszik. [Balkeshwar-Sellappan-Kumaradhas, 2013] A publikációból sok

információ derül még ki a robotok fejlődéséről és alkalmazásáról. A legelső robotot a General Motors alkalmazta és az **Unimation** elnevezést kapta. 1969-ben az első hegesztésre alkalmas robotot is elkezdte alkalmazni a GM. Akkoriban az autók komponenseinek manuális hegesztéseire nagyméretű rögzítőket és állványokat kellett használni, és a feladatok veszélyesnek is számítottak, ezzel szemben a robotok alkalmazása a karosszériahegesztési folyamatokat 90%-ban automatizálhatóvá tette, és jóval termelékenyebb lett. A robotok fejlődésével kapcsolatban a publikáció több dátumot is megjelöl, ezek közül kiemelnék néhányat, ami fontos. 1973-ban a **KUKA** az Unimate robotok kiváltására elkezdett sajátokat fejleszteni, ők napjainkban az egyik legnagyobb robotgyártónak számítanak. 1974-ben jelent meg a piacon az első olyan robot, amit már egy kisebb számítógép vezérelt. 1978-ban megjelent az első SCARA robot. 2004-ben a **Motoman** nevű vállalat bemutatott egy olyan vezérlést, ami egyszerre 4 robotot tudott szinkronban működtetni. Az első alumínium vázas robotot a már korábban is említett KUKA mutatta be 2006-ban. [Balkeshwar-Sellappan-Kumaradhas, 2013]

A CNC média már említett publikációja is ír az első robotokról, azonban itt is az **Unimation** robot van megemlítve első kereskedelmi forgalomba hozott robotként, azonban említik az elődjét is, melyet 1954-ben George Dovel dolgozott ki, és képes volt bizonyos mozgásokat megjegyezni és leutánozni. [CNC Média, 2019]

1. ábra: Az első kereskedelmi forgalomban kapható robot.

(Forrás: CNC Média, 2019)



2.2. A robotok műszaki alapjai

A robotok 2 fő részre oszthatók műszaki szempontból Dombi (2017) ipari robotokról írt összefoglalója alapján. Ez a két fő része a vezérlő szekrény, és a robotkar. A korábban

vizsgált IJETAE által publikált dokumentumban ezzel szemben 3 alapegységet említ meg a szerző a robotokkal kapcsolatban, az első kettőt a szerszámmal egészíti ki, amely a kar végén található, ennek segítségével képes a robot elvégezni a feladatait. Lehet ráhelyezni fúró-, marószerszámokat vagy hegesztőpisztolyt is. Az első összefoglalóban a szerszám vagy a mozgatott eszköz a robotkar részeként van meghatározva, itt fontos megemlíteni, hogy ez az eszköz határozza meg a TCP-t, ami a „**Tool Center Point**”, azaz a szerszámközpont rövidítése. A TCP az a pont, aminek segítségével a programot megírjuk, a robotot ennek a pontnak a segítségével irányítjuk, a TCP pályán való mozgását pedig a különböző hajtások látják el. [Balkeshwar-Sellappan-Kumaradhas, 2013] [Dombi, 2017]

2.2.1. Robotkar

A robotkar felépítésének fő részei a váz, a mozgatók és az érzékelők. A váz felépül a már a csuklós robotoknál is említett az emberi karhoz hasonló karokból és ízületekből, ahol a karok a kinematikai tagok, az ízületek pedig a kényszerek. Az ízületeknek két típusát különböztetjük meg. Az első típus a **forgó ízület**, amik a „rotációért” felelnek, jelölésük: R. A másik típus a **csúszó ízület**, ami a „transzlációért” fele, jele T. A robotok felépítése így meghatározható az ízületek sorrendjének leírásával, a leírásnak a talpazattól kell kiindulnia a szerszám felé. A robot ízületeinek felépítését leírva a SCARA robot például RRR, a legegyszerűbb csuklós, azaz kartézianus robot pedig TTT felépítésű. [Dombi, 2017]

2.2.2. Közvetlen hajtások

Közvetlen hajtásoknak azokat a hajtástípusokat nevezhetjük, melyek közvetlenül a karok mozgásáért felelősek.

A **pneumatikus** hajtások a legegyszerűbbek olcsók és kicsi a karbantartásigényük is. Rendelkeznek lineáris útmérővel és/vagy elfordulásmérővel, azonban pontos pozícionálásra nem alkalmasak. Utóbbi miatt ma már elavult technológiának számít, egyre kevésbé találhatóak meg a piacon. [Dombi, 2017]

A pneumatikus hajtásoknál előnyösebb tulajdonságokkal bírnak a **hidraulikus** hajtások, ezeknek működése pontosabb, a sebességük szabályozható, ami előbbiekre nem igaz, illetve jóval nagyobb erők kifejtésére képesek. A sebesség szabályozása szervószelepek segítségével történik, amely 2 elektromágneses bemenet állításával képes ezt a feladatot elvégezni. [Dombi, 2017]

Napjaink legelterjedtebb hajtástípusa a **villamos hajtás**, ennek oka, hogy több előnyös tulajdonsággal is rendelkezik, amik az előző két típus elé helyezi. Az egyik ilyen előny a **kis súlya**, ami nem kis előny, főleg, ha az adott motor a karon helyezkedik el. A villamos hajtások továbbá **nagy nyomaték** leadására képesek, a villamos motorokat jól lehet hűteni, ami egy olyan környezetben, ahol sok mozgást, gyorsulást-lassulást kell végezni, különösen előnyös. A villamos motorok nagy fordulatszám tartományban képesek dolgozni, illetve a fordulatszám szabályozása is a villamos motorok esetében a legegyszerűbb és legpontosabb. A villamos hajtások két legelterjedtebb típusa a **tárcsamotor** és a **léptetőmotor**. Előbbi az, ami az ipari robotok esetén a leggyakrabban előfordul. A felépítésüket tekintve műanyag vagy kerámia alapú tárcsából és rézlemez tekercselés adja a forgórészt. A fordulatszám szabályozás armatúra árammal történik, aminek következtében a nyomaték a fordulatszám emelésével egyenes arányosan csökken. A másik elterjedt villamos hajtás típus a léptetőmotor, ahol a nevéből adódóan a motor kis lépéseket végez el. Egy lépés során a tekercsek megadott sorrendben vannak gerjesztve és a meghajtott tengely kis szögelfordulást követően megáll. Ha a motor elég gyorsan van léptetve, akkor szinte sima forgómozgást végez. A kis szögelfordulások révén a fordulatszám nagyon pontosan szabályozható, és akár nagyon kis fordulatszámon használható. Annak köszönhetően, hogy a léptetés során a tengely forgása megáll, nem szükséges külön rögzítőfék, ezáltal a motor karbantartásigénye is csökken. A lépések számával meghatározható a megtett távolság/fordulat, nem szükséges útmérő használata. [Dombi, 2017]

2.2.3. Közvetett hajtások

A közvetett hajtások nem felelnek a TCP közvetlen mozgatásáért, csak elősegítik azt. Ezek a hajtások nem az ízületeken találhatóak meg, hanem általában a robotkaron, az ízületek és a motor között.

A hullámhajtómű egyfajta **sebességváltóként** funkcionál, a bemenete és a kimenete is forgómozgás. A robotkarok mozgatásakor sokszor nagy fordulatszámú, kis tömegű motort alkalmazunk, ám kis fordulatszámra és nagy nyomatékra lenne szükség, ennek az eltérésnek az áthidalásához szükséges egy sebességváltó, ám sok fogaskerék nem helyezhető a robotra, hiszen jelentősen nőne a mozgó tömeg. A **hullámhajtómű** azonban képes megvalósítani a nagy áttételt úgy, hogy a tömege sem túl nagy. A hajtómű működtetése során a tengelyét forgatjuk, amire egy külső fogazású gumikerék illeszkedik, amit a forgatás hatására egy fix acél belső fogazású gyűrűre présel. A gyűrű fogszáma

magasabb a gumikerék fogsámánál, ez utóbbi adja a kimenetet. A ki és bement forgásiránya ellentétes, és akár 1:200 áttételkülönbség is elérhető. [Dombi, 2017]

Elterjedtek még olyan hajtások, amelyek forgó mozgásból lineáris mozgást alakítanak át, ezek segítségével váltották ki a pneumatikus és hidraulikus motorokat a villanymotorok, általában golyós-orsóval, fogaslécvel vagy fogazott szíjhajtással működnek. [Dombi, 2017]

Ennek a hajtásnak a fordítottja, ami lineáris mozgást alakít át forgó mozgássá, amik akkor használatosak, amikor nagy terhelhetőség okán hidraulikus munkahengerre van szükség például autódaruknál. [Dombi, 2017]

2.2.4. Vezérlés

A vezérléseknek egyszerre kell ellátni több tengely összehangolt működtetését, illetve a hozzájuk tartozó érzékelők, szenzorok kezelését is. Ezeket a feladatokat ipari PC-k és PLC-k látják el. A vezérlésekhez úgynevezett **kapcsolószekrényeket** szoktak alkalmazni, melyben a vezérlés különböző részei kapnak helyet, ez a megoldás kompakt és költséghatékony, illetve integrálható a teljes robotcellára vonatkozó biztonsági berendezések is. [Cont-L, n.a.]

A vezérlésekben 4 különböző típust lehet megkülönböztetni, ezek a pick and place vezérlés, pontvezérlés, pályavezérlés és a teach-in vezérlés. [Pintér,2011]

Pick and place vezérlés során néhány megadott koordináta pozíció megadása lehetséges, ezekbe vezérelhető a robot, a sorrendet a PLC adja. A pozíciót mechanikus ütközők vagy kétállású szenzorok adják, ezek állításával lehet átprogramozni a vezérlést. Egyszerű feladatokhoz használatosak, mint az adagolás és rakodás. [Pintér,2011]

Pontvezérlés (PTP) során az útvonalat egy **pontsorozattal** lehet megadni, azonban a két pont közti pálya nem határozható meg pontosan, mert a csuklók nincsenek szinkronizálva, A vezérlés a pontsorozat alapján számolja a koordinátákat, és továbbítja a jelet a hajtások felé. A programozása a pontok megadásával történik. [Pintér,2011]

Pályavezérlés (CP) során a pontvezérléstől eltérően a szervomotorok, azaz csuklók összehangoltan működnek, ezért a **pontos pálya**, illetve a pályán való mozgás sebessége is ismert és meghatározható, ezen pozitív tulajdonsága miatt a legelterjedtebb, alkalmas szerelési, megmunkálási és hegesztési feladatok ellátására is. [Pintér,2011]

Tech-in play-back vezérlés során szükség van egy nagykapacitású információ tárolóra, mert a csukló koordinátákat tárolni kell, amit a **betanítás** során adnak meg a vezérlésnek. A vezérlés ezek alapján a koordináták alapján mozgatja a robotot. A betanítás

miatt a programmódosítás körülményes, hiszen újra fel kell tanítani a robot számára a pontokat. [Pintér,2011]

2.2.5. További fontos elemek

A léptetőmotor kivételével a többi hajtás tekintetében szükség van olyan elemekre, amik mérik a hajtás által elért elmozdulást, erre a feladatokra a CNC gépekből is ismert **enkódereket** alkalmaznak. Az enkódereknek 2 típusa létezik, az abszolút- és az inkrementális enkóderek. Előbbi megadja a pillanatnyi pozíciót, utóbbi csak a mozgás során mért elmozdulást jelzik, ezeket bekapcsoláskor el kell vinni nullhelyzetbe, ezt követően használhatóak. Előnyük, hogy akár csak forgácsoláskor, a robotok mozgatása során is a pontosságuk 1 mikrométernél is pontosabb. Fontos, hogy a mozgatott alkatrészhez minél közelebb kell elhelyezni, mert a közbeiktatott egyéb alkatrészek, mint mondjuk a csapágy vagy az áttétel, csökkentik a pontosságukat. [Dombi, 2017]

Egy másik fontos eleme a robotoknak, ami nem felel a mozgatásért, az az ellensúlyozás, a robot súlypontja a mozgása során nagy kinyúlás esetén a középponttól messze kerülhet, ami egyensúlyi problémákat okozhat. Ezen problémák elkerülésére a robotra **ellensúlyozást** szoktak használni, ami a karral ellentétes oldalon helyezkedik el, hogy a mozgásnak megfelelő ellenertőt fejtsen ki. Hátránya azonban, hogy a kar tehetetlenségét növeli. [Dombi, 2017]

2.2.6. Robotok programozása

A robotprogramozás legelterjedtebb módszerei az egyszerű betanítás, a programnyelvi utasításokkal történő programozás és ezek kombinációja.

Egyszerű betanítás főként a korábban már említett teach-in play-back vezérlésű robotoknál alkalmazott, de lehet használni a pont és pályavezérlésű robotok esetén is. A betanítás lehet a robot mellett fizikailag, az ellazított robot csuklókat kézzel a szükséges pozícióba mozgatják, és a szükséges pozíciókat a vezérlésen elmentik. De a betanítás történhet szimulátorral is, ami a robot kicsinyített mása, ennek segítségével veszik fel a pontokat, majd a mozgását a robot lemásolja. [Pintér,2011]

A programnyelvel való programozás hasonlít a számítógépes vagy CNC programozáshoz, egyfajta szabályrendszer szerint épül fel. A robot működését egy **program**, és a benne található utasítások határozzák meg. Az utasítások jellege szerint lehetne geometriai utasítások, amivel a pontokat, pályákat lehet meghatározni, ezek segítségével meg lehet adni a mozgást leíró utasításokat, a mozgás típusáról, sebességéről...stb. A programba el lehet helyezni programlefoyási utasításokat, amik

befolyásolhatják a végrehajtás sorrendjét, logikáját, például, hogy bizonyos parancsot ugorjon át, ismételjen meg, de akár a pálya eltolására, tükrözésére is van lehetőség. A programba be kell iktatni ellenőrző és felügyeleti utasításokat, hogy zavar vagy hiba esetén a robot megálljon. A megfogó vagy szerszám működtetése is **utasítások alapján** történik. [Pintér,2011]

A kombinált módszer során általában programnyelvi utasítások használatát alkalmazzák, ahol a kritikus pontok felvételéhez az egyszerű betanítást használják. [Pintér,2011]

A robotprogramozás felosztható még további két csoportra, on-line és off-line programozásra. **On-line** programozás során magát a robotot programozzák, **off-line** programozás során a robotot egy robottól **független számítógépen** programozzák vagy a már létező programot módosítják, fejlesztik. A munkadarab és a robot viszonyát 3D szimuláció segítségével határozzák meg, de akár egyszerű szöveges bevitellel is történhet. Az on-line programozás előnye a másik típussal szemben az, hogy figyelembe lehet venni a robot környezetét, a munkaterületen található tárgyakat, illetve a működést is könnyedén tesztelni lehet. Azonban hátránya, hogy a robotnak jelen kell lennie, a robotot és ezzel a termelés is le kell állítani. Az off-line programozáskor ezzel szemben nem kell megállítani a robotot, a pálya fejlesztése során is folyhat a termelés, illetve akár előzetesen is lehet a pályán dolgozni, amíg az nem érkezett meg. Úgy gondolom, érdemes lehet a robot telepítése során on-line programozást végezni, azonban a későbbi módosításokat már off-line programozás segítségével végrehajtani. [Pintér,2011]

2.3. A robotok típusai

Mind a két az előző pontban említett írás 4 csoportba osztja a robotokat. Ezek a csuklós robotok, a SCARA robotok, a delta robotok és a portál vagy gantry robotok. Megvizsgálva az „Association for Advancing Automation (A3)” oldalát, ahol robotok értékesítésével is tevékenységet folytatnak, a felsorolt 4 csoporton felül még külön kezelik a „Cylindrical” vagyis hengeres, hengerpályán dolgozó robotokat is. [Association for advancing Automation, n.a.]

A robotokat lehet csoportosítani a vezérlésük alapján is. Az IJETAE-ben megjelent cikkben csak 2 csoportra osztják a robotokat, az egyik ahol a robot pályája előre meghatározott, ugyan azt a folyamatot hajtja végre a robot újra és újra a meghatározott paraméterek alapján. A másik csoportban pedig a robotok különböző szenzorokkal, érzékelőkkel és akár kamerákkal vannak ellátva, amiket fejlett számítógépek kezelnek és

elemeznek, és a **mesterséges intelligencia** által vannak a folyamataik vezérelve. Erre van pár személyes példám is a vállalati tapasztalataimból. Használunk robotcellákat, melyek teljesen zártak, és a szenzorok csak arra valók, hogy „vész” esetén megállítsák a folyamatot, amit manuálisan kell újraindítani, ez az első típus. A másik típusba tartoznak az úgynevezett **kollaboratív robotok**, melyek együtt képesek dolgozni az emberrel, figyelik, ha a dolgozó belép a munkaterületükbe, ekkor először a mozgási paramétereiket lassítják, majd meg is állhatnak, de amint a dolgozó elhagyja a területet automatikusan újra indulnak. Utóbbi csoportba tartozik egy olyan kamerás rendszerrel ellátott robot is, mely az ömlesztett alapanyagot tudja adagolni egy mozgató szalagra olyan módon, hogy a kamera segítségével választja ki mindig a következő darabot, és határozza meg a pályáját, ennek a technológiának **Bin-Picking** az elnevezése. [Balkeshwar, Sellappan, Kumaradhas, 2013]

Ezt a csoportosítást a cnc.hu oldalán az első csoportot jobban részletezik és 2 részre bontják, azokra a robotokra, amik a számukra megmutatott útvonalat játszák vissza és azokra, amik egy NC programot hajtanak végre. Ők a második típust a már fentebb említett kollaboratív elnevezéssel nevezik meg és az előnyei során feltüntetik a robotcellák elhagyását, illetve azt, ha hozzájuk érnek, azonnal megállnak. [CNC Média, 2019]

2. ábra: Kollaboratív robot.

(Forrás: Saját felvétel)



2.3.1. Csuklós robotok

A legelterjedtebb típus, a nevét onnan kapta, hogy leginkább az emberi karra és annak felépítésére hasonlít. A csuklók a tengelyek, melyekből 4-7 található 1-1 roboton, ezek segítségével tudja elvégezni a különböző mozgásokat. A tengelyek továbbá az emberi kar

mozgásainak feleltethetők meg, mint a váll, könyök mozgása, az alkar forgatása..stb. **Felhasználásuk nagyon sokrétű**, alkalmasak anyagmozgatásra, hegesztésre, festésre, de akár összeszerelési feladatok ellátására is. [CNC Média] [Association for advancing Automation]

2.3.2. SCARA robotok

A mozgásuk limitáltabb, mint a csuklós robotoknak, mert csak 2 vízszintes forgó és egy függőleges tengelyből állnak, ám a költségük alacsonyabb az előbbinél. Az ipari robotok között a **leggyorsabbak és legpontosabbak**. Leginkább az anyagmozgatásban van szerepük, az úgynevezett „pick and place” műveletek során, de kisebb szerelési műveletek elvégzésére is alkalmasak. [CNC Média] [Association for advancing Automation]

2.3.3. Delta robotok

A delta robotokat más néven pókrobotként is nevezik, mert kialakításuk nagyon hasonlít a pókok kinézetére. A robot testéhez több csuklós kar csatlakozik, melyek a robot által meghatározott munkaterületen mozognak. A típus előnye, hogy kis és **pontos mozgásokat** képes elvégezni, ezáltal a kis alkatrészekkel való tevékenységekre a legalkalmasabb. Ezen előnyök miatt az egészségügyi és élelmiszeriparban elterjedt. [CNC Média] [Association for advancing Automation, n.a.]

2.3.4. Portál robotok

A portál robotok vagy más néven lineáris robotok derékszögben összeállított tengelyekből állnak, ezáltal egyszerűen és **olcsón működtethetők**, de nem képesek bonyolult műveleteket ellátni. Az X-Y-Z koordinátarendszert használják, és bizonyos típusok rendelkeznek kar végi forgó szerszámmal is. A használatuk az egyszerűségük miatt sokrétű, használják őket csomagolásra, CNC gépek ellátására, 3D nyomtatásra, de mérésre is, ha a CMM mérőgépekre gondolunk. [CNC Média, 2019] [Association for advancing Automation, n.a.]

2.3.5. Hengerpályán dolgozó robotok

A hengeres robot egy felfelé és lefelé mozgó elsődleges karból áll. A kar egy hengert tartalmaz, amely ezt a mozgást önmagának kinyújtásával és visszahúzásával hozza létre. Leginkább olyan tárgyak mozgatására alkalmasak, melyek a hossz tengelyükre forgásszimmetrikusak, mint a csövek vagy a huzalok. Leginkább szerelési műveletekre, ponthegesztésre használják. [Association for advancing Automation, n.a.]

2.4. A robotizáció gazdasági háttere

A vállalatok, akik a robotizációt felhasználják, hosszú távon valamilyen gazdasági előnyt várnak ettől, hiszen ezen előnyök tartják fent a piacon elfoglalt pozíciójukat, versenyképességüket, vagy bizonyos esetekben a **versenyelőnyüket**. Ennek okán fontos megvizsgálni, milyen gazdasági előnyökkel járhat egy vállalat számára bizonyos feladatokra robotok és az automatizálás alkalmazása, hogyan lehet tervezni a robotokkal pénzügyi szempontok szerint.

A vállalatok nem fektetnek be új technológiákba, fejlesztésekbe, berendezésekbe, akár robotokba a nélkül, hogy valamilyen módon nem bizonyosodnak meg arról, hogy hosszú távon a befektetés megtérülne. Ahhoz, hogy bizonyossá váljon a **befektetés megtérülése** különböző mutatók segítenek számszerűen megmutatni a befektetett ráfordítások eredményeit, ezen mutatók közül egy nagyon hasznos az ROI (**Return on Investment**), ami azt mutatja meg, hogy mekkora idővel térül meg a ráfordított összeg. Az ROI által meghatározott időpontot követően a befektetés hatására létrejött technológia, fejlesztés vagy berendezés már tiszta profitot fog termelni. [Freeman,2023] [Mitsubishi Electric,2023]

A Project Management Institute is az egyik kiadásában vizsgálta a projektek sikerességének tényezőit. Az automatizálások bevezetése és működtetése mindenképp tekinthető projektként, a projektek sajátosságai megjelennek bennük, ezért érdemes ezt a megközelítést is megvizsgálni. A **sikeresség** tekintetében több szempontot is felsorakoztatnak, ezek vonatkoznak többek között az előállított termék minőségére, a szerződési feltételek teljesítésére, de esetünkben a gazdasági szempontok érdekesekek, több pénzügyi mutatók is megemlítenek:

- nettó jelenérték (NPV)
- **befektetés megtérülése (ROI)**
- belső megtérülési ráta (IRR)
- visszafizetési idő (PBP)
- haszon-költség arány (BCR) [Project Management Institute, 2020]
- „Más elfogadott, sikert mérő mutatóknak vagy kritériumoknak való megfelelés (például a folyamat áteresztőképessége).” Előfordulhatnak az automatizálási projektek esetén is olyan figyelembe vehető pozitív tényezők, amelyeket a gazdasági szempontokon túl is érdemes vizsgálni, mint az említett megnövekedett áteresztőképesség által bekövetkezett **termelékenység**

növekedés, vagy az emberi figyelmetlenség miatt bekövetkezett hibák megszüntetésével elért **minőségjavulás**. [Project Management Institute, 2020]

Kovács (2017) az OPT-t (Optimal Production Technology) azaz a folyamatos áramlást vizsgálta, ami az egyik **lean** alapelv. A vizsgálat során kitér a vállalatok és azok működésének mutatószámaira is, amik a következők:

- kibocsátóképesség
- készletek
- működési költségek
- nettó nyereség
- befektetés megtérülése (ROI)
- pénzáramlás (cash flow) [Kovács, 2017]

A kibocsátóképesség terén a szerző megemlíti, hogy itt nem feltétlenül a vállalat termelékenysége adja a mutató mértékét, hanem azon termékek mennyisége, amiket **értékesíteni** is lehet, persze a két érték akár meg is egyezhet. [Tóth, 2021]

A beruházási projektek jelentős mértékű tőkebefektetést igényelnek, és az várjuk tőlük, hogy idővel megtérülnek és összességében **nyereséget** fognak termelni a befektetők számára. A megvalósítást követően kezd bevétel termelődni, és visszahozni a befektetett tőkét. A termeléssel elért nyereség révén a befektető célja a minél korábbi megtérülés, ezért érdemes előzetes kalkulációkat végezni a projekttel kapcsolatban. A kalkulációkat még a projekt azon fázisában kell elvégezni, ahol több **megvalósítási alternatíva** is fent áll, és az alternatívák közül érdemes kiválasztani az, ami a mutatók alapján a leginkább jövedelmező hosszútávon. A kiválasztás során felhasználható módszerek lehetnek a következők [Zéman-Béhm, 2019]:

- megtérülési idő
- nettó jelenérték
- belső megtérülési ráta
- jövedelmezőségi index
- könyv szerinti átlagos hozam

A megtérülési idő a nevéből egyértelműen következő az az időegység, ami alatt a befektetett tőke megtérül a befektető „visszakapja” a pénzét. A megtérülési idő elfogadható mértéke függ a tevékenység jellengétől, a vállalkozás stratégiájától és más szempontoktól is. A **megtérülési idő** hátránya, hogy nem veszi figyelembe a tőke időbeli értékváltozását,

azonban számítása viszonylag egyszerű, ezért akkor érdemes alkalmazni, ha azonos időtávú projektváltozatok kerülnek összehasonlításra. [Zéman-Béhm, 2019]

A **nettó jelenérték** a megtérülési időnél pontosabb mutatószám, mivel a projekt hatékonyságát a pénzáramlások diszkontált értékét veszi figyelembe, tehát a **tőke időbeliségével is számol**. Az alternatívák közül való kiválasztás során érdemes előnyben részesíteni azokat, amelyek nettó jelenértéke a projekt teljes időtartamát tekintve a legmagasabb. [Zéman-Béhm, 2019]

A **belső megtérülési ráta** (IRR-Internal rate of Return) egy kamatláb, aminek értéke esetén a nettó jelenérték pontosan 0 lesz, tehát a beruházás értéke illetve a működési költségek diszkontált értékei a projekt végén megegyeznek a bevételek diszkontált értékösszegével. A belső megtérülési ráta értékét a legtöbbször speciális számítógépekkel végzik. A belső megtérülési ráta értékét befolyásolja a projekt időtartama és a befektetés nagysága. A NPV számításakor diszkontrátaként használható, akárcsak a tőkepiac által meghatározott tőkeköltség, amivel ha megegyezik, akkor a projekt nettó jelenértéke nulla lesz. Érdemes törekedni arra, hogy a belső megtérülési ráta nagyobb legyen a tőkeköltségnél, hiszen ilyenkor az NPV értéke pozitív lesz, tehát a projekt pénzügyileg jövedelmezőnek várható. [Zéman-Béhm, 2019] [Husti, 2020]

A **jövedelmezőségi index** megadásakor a beruházás jövőbeli pénzáramlásainak jelenértékét vizsgálja az egységnyi befektetett pénzeszközökhöz képest. Ha a beruházás diszkontált jelenértéke nagyobbak várható az eredeti befektetésnél, akkor a projekt nettó jelenértéke pozitív lesz. A módszer előnye, hogy egyszerű, azonban nehezen értelmezhető. [Zéman-Béhm, 2019]

Bizonyos esetekben még szokták még vizsgálni azt is, hogy mekkora a projekt átlagos várható éves hozama a vállalat egészének hozamához képest. [Zéman-Béhm, 2019]

2.4.1. ROI

„A könyv szerinti hozam (return on assets, ROA; return on investment, ROI) azt mutatja meg, hogy a vállalat vagy befektetés egységnyi átlagos könyv szerinti értékére (average total assets) mekkora kamat és adók előtti eredmény (earnings before interest and tax, EBIT) jut.” [Tóth, 2021]

Egy automatizálással foglalkozó online cikk szerint Észak-Amerikában a beszerzésekkor az ROI mutató kiemelt szerepet kap, ennek okát részélezi is a vállalat eladási vezetője. Több forrás is egyet ért abban, hogy az ROI vizsgálatok első lépése az **igények felmérése**, felismerése. Tudnunk kell, melyek azok a folyamatok a vállalat

belül, ahol lehetséges és szükséges a robotok alkalmazása. Ahhoz, hogy ezeket a ki tudjuk választani, ismernünk kell a folyamatainkat, a jelenlegi technológiát. Mik azon a tényezők a jelenlegi technológiában, ami elavultnak számít, nem kellően produktív, tehát a **szűk keresztmetszeteket** jobban is érdemes megvizsgálni, hiszen ezeknek a folyamatoknak fejlesztése van a legnagyobb hatással a teljes gyár vagy gyáregység hatékonyságára. A szűk keresztmetszeten túl más szempontokat is érdemes lehet figyelembe venni olyankor, amikor keressük az automatizálni kívánt folyamatokat, bizonyos területeken ki lehet váltani a munkaerőt, aminek költségmegtakarító szerepe lehet, hiszen a robotok fenntartási és üzemelési költsége alacsonyabb, mint a munkaerőé. Vannak olyan területek, ahol az automatizálás segítségével javítható a termékek minősége és ez új projektek elnyerése vagy selejtköltségek csökkentése révén megtérülést jelenthet a jövőben. Akár a folyamatokban fennálló rendszeres problémák is megoldhatók. [Freeman,2023] [Mitsubishi Electric,2023]

Miután felmértük azokat a folyamatokat, amiket érdemes lehet automatizálni, meg kell vizsgálni, ezek a beruházások milyen hatással lesznek a projektre nézve, tehát az elvárt, fejlesztett állapotot össze kell hasonlítani a jelenlegi állapottal. Ennek az úgynevezett Benchmark-nak a segítségével meghatározható, melyik projektől mekkora siker bevárható. Ennek első lépése a jelenlegi alaphelyzet pontos leírása, majd azon mutatók meghatározása, amik alapján értékelni tudjuk a befektetési lehetőségek által elvárt változásokat. Ezt követően a korábban kiválasztott lehetőségeket a meghatározott **mutatók** szerint össze lehet hasonlítani. Ezek a mutatók vonatkozhatnak hatékonyságra, termelékenységre, előállítási költség csökkenésére, megmutatják azt az időtávot, ahol a befektetés megtérül, illetve lehet vizsgálni azt, hogy a befektetés megvalósításától a projekt végéig mekkora megtérülés mutatható ki értékben vagy a befektetés mértékéhez képest százalékban. A ROI-ban rejlő veszélyt az jelentheti, hogy a legtöbb esetben az automatizálással elvárt, akár le is szimulált folyamat is csak egy becslés, ami a valós helyzettől valamelyest eltér, némi tévedés benne van, illetve az ROI nem tudja figyelembe venni a **gazdaságban fellépő változásokat**, amik a projekt megtérülési időszakában beállhatnak. [Freeman,2023] [Mitsubishi Electric,2023]

Az American Robotic Industries Association weboldalán található egy ROI számító kalkulátor is, ahol a szükséges adatok megadásával a rendszer kiszámítja a megtérülési időt, és a projekt által elért megtakarításokat. A kalkuláció során szükséges a befektetési költség és a robotok számának megadása. Meg kell adni továbbá, hogy a robotokat éves szinten milyen gyakorisággal tervezzük használni és mennyi operátort vált ki az

automatizált folyamat és egy kiváltott operátor mekkora éves költséget jelent a munkáltató számára az adókat is figyelembe véve. Az automatizált folyamatokat is szükséges kontrollálni, tehát meg kell adni, hogy a kontrollt végző operátor feladatainak mekkora hányadát teszi ki a felügyelet. Megadható, hogy mekkora **produktivitás növekedést** várunk el, illetve további költségmegtakarítások is figyelembe vehetők, mint a selejtköltség csökkenés. A kalkulátor számol éves állandó és 5-10 éves időszakos karbantartási költségekkel, illetve az energiaárakat és munkaerőt tekintve is 2%-os inflációval. [American Robotic Industries Association, n.a.]

2.4.2. Munkaerőköltségek és a robotok állandó költségeinek összehasonlítása

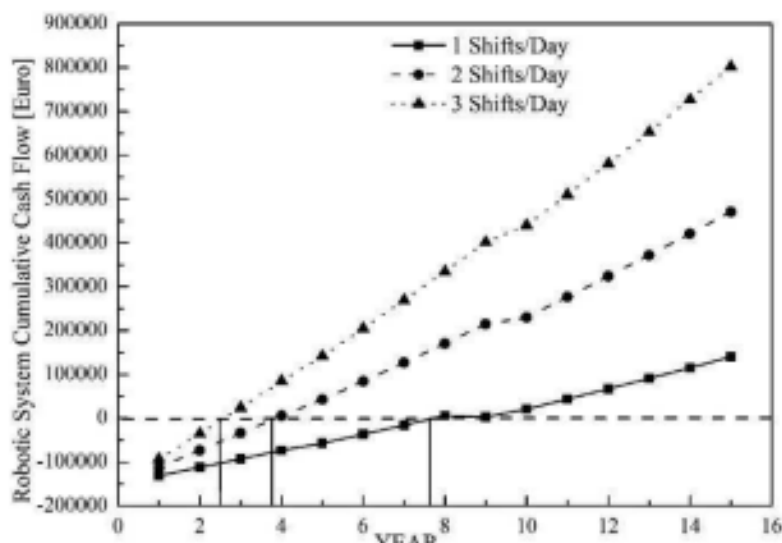
A korábbiakban tárgyaltak szerint a robotizálást mindig valamilyen tőkebefektetés előzi meg, amitől azt várjuk, hogy a projekt életciklusa alatt megtérül. Ennek a tőkének a befektetése egy részét általában magába a robotba kell fektetni, meg kell vásárolni, másik részét pedig az automatizáció megvalósítására kell fordítani, meg kell tervezni, elő kell készíteni a folyamatot és a robot környezetét. Megfelelő **áramellátást** kell biztosítani, az automata üzemet megfelelően biztonságossá kell tenni, elkülönített robotcellákat, speciális szerszámokat kell készíteni. Ahhoz, hogy ez hosszú távon megtérüljön a robot működtetési költségeinek alacsonyabbnak kell lennie az emberi munkaerő költségeinél, ennek meghatározásához meg kell vizsgálni a robotok, vagy automatizált cellák működés során felmerülő költségeit. A robotok működtetéséhez a hajtó motorok számára áramellátást kell biztosítani, továbbá szükséges időnként **karbantartást** és kalibrálást végezni, illetve előfordulhatnak olyan események, amiket követően a robotot javítani kell. Ezen költségek közül vannak olyanok, amiket pontosan meg lehet határozni, mint az áramköltségek és a megelőző időszakos karbantartások költségei. Abban az esetben, ha egy kisebb vállalkozás nem rendelkezik saját erőforrással és tudásbázissal a robotok üzemeltetése terén, akkor van lehetőségük akár a gyártóval lehet karbantartási szerződést kötni, vagy erre szakosodott vállalkozásokkal elvégeztetni a robotok telepítését és karbantartásával, javításával kapcsolatos munkákat. [Mitsubishi Electric,2023]

Ulewicz és Mazur (2019) a Czestochowa Egyetem kutatói elvégezték egy kutatást egy félpótkocsikat gyártó vállalatnál, ahol az emberi munkaerő költségét hasonlították össze a robotizált folyamatokkal, illetve vizsgálták a megtérülést 1, 2 és 3 műszakos munkarend esetén. Az elemzés során megemlítik, hogy a robotok munkaóra költsége folyamatos csökkenést mutat, ennek oka a technológia rohamos fejlődése és ezzel párhuzamosan a munkaerő költsége az **infláció** révén folyamatosan növekszik. Ráadásul a robotok könyvi

értéke évről évre csökken, így az amortizációs költség is folyamatosan csökken az évek során. Megemlítik a példa során, hogy a megtérülést több tényező is befolyásolja, többek között a folyamat összetettsége, a robotizáció alkalmazhatósága, a végrehajtási idő és az alkalmazott eszközök. [Ulewicz-Mazur, 2019]

3. ábra: A robotizálás bevezetésének összesített pénzáram diagramja, termelő műszakok függvényében.

(Forrás: Ulewicz-Mazur, 2019)

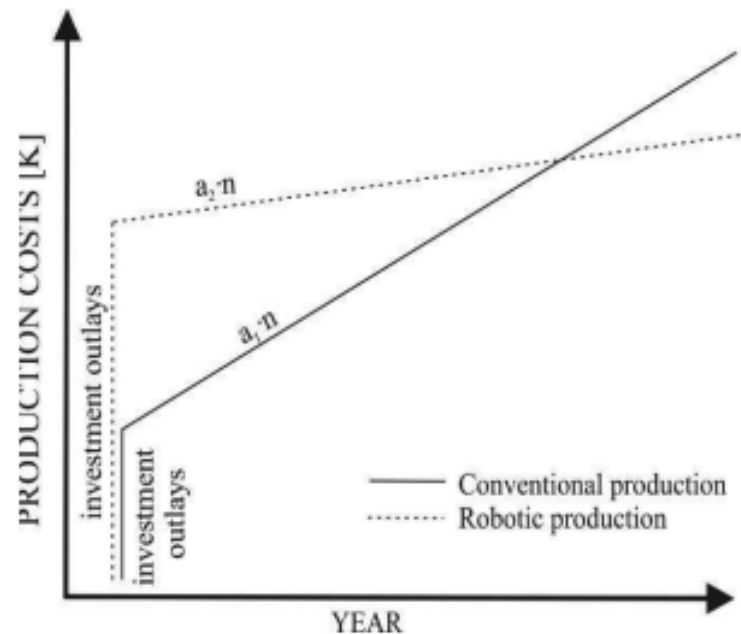


(Megjegyzés: robotic system cumulative cash flow – a robotrendszer összesített pénzforgalma, shift/day – mászak/nap, year – év.)

A lengyel egyetem kutatói is ezt a kalkulátort használva végezték el a számításaikat, melynek eredménye a 4. ábrán látható. A diagramon látható, hogy a befektetés jelentősen hamarabb megtérül, ha 3 műszakos munkarendben váltjuk ki az emberi munkaerőt robotok használatával, illetve a 15 éves időhorizonton is jelentős a különbség a kumulatív Cash Flow, azaz **összesített pénzáram** tekintetében. Az elemzés során 150,000 € összegű befektetési költséggel kalkuláltak, az operátorok éves béremelése pedig 5%, míg a robotok használatának következtében fellépő kapacitásnövekedés 35%. Az elemzés rámutat, hogy sokat számíthat a befektetés sikeressége szempontjából, hogy a megfelelő helyen végezzük el az automatizálást, minél több ember feladatát lássa el a robot, lehetőleg folyamatos üzem mellett. [Ulewicz-Mazur, 2019]

4. ábra: Az automatizálásra fordított befektetés megtérülése.

(Forrás: Ulewicz-Mazur, 2019)



(Megjegyzés: production costs – gyártási költségek, investment outlays – beruházási kiadások, conventional production – hagyományos termelés, robotic production – robotizált termelés, year – év.)

2.4.3. NPV mutató

A nettó jelenértékmutató (Net Present Value – NPV) az egyik legelterjedtebb dinamikus gazdaságossági mutató, elterjedtségének egyik oka a viszonylagos egyszerűsége. A mutató számítása során mind a bevételek, mind a kiadások **diszkontált értékösszegét** vesszük figyelembe, és ezek különbségé lesz a nettó jelenérték. A mutató előnye, hogy figyelembe veszi pénz időértékét is, hiszen a pénz inflálódása mellett azt is figyelembe kell venni, hogy a felhasznált tőke más forrásban való befektetése esetén valamekkora **hozamot** ért volna el. Tehát a vizsgált befektetésünk terén a cél, hogy nagyobb nyereséget érjünk el mint a tőkepiacon realizálható hozam, a NPV mutató ennek a kimutatásában segít, hiszen figyelembe veszi, hogy a kezdeti beruházás, a kisebb-nagyobb ráfordítások és a kapott hozamok **nem egy időpillanatban** érkeznek, így értékük eltérő lesz. Abban az esetben, ha a nettó jelenérték nagyobb, mint 0, akkor a projekt pénzügyileg jövedelmező, tehát érdemes lesz megvalósítani az adott projektet. Negatív érték esetén a projekt veszteséget fog termelni. Egy projektterv annál jobb, minél nagyobb nettó jelenértéket lehet rajta kimutatni. [Budai 2017] [Husti 2020]

2.4.4. Költség-haszon elemzés (CBA/BCR)

A költség-haszon elemzés is a nettó jelenérték mutatóhoz hasonlóan dinamikus beruházás-gazdaságossági elemzés, hiszen a különböző kiadások és bevételek esetében a diszkontált értékösszegeit veszi figyelembe. Az elemzést a beruházás megkezdése előtt kell elvégezni, akár a megvalósíthatósági tanulmány részeként. Az elemzés annál pontosabb és alaposabb eredményt ad, minél több tényezőt vesznek figyelembe, ám ez növeli a bonyolultság mértékét. „Az összehasonlításban először a közvetlen hasznokat és a közvetlen kiadásokat vetjük össze, azonban az időtáv szélesítésekor már a pozitív externáliákat és egyéb közvetett hasznokat is összevetjük a negatív externáliákkal és egyéb közvetett költségekkel is” Az elemzés során nem csak a tisztán anyagi értékeket veszik figyelembe, hanem további tényezőket is figyelembe vesznek, mint a kockázati tényezők valószínűsége és hatása, az immateriális javak számszerűsített értéke és különböző érzékenységi elemzések vizsgálata. [Budai 2017]

A CBA - Cost Benefit Analysis, azaz költség haszon elemzés módszerhez hasonló mutatóval az egyetemi tanulmányaim során is találkoztam BCR – Benefit Cost Ratio, azaz hozam-költség arány mutató néven, ami ugyancsak a bevételek és kiadások diszkontált értékösszegeivel számol, és ezek egymáshoz viszonyított arányát vizsgálja. A projekt ennek a mutatónak az esetében akkor várható sikeresnek, ha 1-nél nagyobb értéket mutat ki, 1-nél alacsonyabb BCR érték esetén a beruházás veszteséges. [Budai 2017] [Husti 2020]

2.4.5. Pénzáramlás - Cash Flow

A Cash Flow kimutatások során a pénzeszközök változását lehet bemutatni. Figyelembe veszi a beáramló és kiáramló pénzeszközök mennyiségét, és összesíti azokat. Az eredménykimutatáshoz képest különbséget mutat, ugyanis míg az eredménykimutatások pénzmozgástól függetlenül tartalmazzák az árbevételeket és ráfordításokat, a cash flow a vállalkozásba ténylegesen be és kiáramló pénzt mutatja meg. Ennek vizsgálata a likviditás miatt is fontos, mert egy nyereséges vállalat esetében is bekövetkezhet fizetéseképtelenség, ha nem áll rendelkezésre a szükséges pénzállomány. [Tóth, 2021] [Zéman-Béhm, 2017] [Székács, 2015]

„Más megfogalmazás szerint a cash flow egy vállalkozás rendelkezésre álló eszközeinek nettó növekedése adott időszak alatt.” [Zéman-Béhm, 2019]

A legtöbb forrás alapján a Cash Flow kimutatásokat három fő részre lehet tagolni, ezek a következők:

- működési cash flow
- befektetési cash flow
- pénzügyi cash flow

A működési cash flow tartalmazza az általános, szokásos alaptevékenységekhez tartozó pénzáramlást, mint az eladott áruk vagy szolgáltatások bevételei, a bérköltségek, az alapananyagköltségek, adók, osztalékok... stb. Az itt megjelenő pénzeszközök azok, amelyek biztosítják a vállalat alapvető működését és beruházásait. [Tóth, 2021] [Zéman-Béhm, 2017] [Székács, 2015]

A befektetési cash flow-ba a befektetésekkel kapcsolatos pénzmozgások tartoznak, mint az eszközök beszerzése, eladása, illetve a befektetett eszközök után kapott osztalék vagy részesedés. [Tóth, 2021] [Zéman-Béhm, 2017] [Székács, 2015]

A pénzügyi cash flow a pénzügyi műveleteket mutatja be, tiszta pénzműveletek tartoznak ebbe a kategóriába, mint a részvényekkel, hitelekkel, kölcsönökkel kapcsolatos pénzmozgások. [Tóth, 2021] [Zéman-Béhm, 2017] [Székács, 2015]

2.4.6. Érzékenységvizsgálatok

A különböző vizsgálatok, amik a projekt sikerességét előzetesen próbálják kiszámítani, gyakran tapasztalatokon alapuló felvetésekre, predesztinációkra épülnek, és még ha pontosnak várt számadatokkal is dolgoznak, meg van az esélye, hogy a projekt előrehaladása során a tényleges bevételek és költségek eltérnek az előre várt értékektől. Az érzékenységvizsgálatok célja, hogy megmutassák, a vizsgálat során használt feltételezések megváltozása milyen hatással van a projekt sikerességére. Ezáltal a projekt kockázatoságának mértéke is meghatározható, segíti a döntési folyamatot. A vizsgálat során lehet elemezni a beruházási költség változását, az üzemelési költség változását, a bevétel ingadozását és az esetleges kapacitás-kihasználás változását is. A vizsgált tényezők átállás értékét is érdemes megvizsgálni. Az átállás érték az a százalékos növekedése vagy csökkenése a tényezőnek, ahol az eredeti értékkel meghatározott NPV érték pozitívból negatívba vált át. Tehát ha magas az adott tényező átállás értéke, akkor nagy mértékű változás kell benne, hogy változtasson a projekt sikerességén, azonban, ha az érték alacsony, akkor a tényező változása nagyobb kockázattal jár. [Husti, 2020] [Deutsch 2023]

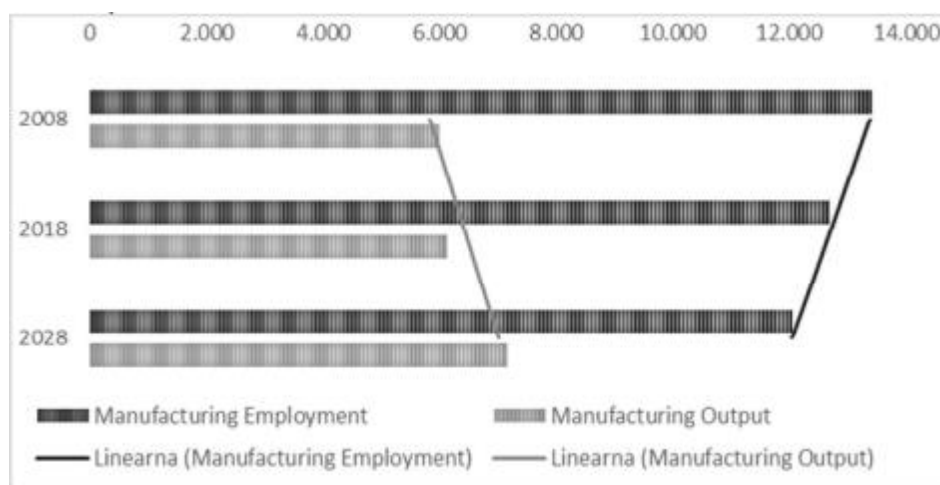
2.5. A robotok társadalmi kérdései

A robotok társadalmi megítélése olykor azért negatív, mert úgy gondolják, hogy a robotok és a mesterséges intelligencia elveszi az emberek munkáját. Ennek a témának a szociológiai hátterével foglalkozik Katarina Rojko is a fenntartható ipari robotizáció című

publikációjában. Az ipar 4.0-nak az elérése is még sok Közép-Európai, köztük Magyar vállalatnak folyamatban van, nincs teljesen megvalósulva, de itt már előrevetíti az 5.0-t is. A szerző az ipari fejlődés 5. szintjén újra az ember szerepét kell növelni az ipari szektorban, hiszen a 4.0 leginkább az automatizálhatóságról, a robotizációról és a mesterséges intelligenciáról szól, és az ezek alapjául szolgáló „IoT” és „CPS”. [Rojko, 2020]

5. ábra: Az automatizálás hatása a foglalkoztatottak létszámára illetve a kibocsátásra az USA-ban.

(Forrás: Rojko, 2020)



(Megjegyzés: manufacturing employment – gyártási foglalkoztatás, manufacturing output – gyártási kibocsátás, linearna - lineáris.)

A szerző szerint ennek a 4. ipari forradalomnak jelenleg a felénél járunk, és jelentősen eltérőnek véli az első háromtól, ahol a mechanika, az elektronika és az informatika fejlődött. A jelenlegi forradalom középpontjában az automatizálás révén a minél **hatékonyabb gyártás** van, a cél, hogy a ráfordítások csökkentésével növeljük meg a termelőkapacitásokat, illetve a gyártás **flexibilitását**. Az Ipar 4.0 két fő irányvonala az okos gyár és az okos termékek. Az elemzés kitér mind az okos gyárak működésére, mind az Ipar 4.0 kapcsán megjelent legfontosabb eszközökre. Ezek az eszközök, és az okos gyárak jellemzői az elemzésben teljes mértékben egyezésben állnak a Termelésmenedzsment tárgyban tanultakkal. Utóbbi tantárgyhoz tartozó oktatási segédletben is megtalálható, hogy „az ipar 4.0 célkitűzése, hogy rugalmasabbá, hatékonyabbá és ügyfélközpontúvá tegye a gyártási folyamatokat”. Az ehhez használt eszközök közé tartozik a teljesség igénye nélkül a tömeges testreszabhatóság, az ismételhetség, a dolgok internete, azaz egy olyan csatorna a gyáron belül, ahol a gépek

képesek kommunikálni egymással, illetve a **mesterséges intelligencia**. [Rojko, 2020] [Husti, 2023]

Az 5. ábrán is jól látható, hogy az automatizálás és az ipar 4.0 elterjedésével az emberi munkaerő csökkentése mellett jelentős termelési volumen növekedés figyelhető meg az USA iparában.

A robotok és a mesterséges intelligencia már napjainkban is jelen vannak, sok olyan munkára használjuk őket, amik nagyon rutinszerűek és kiszámíthatók, és a technológia fejlődésével egyre több tevékenység fog automatizálhatóvá válni, ezért az emberi munkaerőnek folyamatos fejlődésre és alkalmazkodásra van szüksége, hogy felvegyék a versenyt a változással. Ebben a témában a következő mondattal értek egyet, melyet az Enterprise Group honlapjáról idézek: „A robotok ugyanis nem elveszik az emberek munkáját, hanem **sok új állást és feladatot teremtenek** meg a monoton és könnyen automatizálható műveletek végzése helyett.” Ugyanis bár az olyan feladatokat esetében, amik minimális szakképzést és tudást igényelnek a robot felváltják az emberi munkaerőt, akik terhelhetősége felső korlátos. Megjelennek új munkakörök, amik betöltéséhez speciális tudás és **szakképzés** lehet szükséges. A robotok üzemben tartásához, programozásához, fejlesztéséhez, karbantartásához is szüksége van a cégeknek ezzel foglalkozó szakemberekre. Rojko (2020 elemzésében is a végső konklúzió az, hogy a robotokkal működtetett automata gyártósorokat használó gyárakban sem csökken szignifikánsan a humán munkaerő száma, csak átalakul a munka jellege, más típusú alkalmazottakra van szükség. Ám a szerző úgy gondolja ez a folyamat akkor tartható fent gazdaságilag és társadalmilag, ha tudatosan kezelve van a humán munkaerő és a robotok által végzett munka összehangolása, ami az 5. ipari forradalom „témája” lehet. [Rojko, 2020][Enterprise Group,2019]

A robotok fejlődéséről készült már korábban említett cikkben (IJETA) is hasonlóan fogalmaznak arról, hogy a robotok nem elveszik az emberek munkáját, hanem új munkákat teremtenek. Az embereknek a monoton, ismétlődő feladatok helyett kihívást jelentő feladatokat adnak, főleg a programozás tekintetében. A szerzők felsorolnak több előnyt is a robotok mellett. Az egyik fő előny a **produktivitásban** rejlik, a robotok embereknél magasabb produktivitásának több oka is van. A robotok pontosabban és magasabb minőségben képesek elvégezni a feladatokat, nem vétnek hibákat, és precízebben dolgoznak az embereknél, illetve az ismétlőképességük is bőven meghaladja az emberét, ezáltal kevesebb hibás termék is készül. A robotok továbbá képesek szünet nélkül dolgozni akár egész hétvégén és ünnepnapokon is. Tehát a robotok jobb minőségben, kevesebb idő

alatt, hosszabb ideig képesek a termékek előállítására. A szerzők szerint egy másik nagy előnye a robotok alkalmazásának, hogy növelik a munkabiztonságot azáltal, hogy olyan feladatokat is könnyedén el tudnak végezni, amik az emberek számára fokozott baleseti, vagy egészségügyi kockázattal járhatnak, ilyenek lehetnek a veszélye körülmények, mint a nehéz súlyok mozgatása, a rossz látási viszonyok vagy a mérgező kémiai anyagok kezelése. A szerzők által említett harmadik nagy előnye a robotoknak következik az első előnyből a megnövekedett produktivitásból is, hiszen ennek illetve a kevesebb hibás terméknek az okán csökkennek az előállított termék költségei is, ezáltal a vállalat pénzügyi megtakarításai is nőhetnek. A cikk a megtakarításoknál megemlíti az ROI – Return of Investment fogalmát, ami a robot bevezetési költségeinek megtérülési idejét jelenti, ezt a robotizáció gazdasági megalapozottságának vizsgálata során már részletesen ki lett fejtve. A robotok hosszú üzemideje és rövid megtérülési ideje esetén, jelentős **pénzügyi előnyökre** lehet szert tenni. [Balkeshwar-Sellappan-Kumaradhas, 2013] [Enterprise Group,2019]

2.6. Szakirodalom összefoglalása

A szakirodalmi áttekintés fontosabb tanulságai a következők voltak:

- A robotok fejlődése az utóbbi időben felgyorsult, egyre több feladat ellátására képesek, ennek hatására egyre inkább elterjedt a használatuk is.
- A robotok bevezetésének vizsgálatára több mutatószám is rendelkezésre áll, amelyek segítik a vállalatok vezetőit az automatizálás bevezetésének hatásfelmérésében.
- A robotok megítélése nagyon változó, vannak, akik ellenzik és vannak, akik támogatják, de a jövőt tekintve a robotok és emberek együttműködésének optimalizálása várható.

3. Anyag és módszer

3.1. A vállalat bemutatása

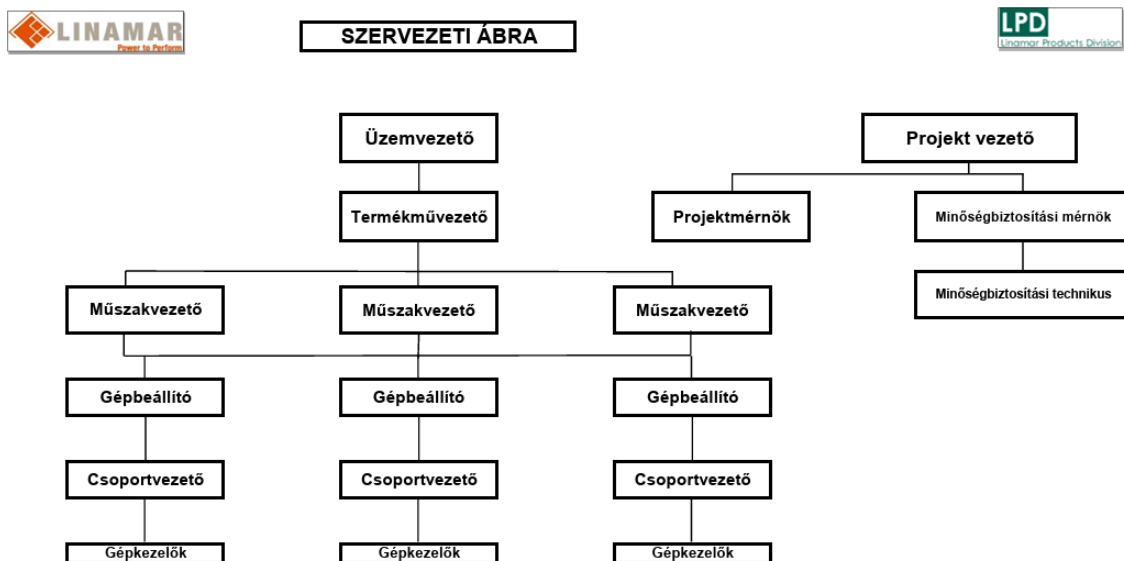
A Linamar Hungary Zrt. a kanadai székhelyű Linamar Corporation része, amely világszerte 19 országban 70 gyáregység üzemel, ebből Magyarországon 5 található. A Linamart 1964-ben alapította **Frank Hazenfratz** Kanadában, aki 56-ban emigrált Magyarországról. A vállalat a 90-es években lépett globális terjeszkedés útjára, erre az időszakra tehető, hogy 1992-ben megvásárolta többek közt az orosházi Mezőgépet, a mai **Linamar Hungary Zrt.** jogelődjét. A Linamar egy elég diverz nagyvállalat, több iparágban is jelen van. Legjelentősebb az **autóipar**, ami a termékpaletta 70%-át teszi ki, itt megtalálhatóak mind személy, mind tehergépjárművek alkatrészei, illetve a kor kihívásainak megfelelően ma már a legnagyobb hangsúlyt az elektromos járművek ipara kapja. Ennek jegyében a vállalatnak van fejlesztő részlege az energiatárolókkal kapcsolatosan. A diverzifikáció jegyében a vállalat részt vesz a mezőgazdasági iparban az egészségügyi iparban is többek közt. A gyártás több területe is megtalálható egészen az öntészettől a kovácsoláson és forgácsoláson át a szerelésig. Manapság Orosházán, illetve Békéscsabán is 2-2 gyáregység található, ezek mellett Gyöngyösön van egy kovácsolással foglalkozó üzeme a vállalatnak. Békéscsabán található az egyik legújabb gyáregység az LTH, amit 2019-ben alapítottak, ennek a gyáregységben **elektromos** autókba épülő **hajtóművek**, és azok komponenseinek előállítására folyik. A másik békéscsabai telephely a PPM, ahol precíziós megmunkálás és összeszerelés zajlik. A termékpaletta rendkívül sokszínű, többek között gyártanak alkatrészeket gépjárművekbe, erőgépekbe és teherfelvonókhoz. Az egyik orosházi telephely, az OROS, fő profilja a saját gyártású mezőgazdasági adapterek gyártása, ami kiegészül más termékek bérnyújtásával is, mint a John Deere és a Skyjack. A másik orosházi telephely az LPD, azaz Linamar Products Division, ahol jelenleg is dolgozom. Az LPD-ben **autóipari alkatrészek** gyártása és összeszerelése folyik. Többek közt sebességváltóba épülő alkatrészek, benzinadagoló pumpaházak, előszerelt turbófeltöltők és szerelt differenciálművek. [Linamar Hungary Zrt., n.a.] [Linamar Corporate, n.a.]

Az vállalat működésének elemzéséhez és megértéséhez úgy gondolom érdemes bemutatni a vállalat operatív felépítését, illetve a hozzá tartozó társosztályokat illetve felelősöket.

Az operatív munkát a vállalatnál a **gépkezelők** végzik. Ezen operatív feladatok lehetnek a gépek anyaggal való ellátása, a felkészés vagy kész termékek gyártósori ellenőrzése, autonóm karbantartások elvégzése illetve az egyszerűbb szerszámcsere feladatok ellátása. Az automatizálás során leginkább ezen gépkezelői feladatok azok, amik robotokkal kiváltásra kerülhetnek. Az operátorok műszakba be illetve kiléptetését és egyéb adminisztrációs feladatokat a vállalati hierarchiában felettük álló **csoportvezetők** végzik el, egy csoportvezetőhöz általában több gyártósor is tartozik. A csoportvezetők felett a **műszakvezetők** helyezkednek el a hierarchiában, akik gyártási lejelentésekért, beosztások tervezéséért, termelési jelentések készítéséért és a gyártás ütemezéséért felelősek. A vállalatnál a 3 műszakos munkarend a megszokott, így a három műszakvezető felettese a **termékművezető**. A vállalatnál több műszakvezető dolgozik, akikhez több gyártósor és projekt tartozik. Ezen operatív részleg vezetője a **termelési igazgató**.

6. ábra: Minta egy gyártósor szervezeti felépítésére a vállalatnál.

(Forrás: Saját szerkesztés)



Az operatív tevékenységekhez szorosan kapcsolódik a műszaki és minőségbiztosítási osztály, ahol a technológiáért felelős **projekt mérnökök** és a minőségért felelős **minőségbiztosítási mérnökök** dolgoznak. A mérnökök munkáját esetenként **technikusok** is segíthetik. Az osztály több projektből épül fel, egy-egy projektre az jellemző, hogy a benne összefogott gyártósorok hasonló alkatrészeket gyártanak sok esetben megegyező vevő számára. A projekteket a **projektvezetők** irányítják, akik a mérnökök közvetlen felettesei. A műszaki osztályon találhatóak még sortól vagy projekttől független mérnökök is, mind technológiai, mind minőségbiztosítási oldalról, akik már tapasztaltabb kollégák és

valamilyen speciális feladatot látnak el. A mérnökök közvetlen felettesei a **műszaki igazgató** vagy a **minőségbiztosítási igazgató**.

Az operatív feladatokkal még szorosan összefügg a karbantartási csoport, ahol dolgoznak többek közt műszerészek, elektronikai szakemberek, mechatronikai szakemberek és karbantartó mérnökök. Felettesük a karbantartás vezető.

További társosztályok a gazdasági, kereskedelmi, humánpolitikai osztály, a gyáron belüli és kívüli logisztikai feladatokért a kereskedelmi osztályfelelős.

Az osztályok vezetői az Operation Manager számára tartoznak elszámolással, aki egyfajta gyárigazgatói feladatkört lát el akinek a felettese a magyarországi összes divízióért felelős General Manager.

A projektcsoportokhoz hasonlóan alakult meg a 2023-as év során egy automatizálási projektcsoport is, akik az automatizálási feladatok lebonyolításáért, segítségével vagy akár tervezéséért felelősek. A diplomadolgozat témájához az ő munkájuk illeszkedik a leginkább, a műszaki megalapozottságért leginkább az automatizálási mérnökök a felelősek, akik rendelkeznek a megfelelő mechanikai mechatronikai ismeretekkel, a kivitelezést sok esetben ők végzik el. Az automatizálási projektcsoport vezetőjének a feladata, hogy a lehetséges projektváltozatokhoz tartozó gazdasági elemzést elvégezze, aminek segítségével a felsővezetés döntés tud hozni arról, hogy melyik beruházás legyen elvégezve.

3.2. A ROI kimutatására alkalmazott módszerek

A lengyel egyetemen végzett elemzés során a **megettérülés** vizsgálatára bemutatnak több képletet is a szerzők:

$$OZ = \frac{\Delta I}{\Delta K} = \frac{I_a - I_k}{\Delta K} \quad (1)$$

ahol,

- ΔI : a befektetési költségek különbsége, azaz az automatizált gyártás I_a és hagyományos gyártás I_k elindításához szükséges költségek különbsége,
- ΔK : pedig az éves költségmegtakarítás. [Ulewicz-Mazur, 2019]

Minél rövidebb lesz a megettérülési ideje a befektetésnek, a projekt annál nagyobb jövedelmezőséggel kecsegtet. Az első egyenlet abban az esetben vizsgálja a befektetés megettérülését, ha a gyártósor kiépítésének kezdetén akarunk arról dönteni, hogy milyen módon legyen a gyártósor felépítve. Ehhez képest valamivel összetettebb a második képlet, ahol a képlet segítségével azt lehet vizsgálni, hogy **már üzemelő gyártósor esetén** kerülne

bevezetésre az automatizálási befektetés, azaz már a gyártásban dolgozó munkaerő kerülne kiváltásra. [Ulewicz-Mazur, 2019]

$$OZ = \frac{I_n}{I_z(I_p - I_o)k_p + (r + p)I_n} \quad (2)$$

ahol,

- I_n : a befektetés értéke,
- I_z : a napi műszakszám,
- I_p : a dolgozók száma, akiket egy műszakban kivált a robot,
- I_o : az automatizált munkaállomás felügyeletével megbízott dolgozók száma,
- k_p : egy alkalmazott éves költsége,
- r : az amortizációs diszkontérték,
- p : pedig amortizáció éves költsége. [Ulewicz-Mazur, 2019]

A első egyenlethez hasonló képlettel az egyetemi tanulmányaim során is találkoztam:

$$M = \frac{B_k}{N_y} \text{ (év)} \quad (3)$$

ahol,

- M : a **megtérülési idő**,
- B_k : a befektetés költsége,
- N_y : az éves nyereség. [Husti, 2020]

Pénzügyi források tekintetében is nagyon hasonló képlet található meg [Zéman-Béhm, 2019]:

$$\text{Megtérülési idő} = \frac{\text{Beruházás összege}}{\text{Évi átlagos adózott nyereség}} = \text{év} \quad (4)$$

Hasonló képletet tanultunk a befektetés **jövedelmezőségére**:

$$J = \frac{\sum N_y}{\sum B_k} \quad (5)$$

ahol,

- J : a projekt jövedelmezősége. [Husti, 2020]

Ám az első 4 képlet mindegyike statikus kalkulációs módszer, a valóság ettől eltérő lehet, mert az eltelt idő során változhat a pénz értéke a tőkepiacon ezen idő alatt elérhető hozamok miatt, illetve az infláció hatására a dolgozók bérezésében illetve a robotok fenntartási költségében is felléphetnek változások, amik befolyásolják a nyereséget.

Továbbá a befektetés értéke is az idő előre haladtával változik, ezért érdemes a befektetés **nettó jelenértékét** (NPV) is vizsgálni, ami már egy dinamikus beruházás-gazdaságossági mutató, aminek segítségével az éves nettó nyereség kumulált diszkont értéke adható meg, tehát figyelembe veszi a pénz értékének időbeli változását. Ennek a mutatónak a segítségével pontosabban kimutatható a beruházás jövedelmezősége.

Az egyetemi tanulmányaim során több dinamikus mutatóval is találkoztam, melyek a beruházás gazdaságosságát vizsgálják.

Nettó jelenérték mutató:

$$NPV = PV(R) - PV(C) - PV(R) \quad (6)$$

Dinamikus megtérülési mutató:

$$J = \sum_{n=1}^s B_n * (1 + k)^n \quad (7)$$

Belső megtérülési ráta(k):

$$\sum_{n=1}^t \frac{1}{(1 + k)^n} * (R - (C + I)) = 0 \quad (8)$$

Hozam-költség arány mutatók:

$$BCR_1 = \frac{PV(R)}{PV(C) + PV(I)} \quad (9)$$

$$BCR_2 = \frac{PV(R) - PV(C)}{PV(I)} \quad (10)$$

ahol,

- PV(R): a bevételek diszkontált értékösszege,
- PV(C): a költségek diszkontált értékösszege,
- PV(I): a beruházási költségek diszkontált értékösszege,
- B_n : pedig a beruházás jelenértéke. [Husti, 2020]

Az iskolai tanulmányokhoz hasonló képletek találhatóak pénzügyi témákkal foglalkozó kiadványokban is. Megtérülési ráta tekintetében külön képletet alkalmaznak egyszeri bevételű projektek és hosszú élettartamú beruházások esetén. [Zéman-Béhm, 2019]

$$NPV = C_0 + \frac{C_1}{1 + Diszkontrára} = 0 \rightarrow Diszkontrára = \frac{C_1}{-C_0} - 1 \quad (11)$$

$$NPV = C_0 + \frac{C_1}{1 + IRR} + \frac{C_2}{(1 + IRR)^2} + \dots + \frac{C_t}{(1 + IRR)^t} = 0 \quad (12)$$

A lengyel kutatók által végzett vizsgálat során is vizsgálták az NPV mutatókat, a megtérülési időhöz hasonlóan két képletet használtak, első esetben (9. egyenlet) azt lehet vizsgálni, amikor még a gyártást megelőzően kell kiválasztani a befektetés jellegét, második esetben pedig amikor már futó projekt esetében történik meg az automatizálási projekt. [Ulewicz-Mazur, 2019]

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1 + r)^n} \quad (13)$$

ahol,

- CF_t: a t időintervallum alatt fellépő Cash Flow,
- r: diszkontérték. [Ulewicz-Mazur, 2019]

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{P_t}{(1 + r)^n} - \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1 + r)^n} \quad (14)$$

ahol,

- P_t: a vizsgált időszakban fellépő megtérülés,
- I_t: a vizsgált időszakban fellépő kiadások. [Ulewicz-Mazur, 2019]

Az ROI mutató számítására pénzügyi témákkal foglalkozó források is mutatókat adnak meg, ahol az eszközbe fektetett **saját források** alapján vizsgálják a befektetés megtérülését. A tőke jövedelmezősége szempontjából az alábbi mutató írható fel a befektetés jövedelmezőségére [Zéman-Béhm, 2017]

$$\begin{aligned} & \frac{\text{Árbevétel}}{\text{Összes eszköz}} * \frac{\text{Összes eszköz}}{\text{Saját forrás}} * \frac{\text{Adózott nyereség}}{\text{Árbevétel}} \\ & = \frac{\text{Adózott nyereség}}{\text{Saját forrás}} \end{aligned} \quad (15)$$

Ugyanezen szerzők egy másik ugyancsak pénzügyi témákkal foglalkozó munkája során az eszköz értéke alapján vizsgálják a befektetés megtérülését, az előző mutatóhoz képest a saját forrás és az összes eszköz értéke megegyezik, így az egyenlet bal oldali második szorzatának értéke 1, tehát nem kell figyelembe venni. [Zéman-Béhm, 2019]

$$\frac{\text{Árbevétel}}{\text{Összes eszköz}} * \frac{\text{Adózott nyereség}}{\text{Árbevétel}} = \frac{\text{Adózott nyereség}}{\text{Összes eszköz}} \quad (16)$$

A szerzők az ROI mellett az NPV mutató számításával foglalkoznak. A mutató kiszámítására ugyan azt a képletet alkalmazzák, amivel a tanulmányaim során találkoztam

(6. egyenlet), azonban a mutató évekre való lebontását is bemutatják a következő módon [Zéman-Béhm, 2019] :

A nettó jelenérték egy évre:

$$NPV = C_0 \frac{C_1}{1 + r} \quad (17)$$

A nettó jelenérték több éven keresztül:

$$NPV_t = PV_t + C_0 = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1 + r_t)^t} + C_0 \quad (18)$$

ahol,

- PV_t : a jelenérték „t” időszak alatt,
- NPV_t : a nettó jelenérték „t” időszak alatt,
- C_0 : a befektetés (pénzösszeg) jelenértéke,
- C_t : a befektetés várható értéke „t” időt követően,
- r_t : a diszkontált kamatláb „t” időt tekintve,
- n : az évek száma. [Zéman-Béhm, 2017]

4. A jelenleg használt rendszer bemutatása és elemzése

A jelenlegi rendszerben az elemzéseket egy excel tábla segítségével végzik el, az összefüggések leírásához a képletekben saját megjelöléseket fogok alkalmazni.

4.1. Kiválasztás

Ahogy azt az előző fejezetben említettem a műszaki osztály projektekből épül fel, amik megfeleltethetők a képzés során tanult projekteknek. A koncepció kidolgozása az árajánlatadás során alakul ki, ahol a termék vagy termékcsoport gyártására tapasztalatok alapján készül egy elnagyolt kidolgozás, mely alapján az ártárgyalások elkezdődnek. Az elnyert projekt esetén kialakításra kerül a **projektcsapat**, amelynek felépítése korábban meg lett adva. A projektcsapat a tervezés-szervezés során kidolgozza a termék gyártásához szükséges technológiát, árajánlatokat kér a szükséges eszközökre, illetve elkészíti a szükséges dokumentációkat. Ahogy a legtöbb általános projekt esetében, nálunk is több projektváltozat ütköztetése történik meg, amik az adott projekt körülményeinek megfelelően kerülnek ütköztetésre. Végül a kidolgozott projekttervet a felső vezetés számára kell bemutatni, akik engedélyével kezdődhet meg a beruházás és a **megvalósítási fázis**. A megvalósítási fázis esetünkben időben a leghosszabb, ami a szerződéstől függően változhat, lehet 5-10 év, de akár még hosszabb időtartam is, több esetben is előfordult már egy adott projekt meghosszabbítása. A hosszú projektvégrehajtási fázis során folyamatosan ismétlődik a **PDCA ciklus**, havi szinten történnek úgynevezett „vevő központú megbeszélések”, ahol a projektvezetők által irányított projektek előző hónapban elért eredményeit vizsgálják, és javítóintézkedéseket hoznak. A megbeszélés során vizsgált tényezőknek vannak előre támasztott határértékei, így a terv-tény ütköztetések is megtörténnek.

Az automatizálási feladatok megjelenhetnek az új projektek indítása során is, azonban nem indul folyamatosan új projekt, ezért ezek csak időszakosan jelentkező feladatok. A legtöbb automatizálási projekt a már futó gyártási projektek esetében van, hiszen azok időtartama a leghosszabb, illetve azok, amik a leginkább jellemzőek a vállalat mindennapi működésére, ezért a következőkben is erre fogom a fő hangsúlyt fejezni.

Több szakirodalom is a kiválasztást említette meg, mint az automatizálás első lépése, hogy pontosan mely feladatok legyenek automatizálva. Az esetünkben is nagyon fontos a kiválasztás, hogy mely feladatok esetében történjen meg egyáltalán az automatizálás lehetőségének felmérése, és a megtérülés számítása, hiszen egy műszakban **150-200**

gépkezelő dolgozik. A projektvezetők azok, akik a saját projektjüket menedzseri szinten látják, átlátják a műszaki problémákat, tisztában vannak a lehetséges műszaki megoldásokkal, illetve a gazdasági mutatókat is figyelemmel kísérik, felelőssel tartoznak a projekt működéséért, ezért elsősorban a projektvezetők azok, akik kérik egy-egy lehetséges automatizálási feladat kiváltását. Előny élveznek továbbá az olyan feladatok, amihez hasonló feladatkört már gyáron belül elvégeznek **robotok**, tehát van tapasztalat vele kapcsolatban. Előnyt élveznek még az olyan területek, amiket alapvetően könnyű automatizálni, ezáltal a bevezetés költsége is alacsonyabbnak várható, kisebb kockázattal jár a beruházás. A projektvezetők folyamatosan kommunikálnak a termelési vezetőkkel, illetve utóbbi személyek, azaz a művezetők is részt vesznek a havi rendszerességű megbeszéléseken, ahol a terv-tény ütköztetések zajlanak, ilyenkor ki tud az is derülni, ha valahol a gyártósoron **felesleges létszám** van, és ezeket a területeket is igyekszünk automatizálni, akár robotok alkalmazásával. A gépkezelők munkájának **hozzáadott értékét** is vizsgáljuk a kiválasztás során. Egy olyan munkakörben, ahol sok mérést kell végezni, esetleg az alkatrész felületét tekintve olykor döntést kell hozni annak megfelelőségét illetően, vagy sűrűn kell szerszámot cserélni, kisebb valószínűséggel döntenek a robotok mellett, ilyen esetekben az adott gépkezelő hozzáadott értéke magasabb, nagyobb szintű **szaktudást** igényel a munkája. Az olyan feladatok esetében, ahol leginkább logisztikai feladatokat lát el a gépkezelő, leginkább a gépek alkatrészszel való ellátásáért felelős, de stabil megmunkálási folyamatról van szó, ahol keveset kell mérni és szerszámot váltani, a dolgozó hozzáadott értéke kisebb, nem igényel jelentősebb szaktudás, és könnyebben automatizálható.

4.2. A vizsgált tényezők

A gazdasági mutatók számításához szükség van a számítás során felhasznált tényezők megadására. Ezeket a tényezőket, illetve az alapvető információit a projektnek érdemes kigyűjteni még a kalkulációk előtt. A következőkben megvizsgálom, hogy a jelenleg használt rendszer során milyen információk kerülnek kigyűjtésre az automatizálási projektek gazdasági tervezése során.

A legelső dolog megadni az automatizáció helyét, hogy hol, mely feladatot vagy feladatokat fogja a telepített robot ellátni. Ekkor meg kell adni a **gyártósor számát** és **megnevezését**, illetve a **művelet** vagy műveletek **számát** és **megnevezését** is. Ezek az alapvető információk fontosak, hogy azonosítva legyen a pozíciója a projektnek, hol

számíthatunk változásra az előállítási költségek tekintetében, illetve melyik költséghelyen fognak megjelenni a projektköltségek.

A következő részben a **projektvégrehajtás módját** kell megadni. Erre a módra két lehetőség van, teljes mértékben házon belül történik, vagy valamilyen külső közreműködő megbízásával. Általánosságban elmondható, hogy egyszerre 3 automatizálási projekt fut a gyárban, ebből 2 belső és 1 külsős végrehajtású, ennek oka, hogy a csapat, akiknek ez a feladata, 2 projekt végrehajtása fér bele a kapacitásába, illetve a külsős vállalkozóval is ők tartják a kapcsolatot, illetve felügyelik annak munkáját valamilyen szinten. A gazdasági mutatókra ennek a tényezőnek jelentős szerepe van, mert a belső erőforrásokkal történő tervezés és kivitelezés lényegesen versenyképesebb a külsős integrátor cégeknél.

A következő tényező a **létszám** (Headcount), meg kell adni a jelenlegi létszámát az adott műveletnek, illetve azt, hogy mennyi fővel fog csökkenni ez a létszám (Headcount reduction) az automatizálás hatására, robot telepítése esetén mennyi gépkezelő munkáját tudja ellátni a robot. Ide kapcsolódik még az is, hogy az adott műveleten mennyi műszakban folyik a termelés. A vállalatnál a legtöbb gyártósoron 3 műszakos munkarendben történik a termelés, azonban előfordulnak olyan kifutás közeli termékek, ahol már kisebb a lehívás, ezért nem szükséges a 3 műszak alkalmazása. Azonban értelemszerűen olyan helyeken érdemes a robotok alkalmazása, ahol 3 műszakban folyik a termelés, hiszen a robot termelés során fog értéket teremteni, tehát a kiesett állásidő csökkenti a megtérülés mértékét, illetve növeli a megtérülési időt.

A létszámhoz kapcsolódik még a **munkaerő költsége** (Labour). A munkaerő költsége három fő különböző értékből adódik össze:

- Bruttó fizetés és szociális hozzájárulási adó.
- Egyéb juttatások.
- Pótlékok.

A bruttó fizetés magától értetődik, illetve a szociális hozzájárulási adó is a munkáltatót terheli minden munkavállaló után. A vállalat még egyéb juttatásokkal is ellátja a munkavállalókat, amiket a munkaerő költségek megadása során figyelembe veszünk. A következő tényező az elérhető **éves megtakarítás mértéke** (Achievable annual saving), amely a korábban megadott tényezők alapján kerül számításra az alábbi módon:

$$M_{\acute{e}} = 12 \times L_{CS} \times M_{SZ} \times K_M \quad (19)$$

ahol,

- $M_{\acute{e}}$: az éves megtakarítás mértéke,

- L_{cs} : a csökkentett létszám mértéke (fő),
- M_{sz} : a műszakok száma,
- K_M : a munkaerő költsége havi szinten.

Az utolsó tényező pedig a **tervezett beruházási költség** (Estimated investment costs), ami két részből tevődik össze:

- A robot ára,
- a telepítés költségei és egyéb automatizálási költségek.

Mindkét költség típus először csak egy becslés, mely a technológiai egyeztetések során válik egyre pontosabbá. A robotot tekintve, a feladat leírását követően kiválasztásra kerül a robot típusa, melyre pontos árajánlat van, így az a része pontosnak tekinthető a költségbecslésnek, azonban a telepítés költségeit tekintve már nagyobb kockázat rejlik abban, hogy a valóság eltér a becsült összegtől. A projekt előre haladása során a költségek megállapítása három részre osztható, ezek a részek fentről lefelé haladva következnek időbeliség alapján, és válnak egyre pontosabbá.

1. Tapasztalok alapján becsült összeg a projekt egészére.
2. A megvalósításhoz szükséges eszközök és feladatok tételes összegyűjtése, és a tételek külön-külön történő költségbecslése, jó közelítést ad.
3. Árajánlatok bekérése, végleges és pontos költségeket eredményez.

4.3. Jelenleg vizsgált gazdasági mutatók számítása

Jelenleg három gazdasági mutató kerül kimutatásra a befektetések tervezése során, amelyeket ebben a fejezetben fogok megvizsgálni, ezek a következők:

- Megtérülési idő, években (Payback period)
- NPV – a befektetés nettó jelenértéke (NPV of Investment)
- Jövedelmezőségi index (Profitability Index)

A **megtérülési idő** számítása megegyezik azokkal a számításokkal, amikkel a szakirodalom kutatása során is találkoztam, az egyik legegyszerűbb statikus gazdasági mutatószám, megmutatja, hogy a befektetett összköltség mennyi idő alatt térül meg a kalkulált éves megtakarítások segítségével. A mutató elkészítése egyszerű, a projekt tervezésének első szakaszában szoktuk megvizsgálni, azt segít már a projekt elején kideríteni, hogy érdemes-e egyáltalán erőforrást felhasználni a megoldás kidolgozására és a pontosabb kalkulációk elvégzésére. A már felsorolt mutatószámok segítségével a következő képlettel számolja a táblázat:

$$I_M = \frac{K_T}{M_{\acute{e}}} \quad (20)$$

ahol,

- I_M : a megtérülési idő (év),
- K_T : a tervezett beruházási költség.

Az **NPV** számítása már jóval bonyolultabban működik, és egy segédtáblát is alkalmazunk hozzá. Ez már egy dinamikus gazdasági mutató, megmutatja, hogy a projekt végéig bekövetkező pénzügyi be és kiáramlások **diszkontált értékösszegét**. Minél magasabb ez az érték, annál inkább ajánlott a projektet megvalósítani, a döntéshozók számára tehát ez a mutatószám lesz az, ami a leginkább számítani fog a beruházás megítélése szempontjából. Az említett segédtábla segítségével Cash Flow-ját, azaz pénzáramlását adja meg számunkra, figyelembe véve a projekt megvalósulása által keletkező megtakarításokat és extra ráfordításokat. Ugyanakkor ez az állapot változás megadja a gyártósor eredményre gyakorolt hatását is, ami az Operating Earnings Estimation, azaz az éves költségmegtakarítás. Ez a megtakarítás **dinamikus** mutató révén évről évre változó. De a dinamikus megtakarítások mellett még 1,15-ös diszkontértékkel számol a táblázat. A 1,15-ös érték a tulajdonosok hozamelvárása, minden projekt akkor indítható el, ha a 15%-os hozam minimum realizálható vele, legyen szó gyártó vagy fejlesztő projektekről egyaránt. A vállalat esetében nincsen hitelezői jelenlét a projektekben, így ezt a diszkontrátát alkalmazzuk az NPV számítása esetében. Az NPV-t ezek alapján a következőképpen számítjuk:

$$NPV = -K_T + \frac{M_{1.\acute{e}}}{1,15} + \frac{M_{2.\acute{e}}}{1,15^2} + \dots + \frac{M_{n.\acute{e}}}{1,15^n} \quad (21)$$

ahol,

- $M_{1.\acute{e}}$: az első éves megtakarítás mértéke,
- $M_{n.\acute{e}}$: az n-edik éves megtakarítás mértéke.

A **jövedelmezőségi index** részben eltér a szakirodalomban talált jövedelmezőség számításokkal, mert itt nem az éves nyereséget viszonyítjuk a befektetési költséghez, hanem a nettó jelenértéket, ezáltal a jövedelmezőségi index is dinamikus mutatóként kezelhető, és azt mutatja meg, a beruházás mértékéhez képest mekkora növekedés érhető el, nagyon hasznos mutatószám lehet olyan esetekben, ha **korlátozott forrás** áll rendelkezésre és több pozitív kimenetű lehetőség közül kell a legjobbakat kiválasztani. Ennek a számítási módja az elemzett táblázatban a következő:

$$J = \frac{NPV}{K_T} \quad (22)$$

ahol,

- J: a jövedelmezőségi index.

4.4. Segéd tábla

Ahogy már korábban említve lett, a segéd tábla az NPV számításában segít, benne az adott naptári évek során a projekt által elért költségmegtakarítást számítjuk. A költségmegtakarítás három tényezőből áll össze és havi szinten kerülnek kiértékelésre, ezek a következők:

- Munkaerő költség,
- robot amortizációs költsége,
- egyéb automatizálás során használt eszközök (SPM – Special Purpose Machines) amortizációs költsége.

A **munkaerő költség** a megtakarításokat tekintve pozitív előjelű, míg a két amortizáció értéke negatív, így ezek különbsége adja éves összesítésben az adott év megtakarítását. Ebből azonban következik, hogy a korábban éves megtakarításként meghatározott oszlop valójában az éves munkaerőköltség megtakarítás. Így az NPV tekintetében valós éves megtakarításnak fogom nevezni az erre vonatkozó számított értékeket. Ez az alábbi képlettel írható le:

$$VM_h = M_h - A_R - A_e \quad (23)$$

ahol,

- VM_h : a valós havi megtakarítás,
- M_h : a havi munkaerőköltség megtakarítás,
- A_R : a robot havi amortizációs költsége,
- A_e : az egyéb automatizálás során használt eszközök (SPM) amortizációs költsége.

Annak háttérében, hogy a segéd táblában nem éves, hanem **havi lebontásban** szerepelnek a megadott tételek az az oka, hogy a megvalósítás vége és az átadás a legtöbb esetben nem január elsejére esik, hanem valamikor az év közben történik. Tehát a megtakarítás az első évében általában csak az adott naptári év egy adott hányadára vonatkozik, illetve ugyan ez az utolsó évre is igaz, mert a legtöbb gyártó-projekt nem december 31.-ével zárul.

A munkaerő költséghez az első év során a táblázat fő lapján kiszámolt éves megtakarítást vesszük figyelembe, és írjuk be minden hónaphoz az ott kalkulált összeg 1/12-ét:

$$M_h \text{ első évben} = \frac{M_{\acute{e}}}{12} \quad (24)$$

A következő évben azonban már figyelembe vesszük azt, hogy minden év végén a vállalat valamekkora **fizetésemelést** ad a dolgozóknak (Annual labour rate increase). Ennek a fizetésemelésnek a mértéke függhet a vállalat teljesítményétől, de leginkább a gazdasági környezettől, jelenleg leginkább a magas infláció miatt nagyobb mértékű fizetésemelések a jellemzőek. A munkaerő költség növekedés mértéke a következő évre tekintve még azért egész jól megadható, az azt követő évekre jelentős **becslések**, amik eltérhetnek a valóságtól, de mindenképpen pontosabb képet mutatnak, mintha nem vennék őket figyelembe. Ezek alapján a vizsgálat évét követő többi évben az adott hónap költségmegtakarítása az alábbi képlettel számolható.

$$M_h \text{ az } n. \text{ évben} = M_h \text{ az } (n - 1). \text{ évben} * (1 + M_n \text{ az adott év elején}) \quad (25)$$

ahol,

- M_n : a munkaerőköltség éves növekedésének mértéke (%).

Annak, hogy a robotok költségei és az egyéb automatizációhoz szükséges eszközök költségei külön vannak feltüntetve, az az oka, hogy más stratégia mentén történik az amortizációs leírásuk. A robotok esetében degresszív **értékcsökkenési leírást** alkalmazunk, ez legtöbb esetben 20%, de beruházásonként lehet változó. Az egyéb automatizáláshoz szükséges eszközök esetén lineáris értékcsökkenési leírást alkalmazunk, általában 5 évre, azaz 60 hónapra írjuk le az amortizációt, ezekben az esetekben a 60 hónapot követően az amortizáció, mint költség megszűnik. Ezek képletesen a következő módon írhatók le:

$$A_e = \frac{K_e}{I_e} \quad (26)$$

ahol,

- K_e : a tervezett beruházási költség az egyéb automatizálási eszközökre,
- I_e : az elszámolási időtáv (hónap).

$$A_R \text{ az első évben} = \frac{K_R * 20\%}{12} \quad (27)$$

ahol,

- K_R : a robot tervezett beruházási költsége

$$A_R \text{ az adott évben} = A_R \text{ az előző évben} * 20\%$$

4.5. A műszaki megvalósítás általános működése

Ahogy az már korábban említve lett, a műszaki megvalósításnak 2 típusa van, amit alkalmazunk. Az egyik típus, amikor minden munkafolyamat belső forrásban készül el, minden feladatot a cégnél dolgozó **szakemberek** végeznek el. A másik típus, amikor egy külsős partner végzi a megvalósítást, vagy a megvalósítás bizonyos részeit, ilyenkor is van, hogy bizonyos feladatokat az automatizálási csoport kollégái végeznek el, mint például a CNC gépek automatizálásához való előkészítése mindig házon belül zajlik. A külsős megvalósítás esetében első körben egy **feladatkiírás** elkészítése történik meg, amit több partner cég vagy vállalkozó is megkap. Ezt követően a beküldött ajánlatok kiértékelése történik. A kiértékelés szempontjai a következők:

- a partner megnevezése,
- használt robot(ok) típusa,
- árak,
- pozitív tapasztalatok és megjegyzések,
- negatív tapasztalatok és megjegyzések.

7. ábra: A külsős integrátor kiválasztása során alkalmazott összegző.

(Forrás: Saját szerkesztés)

#	Gyártás or	Termék	Művelet száma	Művelet megnevezése	Szükséges eszközök

Árajánlat 1			Árajánlat 2			Árajánlat 3		
Beszállító	Típus	Ár	Beszállító	Típus	Ár	Beszállító	Típus	Ár
Össz.:		- €	Össz.:		- €	Össz.:		- €
Előny:			Előny:			Előny:		
Hátrány:			Hátrány:			Hátrány:		

A külső kivitelező a fenti szempontok alapján kerül kiválasztásra. A megvalósítás folyamata mind belső, mind külsős megvalósítás esetén a feladatkiírások alapján lekövethető, egy ilyen feladatkiírás titkosított változata a mellékletek között megtalálható.

A feladatkiírás során első lépésként leírásra kerül az automatizálási projekt célja, milyen teendőket lásson el a robot, illetve a robot mellett használt automatizált eszközök, mint például a behordó szalagok és egyéb alkatrész szállító pályák. Pontosan meg kell adni a folyamat lépéseit, hogyan nézzen ki a robotcellában elvégzett folyamat, illetve maximális ciklusidő is rögzítésre kerül. Kijelölésre kerülnek továbbá bizonyos **feltételek**, aminek teljesülnie kell, néhány ezek közül:

- Nem kerülhet ki a cellából művelethiányos alkatrész,
- a cella kialakítása meg kell feleljen robotos és gépkezelő általi munkavégzésnek egyaránt,
- a robotcella hibamentes működésének biztosítása, nem keletkezhet selejtes alkatrész,
- a robotcella első 3 hónapjában felmerülő bármilyen hiba garanciás javítása.

A kiírt feladatok és feltételek a belső kivitelezésű projektek esetén is fentállnak, azonban olyankor nem készül külön dokumentum a feladatkiírásról, csak vázlatosan készülnek el a feltételek.

Mind feladatkiírások során van egy **feladatlista**, ahol megadjuk, melyek azok a feladatok, amiket a kivitelezőtől várunk el, ugyanezen feladatokat kell a saját dolgozók által kivitelezett projektek esetén is elvégezni. A következő feladatok fordulhatnak elő:

- A rendszer mechanikus tervezése és kivitelezés,
- a készülékek esetleges módosítása robotos és gépkezelői üzemnek is megfelelően,
- a robotcella vezérlésének kialakítása. A cellák vezérlését egységesen mindig úgy alakítjuk ki, hogy a robot vezérlőszekrénye által legyen minden vezérelve,
- biztonsági áramkör kialakítása,
- biztonsági kerítés kialakítása,
- a munkadarab be- és kihordópályáinak tervezése és kialakítása,
- a munkadarab gyorsabb cseréje érdekében puffer tároló készítése,
- jelölő állomás kiépítése, és a jelölés ellenőrzése,
- mérőállomás kiépítése,
- jó és selejt darabok számára külön kihordó pálya kiépítése,

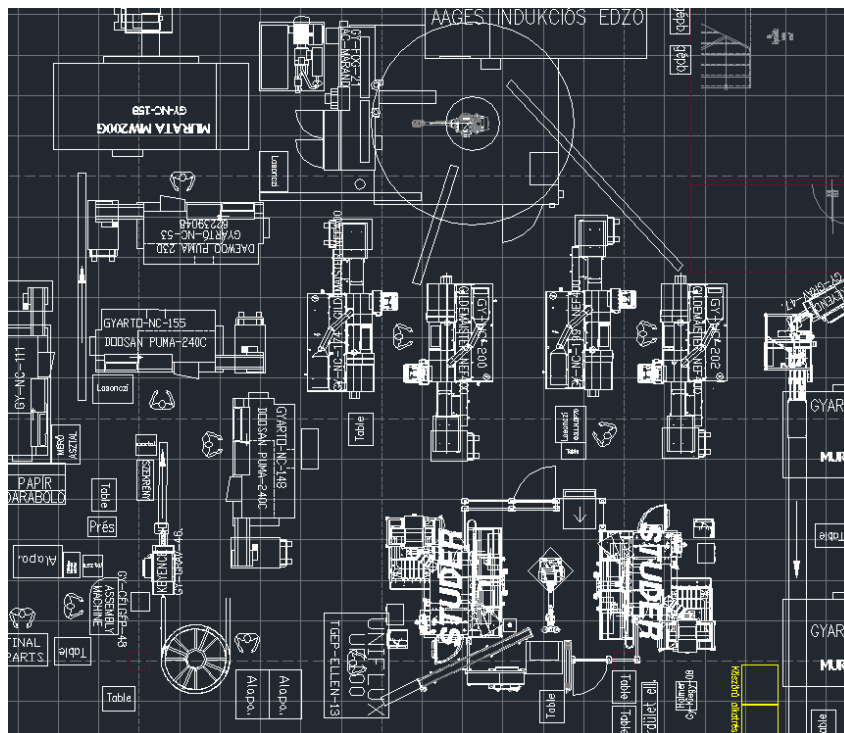
- robot beszerzése,
- robot felszerszámozása,
- robotinterfész és egyéb eszközök kialakítása és összekapcsolása,
- dokumentációk elkészítése: karbantartás, programok, használati utasítás...stb.

Meg kell említeni a feladatok terén továbbá, hogy a megmunkáló gépek **átalakítása** szinte minden esetben házon belül zajlik, az átalakítás magában foglalja, hogy ki kell alakítani a megfelelő **csatlakozást**, hogy a gép a robot vezérlőszekrényével összeköthető legyen. Bizonyos esetekben a gépben található készülék és a CNC program átalakítása is szükséges lehet, illetve olykor a hidraulikus csövezés átalakítása is szükséges.

A megvalósítás sokszor részletekben zajlik, ezért is fontos, hogy az automata robotcellák minden esetben gépkezelői „módban” is működőképesek kell, hogy legyenek. A részletekben való megvalósítás előnye, hogy nem kell hosszú ideig szüneteltetni a gyártást és nincs akkora kieső idő. Volt már olyanra is példa, hogy a robot telepítése illetve a cella kialakítása a délelőtti műszakban zajlott, mellette a délutáni és éjszakai műszakban pedig folyt a termelés. A **kettős működés** lehetősége azért is fontos, mert ha a robot működésével kapcsolatban bármilyen hiba áll fent, nem kell megállítani a teljes gyártást a robot javításáig/ a szerviz kéréséig.

8. ábra: Automatizálni kívánt terület alaprajza AutoCad-ben.

(Forrás: Saját szerkesztés)

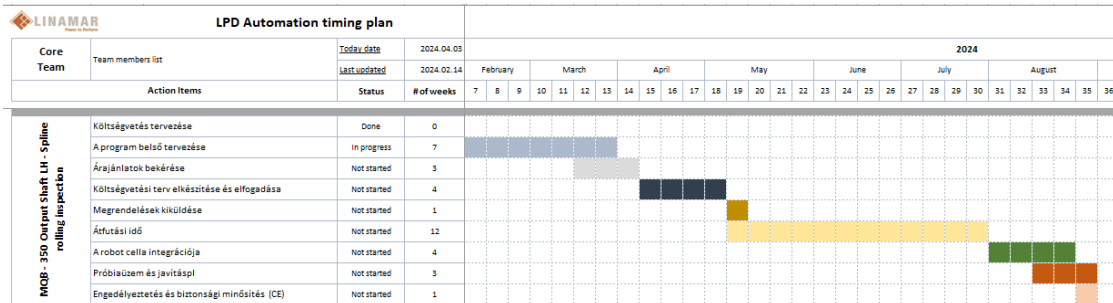


A feladatkiírás során továbbá a munkadarab illetve a „layout” vagyis **alaprajz** is bemutatásra kerül, ami szükséges a kivitelezési terv elkészítésében és a robotválasztásban. A robot kiválasztása során az optimumra törekszünk, fontosak ilyen szempontból a robot méretei, elférjen, illetve elérjen mindenhová, ahová szükséges. Az **alkatrész súlya** is fontos a robot terhelhetősége szempontjából. A gyorsabb alkatrészcsere miatt szükséges lehet egyszerre 2 alkatrész egyidejű mozgatására.

Előfordul, hogy az automatizálás miatt olyan megoldandó feladatok merülnek fel, ami emberi működés során nem. Az egyik ilyen tipikus példa a **forgácstörés** minél jobb megoldása. Abban az esetben, ha az alkatrészek cseréjét egy gépkezelő végzi, ő a csere közben sűrített levegő használatával lefújja az alkatrészről a rajta maradt emulziót, illetve a készüléken vagy szerszámon maradt forgácsot is eltávolítja, erre automatikus üzem esetén nincs lehetőség. Ezért a robotcellák kialakítása esetén fontos a forgácstörés megoldása, ennek módja az **optimális paraméterek megválasztása**, illetve a jobb forgácstörésű szerszámok kiválasztása akár kisebb ciklusidő növekedés vagy szerszámköltség növekedés árán is.

9. ábra: Az egyik automatizálási projekt Gantt diagramja

(Forrás: Saját szerkesztés)

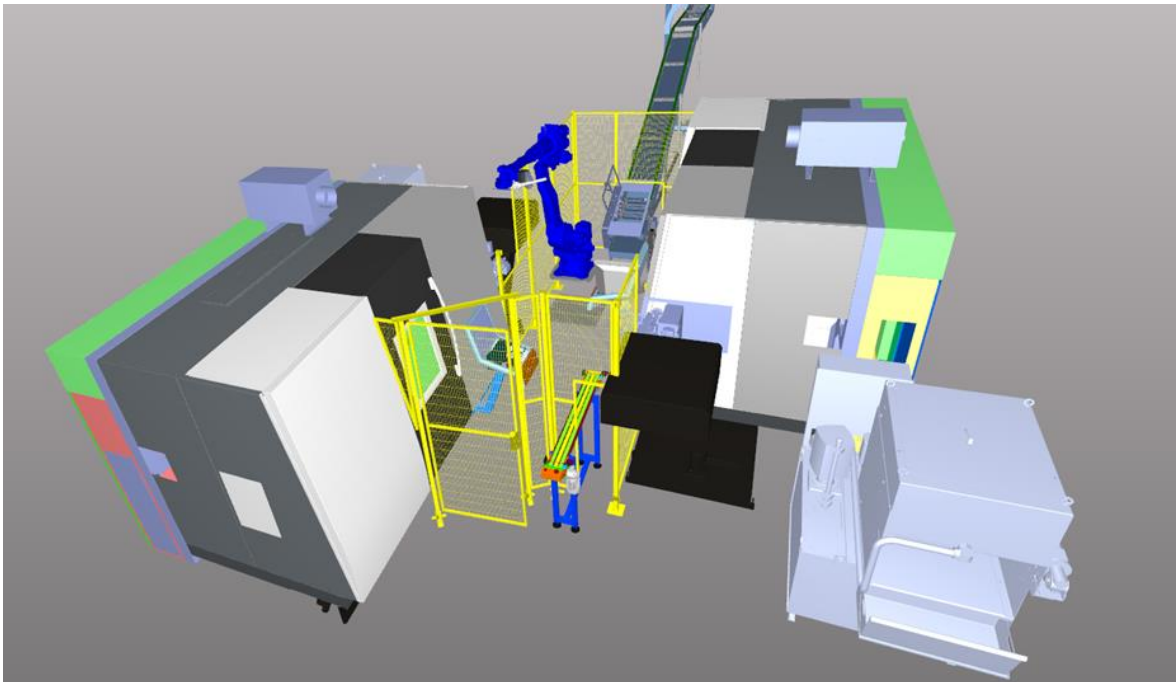


4.5.1. A belső megvalósítás sajátosságai

A belső projektek esetén a **RobotStudio** nevű szoftvert használják a megvalósítás segítésére a kollégák, és off-line programozzák fel a gépet. Amint az igény az automatizálásra megjelenik, a programban a „digitális iker” elkészítése megkezdődik. Itt pontosan modellezik a kialakítani kívánt környezetet. Ez nagyban segít a robot kiválasztásában is, lehet modellezni, melyik robot hogyan fér el, akár embereket is be lehet tenni a szimulációba, ahogy korábban is írtam, fontos számunkra, hogy manuális üzemben is tudjon működni a robotcella. A szoftver elég sok robottípust ismer, így több típust is ki lehet próbálni, ez jelentősen segít megtalálni a legmegfelelőbb opciót.

10. ábra: A digitális iker elkészítése segíti a tervezést

(Forrás: Saját felvétel)



A robot és a megvalósítás kiválasztását követően a szimulátoron még további pontosítások és bővítések történnek. A kollégák igyekeznek mindent **valósághűen modellezni**, beleértve a különböző érzékelőket, cellaelemeket és alkatrész szállítópályákat.

Ezt követően a következő lépés a robotprogram megírása, amit a mechatronikai mérnök kolléga készít el a szükséges programozási nyelven, tehát a robotok programozására **utasításokon alapuló programnyelveket** alkalmazunk. A kész programot ezt követően a szimulátorban ellenőrzi a munkatárs és elvégzi a szükséges módosításokat.

A kész programot, ha megfelelően lefut még lehet finomítani a szerint, hogy milyen fontossági szempontok állnak fent a robot működésével kapcsolatban. A legtöbb esetben az a cél, hogy az alkatrész csereidő a lehető legkisebb legyen. Azonban vannak olyan esetek is, amikor ez nem fontos és egy fix folyamat kerül kialakításra.

A szimulátorban továbbá megfigyelhető, hogy milyen jelekre hogyan reagál a vezérlés, ezzel sok hibát és hibalehetőséget lehet megelőzni. Tehát összességében elmondható, hogy a robotszimulátor használatának segítségével a programozási és elkészítési idők jelentősen csökkenthetők. Az idők csökkentésével, és a hibalehetőségek kizárásával jelentős **költségek takaríthatók meg** a kivitelezéssel kapcsolatban.

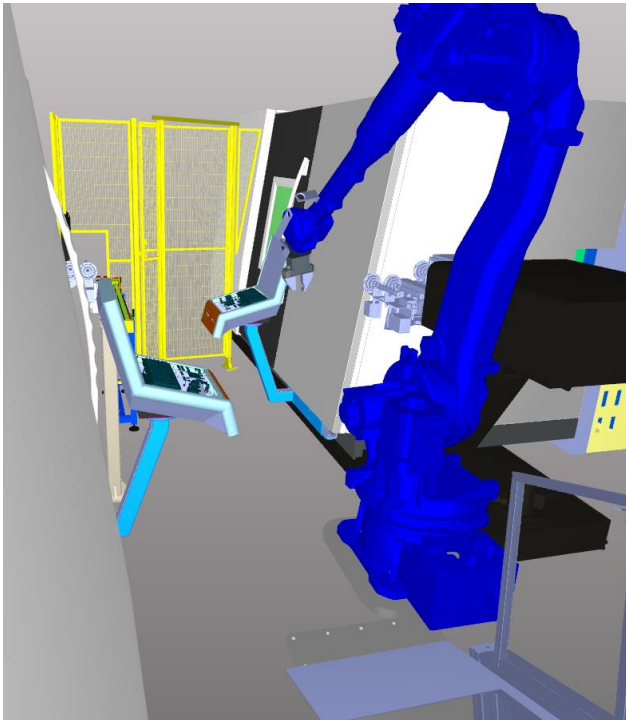
A robotcella összeállítását és a program kidolgozását követően megkezdődhet a **tesztüzem**, ahol élesben futtatják le a programot. Ezt követően, ha minden rendben megy a

robottal és a robotcellával, akkor megtörténik az **engedélyeztetés** majd az üzemszerű működés.

A használt szoftverekkel kapcsolatban még megemlíteném, amik használata a tervezés és kivitelezés során segíti a munkánkat. Az alkatrészek rajza **SolidWorks** CAD programban készül el, a layout a gyár egészéről **AutoCad** szoftverben kerül folyamatos frissítésre, így szükség esetén bármely műveletről azonnal elérhető, illetve a jövőbeli tervek könnyen tervezhetők vele. Illetve a szállítópályák tekintetében egy a Bosch által fejlesztett tervező programot lehet alkalmazni, ami az általuk forgalmazott elemeket tartalmazza, ennek segítségével a pályák megtervezhetők és a program egy árkalkulációt is nyújt a felhasznált elemekre.

11. ábra: A digitális iker és az elkészült robotcella összehasonlítása.

(Forrás: Saját felvétel)



5. Javaslatok kidolgozása a jelen működés fejlesztésére

Az előző fejezetben a jelenleg működő rendszer elemzése történt meg, ami a szakirodalommal is összevetve úgy gondolom egy már jól működő rendszer, és megfelelő alapot nyújt a beruházási **döntések előkészítésében**. Azonban van néhány dolog, amivel véleményem szerint lehetne finomítani a működésén, ezeket fogom ebben a fejezetben kidolgozni. Ezek a következők:

- A robotok, robotcellák **üzemelési költségeinek** figyelembe vétele. Az üzemelési költségek, karbantartási költségek és kopóalkatrészek cseréjének jövőbeli lehetséges költségeivel a jelenlegi táblázat nem számol, ami nem számottevően, de kissé torzítja a kimutatást. Az üzemelési és **karbantartás költségek** nagyságrendileg kisebbek lehetnek a kiváltandó munkaerő költségénél, de úgy vélem a számítást ki lehetne egészíteni egy becsült üzemelési költséggel.
- A szakirodalom kutatás során találok az **érzékenységvizsgálatokkal**, amik segítenek megmutatni a projektben rejlő kockázatok mértékét, ezek a kockázatok jelenleg nincsenek figyelembe véve. A jelenleg vizsgált elemzések során több olyan tényező is van, aminek változása nagyban befolyásolhatja a projekt kimenetelét, ezeknek a tényezőknek a **kockázatait** érdemes lenne vizsgálni és a legkockázatosabb tényezőket a megvalósítás során fokozott figyelemmel lehetne kísérni.
- A **selejtköltség csökkenés** általi megtakarítások. A robotizáció mellett, mint érv többször is meg lett említve, a szakirodalomban is, hogy elkerülhetők vele az emberi hibák. A vállalatnál is a projektlehetőségek kiválasztása során figyelembe vesszük, azokat a területeket, ahol a **magas selejtköltség** oka sokszor az emberi mulasztás, a szaktudás hiánya, vagy a magas fluktuáció. Abban az esetben, ha egy ilyen pozíciót szeretnénk automatizálni, a megtakarítások oldalán érdemes lehet számolni a selejtköltségek csökkenésével, ezzel is pontosabbá téve a kalkulációt, illetve ezen projektek megítélésének javítását.
- Hasonlóan a selejtköltségek csökkenésének számításával, a **termelékenység növekedése** sem minden esetben releváns és alkalmazható, azonban lehetnek

olyan esetek, ahol ez a tényező is befolyásolhatja a kimutatás eredményét. Azon esetben, ha egy gyártósor **szűk keresztmetszetű operációja** kerül automatizálásra, növelheti a sor gyártókapacitását, ami szükséges lehet akár a vevői lehívás változásakor, akár olyan esetben, ha a sor alapvetően nem tudja a kellő darabszámot legyártani. Utóbbi esetben szükség lehet rendkívüli műszakok elrendelésére, ami jelentős plusz költségekkel járhat. De a **gyártókapacitás növelésével**, amennyiben a terméket el is tudjuk adni, csökkenhet az egy gyártott darabra eső költség, gondolok itt a gyártás egészét terhelő gépóra költségekre, vagy munkaerő költségekre.

A felsorolt 4 tényező közül úgy gondolom az első kettőt minden robotizációval kapcsolatos projekt során szükségszerű lenne figyelembe venni, míg utóbbi kettő opcionális, azokban az esetekben vizsgálnám, ha ezeknek van jelentősége, vagy alapvetően ezen célok okán merül fel a robotok telepítésének gondolata.

A kalkulációk módszertana mellett a konkrét értékektől eltekintek, mert ezek a vállalat számára bizalmasnak számítanak.

5.1. Üzemelési és karbantartási költségek

Az elmondható, hogy a néhány kollaboratív robot mellett a vállalatnál leginkább ipari robotokat használunk, amik működtetése során a jelenlegi jogszabályoknak és a biztonsági szempontoknak megfelelően robotcellákat kell építeni, elkülönítve kell üzemeltetni a dolgozóktól. Ezért ha a robotok üzemelési költségeit kell vizsgálni, akkor az egész robotcella költségeit kell vizsgálni. A műszaki részben ezeknek a celláknak a felépítése részletesebben be lett mutatva, de itt megemlíteném fontos részei az alkatrész szállító pályák, különböző érzékelők és puffertárolók.

Az üzemelés során megjelenő költségeket két fő részre osztanék fel, az áramfelvételi költségek pontosan számíthatók, míg a karbantartási költségek leginkább becslés útján határozhatók meg, a már működésben lévő robotcellák karbantartási adatainak megfelelően.

Az áramfelvétel költségének kalkulációjához 2 dologra van szükségünk az egyik az egységnyi áram díja, a másik pedig, hogy ebből az egységnyi árammennyiségből mennyit használ fel a cellánk. Az áramszolgáltató (MVM) honlapján megtalálható információk alapján 2 ár található meg a nem lakossági fogyasztók számára, mivel a vállalat egésze biztosan a kijelölt határérték felett mozog áramfogyasztásban, ezért új fogyasztó bekötése

biztosan határérték feletti áron számolandó. Ennek okán az áramfelvételi költség esetén 70,1039 Ft/kWh-val kell számolni. Azonban, mivel a vállalat külföldi kézben van, illetve a partnerek való pénzbeli kifizetések €-ban történnek, ezért a táblázatunk is ebben a költségneben kalkulál, ezért érdemes a fenti értéket átváltani €-ba. Mivel az Euro árfolyama változó, ezért a vizsgálatok különböző időpontokban eltérhetnek, illetve hosszú távon eltérést vihet a számításba. Ezért egy cellában megadnám az aktuálisan figyelembe veendő FT/€ árfolyamot, amivel az áramszolgáltatás összege legyen átszámítva.

A robotok, illetve a robotcellák névleges áramfelvétele adott. Ezeket összegeznünk kell, és megvizsgálni azt, hogy mekkora időintervallumban veszik fel az áramot. A vállalat az utóbbi időben jelentős figyelmet fordít a felesleges költségek kiküszöbölésére illetve a környezeti terhelések csökkentésére, ezért a termelésmentes időszakokban a legtöbb gép lekapcsolásra kerül, tehát amikor nincs termelés, a gépek nincsenek készenléti üzemmódban. Egy évben átlagosan 250 munkanap van, tehát az év során vett áramköltséget 250 nap folyamatos üzemre lehet számolni a robotcella minden elemének teljes áramfelvételére. A segédtáblában érdemes a költséget kezelni, tehát hónapra vetítve kell a költséget megadni. Ez alapján a segédtáblában használatos képlet a következő:

$$K_{\text{ü}} = \frac{\sum W \times 24 \times 250 \times \frac{70,1039}{\text{€/Ft árfolyam}}}{12} \quad (28)$$

ahol,

- $K_{\text{ü}}$: az üzemelési költség
- $\sum W$: a cellában található összes eszköz áramfelvételének az összege (kWh)

A **karbantartási költségek** tekintetében leginkább a szervízköltségek, illetve a cserealkatrészek költsége a mérvadó. Továbbá ez a költségnem két külön csoportra bontható, mert a kollaboratív robotok vásárlásakor a szerződések alapján a robotok 8 évig költségmentesek, így ezek esetében úgy gondolom nem szükséges számolni a karbantartási költségekkel.

Ipari robotok esetén az éves szervízt a gyártó végzi el. Ez évente 1-szer történik meg, és az összes gép szervizelése megtörténik, tehát a szervízköltség eloszlik az összes gépen. A tavalyi évre vonatkozóan az egy gépre eső **szervízköltség** mindössze 150 € volt. Továbbá a tavalyi egyéb költségeket figyelembe véve, 10 évnél idősebb robotok esetén volt egy **nagyobb karbantartás**, azonban ha ezek költségét 1 robotra és 1 évre visszaosztjuk, mindössze 200 € lesz a költség. Ha az egyéb **kopóalkatrészekre**, mint a

megfogó pofák vagy alkatrész szállítók kopó elemei, kalkulálunk éves maximum 150€-t, akkor véleményem szerint jól lefedjük ezeket a költségeket éves szinten.

Az előző évek költségelemzése alapján úgy gondolom meg lehet adni a robotok karbantartási és kopóalkatrész költségei tekintetében egy 500€/robot/év költség értéket. Azonban mivel a segéd tábla havi bontásban számol, ezért a $K_k=42€/robot/hónap$ értéket.

5.2. Érzékenységvizsgálatok

Az érzékenységvizsgálatok során a szakirodalomban említett átállás értéket lenne érdemes vizsgálni, tehát a különböző mutatókon mekkora értékben, százalékban kell változás bekövetkezzen, hogy az NPV a gyártóprojekt végére pontosan 0 legyen. Az érzékenység vizsgálat során vizsgálandó tényezők, melyek jelentős befolyással lehetnek a **projekt eredményességére**:

- a) Beruházási költségek változása,
- b) változás a létszámban,
- c) változás a vevői megrendelés mértékében,
- d) a projekt időtávjában beállt változások,
- e) változás az éves megtakarítás mértékében.

Ezeket a tényezőket külön-külön szétválasztva szükséges megvizsgálni, tehát, hogy a vizsgált tényező **mekkora mértékű változása** szükséges a nettó jelenérték nullává tételéhez úgy, hogy a többi tényezőt változatlanul hagyjuk. Ezzel képet kaphatunk arról, mely tényező az, ami önmagában a legkockázatosabb az adott beruházási projekt tekintetében.

Ad. a) Beruházási költségek változása

A korábbiakban már említve lett, hogy a beruházási költségek első sorban csak becült értékek, majd folyamatosan a projekt kidolgozásával lesznek egyre pontosabbak. De úgy gondolom, alapvetően magas kockázatot hordoz magában ennek a költségbecslésnek vagy a későbbiekben költségkalkulációnak a pontossága. Ezért, ha érzékenységvizsgálatról beszélünk, mindenképp az első tényező, amit megvizsgálnék, az, hogy hogyan befolyásolja a beruházási költség váratlan megnövekedése az NPV-t, tehát célszerű lenne egy számítást végezni arra, hogy mekkora mértékű változás következtében lesz az NPV pontosan 0.

Az NPV akkor lehet 0 ebben az esetben a 21.-edik képlet alapján, ha a beruházási költségek nagysága pontosan megegyezik a projekt végéig elért megtakarítások mértékével, tehát azt kell megvizsgálni, mekkora mértékű változás kell, hogy beálljon a

következő egyenlőséghez, az ehhez használt érzékenységi mutatószám megjelölése legyen \acute{E}_K amit %-ban mutassunk ki. Ez alapján a következő képlet írható fel:

$$\frac{\acute{E}_K}{100} \times K_T = \frac{M_{1.\acute{e}}}{1,15} + \frac{M_{2.\acute{e}}}{1,15^2} + \dots + \frac{M_{n.\acute{e}}}{1,15^n} \quad (29)$$

A képletből az \acute{E}_K -t kifejezve, megkapjuk a keresett mutatót a projekt érzékenysége a beruházási költségek tekintetében a következő:

$$\acute{E}_K(\%) = \frac{\frac{M_{1.\acute{e}}}{1,15} + \frac{M_{2.\acute{e}}}{1,15^2} + \dots + \frac{M_{n.\acute{e}}}{1,15^n}}{K_T} \times 100 \quad (30)$$

Érdemes megjegyezni, hogy annál előnyösebb, minél magasabb a kapott érték, mert abban az esetben nagyobb változásnak kell beállnia a projekteredmény 0-ra csökkentéséhez, tehát annál kisebb változást eredményez a számítási hiba.

Ad. b) Változás a létszámban

A következő tényező, amit érdemes lehet megvizsgálni a projekt érzékenysége terén, hogy mekkora hatással van a projekt sikerességére, ha nem sikerül kiváltani a robotok által annyi munkaerőt, amennyit előre elterveztünk. Úgy gondolom ennek akkor van nagyobb jelentősége, ha egy projekt során **több gépkezelő** munkáját is elvégzi a beruházási projekt eredménye. Jelenleg a vállalatnál úgy érzem ez nem aktuális, hiszen 1-1 robot telepítése zajlik az esetek jelentős részében, ahol 1, maximum 2 gépkezelő az, akinek a munkáját a robotok a későbbiekben elvégzik. Emellett a megtakarítások fő részét a **munkabérek csökkentése** jelenti, tehát ha ez egészben, vagy 50%-ban kiesik, akkor szinte biztosan negatív lesz a projekteredmény. Ezek okán nem érzem szükségesnek külön mutatót kialakítani a beruházás által kiváltott munkaerő számának csökkentésére, mert az ebben való eltérés szinte biztosan sikertelenséget jelent.

Azonban, ha a jövőben szükség lenne egy ilyen mutatóra, akkor a következőképpen lehetne kidolgozni: A létszám, mint fentebb említettem a legnagyobb hatással az **éves megtakarítások mértékére** van, amit azonban más tényezők is befolyásolnak, mint az amortizációs költségek és a korábban bemutatott fenttartási költségek, ha utóbbiaktól résznyire eltekintünk, akkor egy **közelítő értéket** tudunk kimutatni a létszámmal kapcsolatos kockázatok tekintetében. Ha azt feltételezzük, hogy a létszám változásával egyenes arányban változnak az éves megtakarítások, eltekintve attól, hogy ez esetben sem az amortizáció, sem az üzemeltetési költség nem változik, akkor a nettó jelenérték számítása során egy érzékenységi mutatószám fejezhető ki az egyenlőségre a beruházási

költség és a projekt időtartama alatt megtérült értékekre. Ez a mutatószám legyen \acute{E}_L , amit %-ban fejezünk ki.

$$K_T = \left(\frac{M_{1.\acute{e}}}{1,15} + \frac{M_{2.\acute{e}}}{1,15^2} + \dots + \frac{M_{n.\acute{e}}}{1,15^n} \right) \times \frac{\acute{E}_L}{100} \quad (31)$$

A képletből az \acute{E}_L -t kifejezve, megkapjuk a keresett mutatót a projekt érzékenysége a létszám tekintetében a következő:

$$\acute{E}_L(\%) = \frac{K_T}{\frac{M_{1.\acute{e}}}{1,15} + \frac{M_{2.\acute{e}}}{1,15^2} + \dots + \frac{M_{n.\acute{e}}}{1,15^n}} \times 100 \quad (32)$$

A mutató értelmezése során úgy gondolom fontos még egy paramétert figyelembe venni, azt, hogy ez a százalékos eltérés mennyi ember munkabérét jelenti. Bizonyos esetekben előfordulhat, hogy egy „fél” embert kíván csak az automatizált cella működtetése, és a dolgozó más feladatokat is elláthat az eddigiek mellett, de sokkal értelmezhetőbb ez a mutató, ha nem %-os formában adjuk meg, hanem a 100-os felszorzás helyett az eredetileg tervezett kiváltandó munkaerő számával szorozzuk meg a fenti képletet. Ez esetben azt kapjuk meg, hogy mekkora **személyek számában** mért változás szükséges a nettó jelenérték nullázásához. Ez alapján a módosított képlet a létszámra vonatkozó mutató számítására a következő:

$$\acute{E}_L(\text{fő}) = \frac{K_T}{\frac{M_{1.\acute{e}}}{1,15} + \frac{M_{2.\acute{e}}}{1,15^2} + \dots + \frac{M_{n.\acute{e}}}{1,15^n}} \times L_{cs} \quad (33)$$

Abban az esetben, ha az \acute{E}_L 1-nél nagyobb, akkor a projekt úgy is sikeres lehet, ha 1-el több ember marad a gyártósoron, mint ahogyan az előre elterveztük. Azonban, ha felmerül az, hogy érdemes lenne pontosan megvizsgálni, mennyivel csökken az NPV értéke a kiváltott létszám csökkentésével, akkor a táblázaton belül átírhatjuk az „ L_{cs} ” tényezőt manuálisan és ellenőrizhetjük, hogy pozitív-e még az eredményünk.

Ad. c) Változás a vevői megrendelés mértékében

A vevői megrendelés mennyisége szerződéshez kötött, ám előfordul, hogy a gyártási időszak során ettől a vevői lehívások eltérnek, ennek oka legtöbbször a **piac reakciója** a termékre. A jobbik eshetőség, amikor nő a vevői lehívás, ilyenkor a szerződést meg is szokták újítani sok esetben. Szükséges felmérni a gyártósor kapacitásai, illetve hol lehet, hol kell módosítani rajta a szükséges volumen eléréséhez. Ha ilyenkor előzetesen robotizálást hajtottunk végre, annak leginkább pozitív hatása lehet, hiszen lehetséges, hogy már előzetesen is növeltük ezzel a gyártósor áteresztőképességét, vagy könnyen lehetővé

tettük a lehetőséget hozzá. Az ilyen jellegű változás **pozitív**, nem jelent negatív kockázatot az automatizálási projekt megtérülését illetően.

A másik eset, mikor a vevői lehívások kisebbek a vártnál. Sajnos ilyen is elő tud fordulni, az utóbbi időben többször is tapasztaltuk ezt az elektromos platformok esetében, amik azzal magyarázható, hogy az európai gyártók elektromos autók eladása jelentősen kisebb, mint arra számítottak, ezért olykor a tervezettnél kevesebb alkatrészt vesznek meg. Az ilyen esetek **kockázatával** nehéz számolni, azonban egy hasonló ellenőrzést végezhetünk el, mint korábban a létszám esetében. A csökkenő gyártási volumen a megtakarításra olyan szempontból lehet hatással, hogy a termelésvezetésnek csökkenteni kell a műszakok számát a gyártósoron, mert mondjuk akár napi 2 műszakkal is teljesíthetővé válik a vevői megrendelés kielégítése. Ezt az esetet úgy tudjuk megvizsgálni, ha a táblázatban az „M_{sz}” értékét változtatjuk. Úgy gondolom ez minden esetben jelentős változást fog jelenteni a projekt **eredményességére**, gondoljunk csak a szakirodalomban pont ezt vizsgáló diagramra (4.ábra). Tehát az olyan esetekben, ahol félő annak az esélye, hogy a műszakok számában csökkenés várható, meg kell fontolni az automatizálást. Sajnos az ilyen esetek pont azért veszélyesek, mert nem számítunk az előre elvárt lehívások csökkenésére.

Azonban meg kell még azt is említeni a témához kapcsolódóan, hogy sokszor a vevői lehívás nagyon **dinamikus** tud változni, amit egy automatizált gyártósor működtetésével sokkal könnyebb üzemeltetni. Az emberi munkaerő esetén a motivációt tudja rombolni, ha az egyik héten el kell mennie szabadságra, a következő hetekben pedig akár 12 órában kell dolgozni, vagy hétvégi munkát kell vállalni a szállítási határidők dinamikus változása miatt. Ezzel szemben egy robotnak mindegy, hogy nappal kell dolgozni, vagy éjszaka, hétköznap vagy hétvégén. Ezzel egybefügg az is, hogy a robot üzemelési költsége egységes, míg az emberi munkaerő számára túlóra, éjszakai és hétvégi munkavégzés esetén is plusz díjakat kell fizetni. Ennek okán az olyan szituációkban is előnyös a robotok alkalmazása, amikor a vevői lehívások hektikusak. Egy teljesen automatizált gyártósor akár hétvégén és ünnepnapokon is teljes gőzzel tud üzemelni, azonban valamekkora felügyelet olyankor is szükséges.

Ad. d) A projekt időtávjában beállt változások

A gyártási projektek időtartama mindig szerződéssel kötött, tehát pontosan meghatározható a **projekt befejezésének ideje**. Olyan esetek előfordulnak, hogy bizonyos alkatrészek gyártását meghosszabbítják, azonban ez a gyártósoron elvégzett robotizálási projektek szempontjából pozitív, mert ilyenkor hosszabb az idő a megtérülésre, tehát a

projekt végének időbeli eltérésének csak pozitív kockázat lehet, tehát ezzel nem érdemes foglalkozni.

Azonban ha a fejlesztő projekt **kivitelezésében csúszás** következik be, az csökkentheti a megtérülési időszakot, ezzel csökkentve a megtakarítás mértékét is, tehát kockázattal jár, érdemes vizsgálni.

Egy olyan mutatót lenne célszerű elkészíteni, ami azt mutatja meg, hogy robotizált projekteredmény átadása szempontjából mekkora időbeli csúszás esetén lesz még éppen 0 a befektetés nettó jelenértéke a gyártási projekt tekintetében. A leginkább ez **hónapok számában** lenne célszerű **kimutatni**, hiszen 1 éves csúszás nagyon nagy, akkor már biztosan eltekinthetünk a projekt eredményességétől, az 1 nap pedig véleményem szerint túl kicsi egység. Továbbá az is a mellett szól, hogy ezt a mutatót hónapra vetítve mutassuk ki, hogy a megtakarítások is a segéd táblában hónapra vetítve vannak kimutatva. Ha a projekt átadása késik, az azt jelenti, hogy a gépet üzemeltető dolgozónak még az adott időszakban ki kell fizetni a bérét, azonban az amortizációs költségben nincs különbség, hiszen ha később kezdjük el amortizálni az eszközt, akkor rövidebb időszakra ugyan, de nagyobb egységnyi költséggel jelenik meg. Azonban az üzemelési költségek sem jelennek meg, tehát az is érdemes figyelembe venni. Ezek alapján azt kell megvizsgálni, hogy mennyi hónapnyi megtakarítástól eshetünk el, hogy a nettó jelenértékünk még pozitív maradjon a gyártási projekt végére. Úgy gondolom elegendő az első év egységnyi hónapra eső megtakarítását figyelembe venni, bár így a mutatón résznyire torzíthat, ha a beruházás átadása egyik naptári évről a másikra csúszik át. Ez alapján a következő képlet írható fel:

$$0 = NPV - \dot{E}_i(\text{hónap}) \times (M_h \text{ első évben} - K_{\ddot{u}} \text{ első évben}) \quad (34)$$

Ebből az \dot{E}_i -t, azaz az időbeli csúszás érzékenységét kifejezve a következő mutatót kaptam:

$$\dot{E}_i(\text{hónap}) = \frac{NPV}{M_h \text{ első évben} - K_{\ddot{u}} \text{ első évben}} \quad (35)$$

Ad. e) Változás az éves megtakarítás mértékében

Az éves megtakarítás mértékében beállt változás érzékenysége már meg lett határozva, amikor a létszámváltozásra szerettem volna érzékenységmutatót készíteni, ez az \dot{E}_L százalékos mértéke, amit ezentúl nevezünk \dot{E}_M -nek, mint az éves megtakarításban beállt változás, ami függhet a munkaerőköltség, amortizáció és/vagy üzemeltetési költségek számításában rejlő lehetséges eltérésektől. Az \dot{E}_L értékét pedig csak „fő”-ben mutassuk ki innentől, ami az \dot{E}_M -ből fog következni, és a legkevésbé pontos érzékenységi mutatószám. Ezek alapján a résznyire módosított képletek a következők:

$$\dot{E}_M(\%) = \frac{K_T}{\frac{M_{1.é}}{1,15} + \frac{M_{2.é}}{1,15^2} + \dots + \frac{M_{n.é}}{1,15^n}} \times 100 \quad (36)$$

$$\dot{E}_L(\text{fő}) = \frac{\dot{E}_M}{100} \times L_{cs} \quad (37)$$

5.3. Selejtköltségek csökkentésével elért megtakarítás

A vállalatunknál az IATF szabványoknak megfelelően magas szintű selejtkövetés zajlik. Tehát, ha egy alkatészről kiderül, hogy nem megfelelő, azonnal elkülönítésre kerül, és egy selejtkód kerül rá. Az említett **selejtkódok** segítségével lehet azonosítani a hiba okát. Minden műszak végén a csoportvezetők a megadott tárolókba gyűjtik a nem megfelelő alkatrészeket, és könyvelik őket. A selejtkód továbbá nem csak a hiba okát, jelöli, hanem az is, hogy melyik műveleten lett az alkatrész elkülönítve, ez alapján pontosan meghatározható az adott alkatrészen elvégzett **hozzáadott érték** mértéke. A könyvelés segítségével tudjuk elemezni a hibás alkatrészeket, illetve havi szinten kimutatás készül minden gyártósor **minőségköltségéből**. Ezen elemzések segítségével, jól meghatározhatók, melyek azok a selejtkódok, amik robotok alkalmazásával adott feladatok elvégzésére, megszüntethetők. Ezen költségek így behatárolhatók, meg kell vizsgálni, éves szinten mekkora megtakarítás érhető el, ha kiküszöbölésre kerülnek és adjuk meg a táblázatban. Jelölése legyen: M_S .

Ezt pedig a valós havi költségmegtakarításokhoz vehetjük figyelembe pozitív előjellel.

$$VM_h = M_h - A_R - A_e - K_{\ddot{u}} - K_k + \frac{M_S}{12} \quad (38)$$

Azonban a többi tényező esetén elmondható, hogy figyelembe vesszük azt, hogy évről évre változhat, ezt úgy vélem a selejtköltségek megtakarítása szempontjából is figyelembe lehet venni. Egy hibás alkatrész költségére is hatással van a munkaerő költség változása, hiszen a benne lévő hozzáadott érték is ennek megfelelően változik, illetve időnként az **alapanyagköltségek** is tudnak változni, ezáltal ugyancsak módosítva a hibás alkatrészek költségét. Ennek okán a selejtköltségeket hónapra bontom, és megadok egy %-os tényezőt, mely értékével a selejtköltség módosul az évek között.

$$M_{Sh} \text{ első évben} = \frac{M_S}{12} \quad (39)$$

$$M_{Sh} \text{ az } n. \text{ évben} = M_{Sh} \text{ az } (n - 1). \text{ évben} * (1 + M_{Sn} \text{ az adott év elején}) \quad (40)$$

ahol,

- M_{Sn} , a selejtköltség éves növekedésének mértéke (%)

Ezek alapján pedig a módosult valós havi költségmegtakarítás számításának módja:

$$VM_h = M_h - A_R - A_e - K_{\dot{U}} - K_k + M_{Sh} \quad (41)$$

5.4. Gyártókapacitás növekedésével elért megtakarítás

A gyártókapacitás növekedésével közvetlenül nem lehet költségmegtakarítást elérni, hiszen összességében nem csökkennek a költségeink, azzal, hogy több alkatrészt állítunk elő. Azonban az egy alkatrész gyártási költsége mindenképpen csökken, ha az előállítási ideje csökken. Az alkatrész előállításán dolgozó gépkezelő bére ugyan több alkatrészre oszlik el ilyen esetben, igaz ez továbbá az egyéb költségekre, amik beépülnek az alkatrész **hozzáadott értékéhez**.

Az automatizálás során a mellékidőket csökkenthetjük a legtöbb esetben, hiszen a vállalatnál jellemző forgácsolási műveletek fő ideje a CNC gépeken belül zajlik, tehát a gépóráköltségek nem csökkenthetők, azonban a gépkihasználás növelhető az automatizálás segítségével.

Ezek alapján külön nem tudunk megtakarított értéket megadni a gyártókapacitás növelése során, azonban ha megnöveljük a gyártásunk áteresztő képességét, és el is tudjuk adni a legyártott alkatrésztöbbletet, az az **eredményességben** meg fog jelenni pozitív előjellel.

6. Összefoglalás

A diplomadolgozat előzetes célkitűzései közé tartozott a szakirodalom vizsgálata a robotok műszaki és gazdasági hátterének tekintetében, illetve ezek összehasonlítása a Linamar Hungary Zrt. LPD divíziójában található vállalati háttérrel. Célul tűztem ki továbbá az összehasonlításban tapasztalt eltérések alapján javaslatok, fejlesztések tételét, illetve olyan mutatók elkészítését, melyek a vizsgálatok során vétett pontatlanságok hatásait vizsgálják.

A diplomadolgozatom során megvizsgáltam a robotizációval és automatizálással kapcsolatos szakirodalmat. Megvizsgáltam a megvalósítás műszaki hátterét, mint a robotok típusai, a robotok részei illetve a programozási lehetőségek. Megvizsgáltam továbbá azokat a gazdasági tényezőket, és mutatószámokat, amik alapul szolgálhatnak egy vállalat számára ahhoz, hogy a robotok bevezetését alá tudják támasztani. Ilyen mutatószámok voltak a nettó jelenérték, a megtérülési idő számítása, a költség-haszon elemzések, az érzékenységvizsgálatok és a pénzáramlás vizsgálata.

Ezt követően megvizsgáltam a vállalatnál jelenleg működő műszaki hátteret a robotcellák telepítése kapcsán, illetve azt a rendszert, ami a javaslatok gazdasági hátterét vizsgálta. A műszaki háttér tekintetében megvizsgáltam a különbségeket a saját belső megvalósítás és a külsős kivitelezők által végzett kulcsrakész projektek között, illetve a belső megvalósítást részletesebben is bemutattam. A szakirodalom és a vállalati rendszer összehasonlítását követően rávilágítottam a használt rendszer néhány hiányosságára, illetve olyan pontokra, ahol a szakirodalom mást ajánl, ezek a következők voltak:

- Üzemelési és karbantartási költségek
- Érzékenységvizsgálatok
- Selejtköltségek csökkentésének figyelembe vétele
- Gyártókapacitás növelésének figyelembe vétele.

Ezt követően a hiányosságok pótlására tettem javaslatot, ami alapján képleteket hoztam létre a következő értékek számítására:

- Üzemelési költségek
- Karbantartási költségek
- A befektetési költségekre való érzékenység
- A kiváltott létszámra való érzékenység
- Az időbeli csúszásra való érzékenység

– A selejtek csökkenésével elért megtakarítás

Bízom benne, hogy az általam javasolt fejlesztések révén a már egyébként is jól működő rendszer működése tovább tud javulni a jövőben, és segíti a döntéshozókat azt illetően, hogy mely robotizációval kapcsolatos projekt végrehajtását hagyják jóvá.

A célkitűzések között szerepelt a pontatlanságok hatásainak vizsgálata, melyeket a különböző érzékenységvizsgálatok elégítenek ki, ezek segítenek meghatározni azt, hogy mely tényezők teljesítésére kell különös figyelmet fordítani.

7. Summary

In my thesis I reviewed the literature on robotisation and automation. I examined the technical background of the implementation, such as types of robots, parts of robots and programming options. I have also examined the economic factors and indicators that can serve as a basis for a company to justify the implementation of robots. These indicators included net present value, payback period calculations, cost-benefit analyses, sensitivity analyses and cash flow studies.

I then looked at the technical background currently in operation in the company with regard to the deployment of robotic cells and the system that examined the economic background to the proposals. In terms of technical background, I have examined the differences between in-house implementation and turnkey projects carried out by external partners, and I have also described in more detail the in-house implementation. After comparing the literature with the company's system, I highlighted some of the shortcomings of the system used and points where the literature recommends otherwise, namely:

- Operating and maintenance costs
- Sensitivity
- Taking into account the reduction in the cost of sulphur
- Consideration of increasing production capacity.

The following solutions were then proposed to fill the gaps:

- Operating costs:
- Maintenance costs
- Sensitivity of investment costs:
- Sensitivity of the replaced members:
- Sensitivity of keeping a schedule:
- Taking into account the reduction in the cost of scrap

I am confident that the improvements I have proposed will improve the already well-functioning system in the future and help decision-makers decide which robotisation projects to approve.

Irodalomjegyzék

1. American Robotic Industries Association – ROI Calculator (n.a.) [Online] [<https://www.automate.org/robotics-roi-calculator>] [Letöltés dátuma: 2024.02.14.]
2. Association for advancing Automation oldala (n.a.) [Online] [Link: <https://www.automate.org/products/industrial>] [Letöltés dátuma: 2023.12.22.]
3. Balkeshwar Singh, N. Sellappan, Kumaradhas P. (2013): Evolution of Industrial Robots and their Applications [Online] [Link: https://www.academia.edu/71682433/Evolution_of_Industrial_Robots_and_their_Applications] [Letöltés dátuma: 2024.01.14.]
4. Budai Balázs Benjámin (2017): A közigazgatás újragondolása [Online] [<https://mersz.hu/kiadvany/276/info/>] [Letöltés dátuma: 2024.02.21.]
5. CNC Média (2019): Az ipari robotokról [Online] [Link: <https://www.cnc.hu/2019/09/az-ipari-robotokrol/>] [Letöltés dátuma: 2023.12.22.]
6. Cont-L Kft.(n.a.): Manupulátor, robot vezérlés [Online] [Link: <http://www.cont-l.hu/hu/automatizalas/termekek/megoldasok/manipulator-vezerles.php>] [Letöltés dátuma: 2024.01.14.]
7. Demeter Krisztina, Gelei Andrea, Matyusz Zsolt, Nagy Judit (2022): Tevékenységmenedzsment [Online] [<https://mersz.hu/kiadvany/934/info/>] [Letöltés dátuma: 2024.02.24.]
8. Deutsch Nikolett (2023): A stratégiai technológiamenedzsment alapjai [Online] [<https://mersz.hu/kiadvany/1076/info/>] [Letöltés dátuma: 2024.02.24.]
9. Dombi Tibor (2017): Ipari robotokról alapfokon 1. [Online] [Link: <https://pid.hu/?module=KnowledgebasePost&ID=32>] [Letöltés dátuma: 2024.01.14.]
10. Dombi Tibor (2017): Ipari robotokról alapfokon 2. [Online] [Link: <https://pid.hu/index.php?module=KnowledgebasePost&ID=33>] [Letöltés dátuma: 2024.01.14.]
11. Enterprise Group (2019): Még hatékonyabb robotizálás a termelés szolgálatában [Online] [Link: <https://enterprisegroup.hu/hirek/meg-hatekonyabb-robotizalas-a-termeles-szolgalataban>] [Letöltés dátuma: 2023.12.27.]
12. Husti István (2020): Projekttervezés , Gödöllő.
13. Husti István (2023): Műszaki Termelésmenedzsment , Gödöllő.
14. Jeff Freeman (2023): Automakers: Justify ROI Before You Buy [Online] [Link: https://www.engineering.com/story/automakers-justify-roi-before-you-buy?utm_campaign=c74575a17b-EMAIL_CAMPAIGN_7_12_2018_8_42_COPY_01&utm_medium=email&utm_source=engineering.com&utm_term=0_622b2cc90f-c74575a17b-322501757] [Letöltés dátuma: 2024.02.12.]

15. Katarina Rojko (2020): SUSTAINABLE INDUSTRY ROBOTIZATION [Online] [Link: <http://www.iiass.com/pdf/IIASS-Volume13-Number2-2020.pdf#page=6>] [Letöltés dátuma: 2023.12.27.]
16. Kovács Zoltán (2017): A termelő és szolgáltató rendszerek fejlesztésének főbb irányai [Online] [<https://mersz.hu/kiadvany/256/info/>] [Letöltés dátuma: 2024.02.20.]
17. Linamar Corporate honlapja (n.a.) [Online] [Link: <https://www.linamar.com>] [Letöltés dátuma: 2023.12.21.]
18. Linamar Hungary Zrt. magyar honlapja (n.a) [Online] [Link: <https://www.linamar.hu/index.php/hu/>] [Letöltés dátuma: 2023.12.21.]
19. Mitsubishi Electric (2023): Robotizálás és ROI: tervezés és a beruházás megtérülése [Online] [<https://hu.mitsubishielectric.com/fa/news/blog/robotizalas-es-roi-tervezes-es-a-beruhazas-megterulese>] [Letöltés dátuma: 2024.02.12.]
20. MVM – Villamosenergia árak [Online] [<https://www.mvmnext.hu/ee/egyetemes-szolgaltatas/szolgaltatasok/villamos-energia/villamos-energia-tarifak>] [Letöltés dátuma: 2024.03.30.]
21. Pintér József (2011): Robottechnika, Ipari robotok irányítása és programozása 5. előadás [Online] [Link: http://www.sze.hu/~pinter/NGB_AJ017_1%20ROBOTTECHNIKA/2011_2012_tanev_I_oszi_felev/ROBOTTECHN_05_EA_Ir%E1ny%EDt%E1s_%20programoz%E1s_2011.pdf] [Letöltés dátuma: 2024.01.14.]
22. Project Management Institute (2020): Projektmenedzsment Útmutató [Online] [<https://mersz.hu/kiadvany/663/info/>] [Letöltés dátuma: 2024.02.20.]
23. Robert Ulewicz, Magdalena Mazur (2019): Economic Aspects of Robotization of Production Processes by Example of a Car Semi-trailers Manufacturer, [Online] [<https://journalmt.com/pdfs/mft/2019/06/24.pdf>] [Letöltés dátuma: 2024.02.12.]
24. Székács Imre (2015) Számvitel A-tól Z-ig [Online] [<https://mersz.hu/kiadvany/600/info/>] [Letöltés dátuma: 2024.02.24.]
25. Tóth Tamás (2021): Vállalati pénzügyek [Online] [<https://mersz.hu/kiadvany/835/info/>] [Letöltés dátuma: 2024.02.20.]
26. Zéman Zoltán, Béhm Imre (2017): A pénzügyi menedzsment kontroll elemzési eszköztára [Online] [<https://mersz.hu/kiadvany/242/info/>] [Letöltés dátuma: 2024.02.21.]
27. Zéman Zoltán, Béhm Imre (2019): Módszertan vállalkozások pénzügyi teljesítményének mérésére [Online] [<https://mersz.hu/kiadvany/487/info/>] [Letöltés Dátuma: 2024.02.21.]

Ábrajegyzék

1. ÁBRA: AZ ELSŐ KERESKEDELMI FORGALOMBAN KAPHATÓ ROBOT.....	5
2. ÁBRA: KOLLABORATÍV ROBOT.....	11
3. ÁBRA: A ROBOTIZÁLÁS BEVEZETÉSÉNEK ÖSSZESÍTETT PÉNZÁRAM DIAGRAMJA, TERMELŐ MŰSZAKOK FÜGGVÉNYÉBEN.	18
4. ÁBRA: AZ AUTOMATIZÁLÁSRA FORDÍTOTT BEFEKTETÉS MEGTÉRÜLÉSE.....	19
5. ÁBRA: AZ AUTOMATIZÁLÁS HATÁSA A FOGLALKOZTATOTTAK LÉTSZÁMÁRA ILLETVE A KIBOCSÁTÁSRA AZ USA-BAN.....	22
6. ÁBRA: MINTA EGY GYÁRTÓSOR SZERVEZETI FELÉPÍTÉSÉRE A VÁLLALATNÁL.	26
7. ÁBRA: A KÜLSŐS INTEGRÁTOR KIVÁLASZTÁSA SORÁN ALKALMAZOTT ÖSSZEGZŐ.	39
8. ÁBRA: AUTOMATIZÁLNI KÍVÁNT TERÜLET ALAPRAJZA AUTOCAD-BEN.....	41
9. ÁBRA: AZ EGYIK AUTOMATIZÁLÁSI PROJEKT GANTT DIAGRAMJA	42
10. ÁBRA: A DIGITÁLIS IKER ELKÉSZÍTÉSE SEGÍTI A TERVEZÉST.....	43
11. ÁBRA: A DIGITÁLIS IKER ÉS AZ ELKÉSZÜLT ROBOTCELLA ÖSSZEHASONLÍTÁSA.....	44

Mellékletek jegyzéke

1. Melléklet: Feladatkiírás a külső kivitelezők részére



LINAMAR HUNGARY ZRT. LPD DIVISION

Automatizálási projekt megnevezése

Feladatkiírás

Tartalom

1. Feladat leírása	2
A munkafolyamat fő lépései:	2
Gépidők és elvárt teljesítmény	2
További információk:	2
2. Feladat megjelölése tételenként	4
3. Egyéb információ	6
4. Munkadarab.....	7
Rajzszám – Megnevezés (tömege: _ kg)	7
5. Layout	8
Elvégzendő feladat:.....	8

1. Feladat leírása

A feladat részletes leírása, például a megvalósítandó anyagáramlás pontos leírása.

A munkafolyamat fő lépései:

1. Lépés
2. Lépés
3. Lépés...stb

Egyéb információk a munkafolyamatot illetően

A cellának minden tekintetben meg kell felelnie az érvényben lévő munkavédelmi és biztonságtechnikai jogszabályoknak/előírásoknak.

Gépidők és elvárt teljesítmény

GÉP	Ciklusidő/db [sec]
Művelet 1	_
Művelet 2	_

Műszakonként az elvárt teljesítmény: minimum _ db.

További információk:

1. *A cella berendezéseinek készülékezését a kivitelező meg kell vizsgálja, és ha szükséges olyanra kell alakítsa ami mind robotos mind operátoros üzemre egyaránt alkalmas, átszerelés és átállítás nélkül.*
2. *Ideiglenes tároló pufferek szükségességét a kivitelező meg kell vizsgálja. Cél a munkafolyamat optimalizálása és a darabcserek idejének rövidítése a kívánt ciklusidő biztosítása érdekében.*
3. *A feladat része, hogy a kivitelező megvizsgálja a rendelkezésre álló berendezéseket, majd kiépíti a megfelelő jelkommunikációt hardveresen és szoftveresen. Példa egy egyszerű robot interfész kialakításra: egy adott berendezés bizonyos kimeneti jeleit relésen "lemásolva" továbbítani a robotcella vezérlő irányába, illetve a robotcella vezérlőtől érkező IO jeleket relésen rácsatlakozva beadni az adott berendezés bemeneteire.*
4. *A feladat része továbbá a cellához kapcsolódó berendezések biztonsági áramkörbe való bekötése. Biztonsági jeleket csak biztonsági tanúsítvánnyal rendelkező eszközökön keresztül lehet felhasználni.*
5. *A robot és a cellavezérlés optimális programjának kidolgozása része a feladatnak. Véglegesítésük a kivitelező által bemutatott tervek után, közös megegyezés alapján történhet.*
6. *A gépészeti, elektromos és biztonsági elképzeléseket/terveket valamint vezérlési logikákat előzetesen egyeztetni kell a Linamar illetékeseivel koncepcionális tervsűrűségeken.*

Ez után és ezek alapján indulhat a részegységek részletes megtervezése, majd a kidolgozott tervek ismertetése újabb tervzsűrin. Ezen tervek jóváhagyása/vagy kijavítása után elfogadott a részegységek és cella kivitelezése.

- 7. Elvárás, hogy a kivitelező biztosítsa, hogy az átadott robotcella megfelelően és hibamentesen fog üzemelni, és valamennyi cellában érintett berendezés oly módon lesz kialakítva és átalakítva, hogy azok ne okozhassanak selejtes munkadarab képződést.*
- 8. Elvárás, hogy az átadott robotcella legalább 3 hónapos üzemideje alatt felmerülő valamennyi nem megfelelőség/tervezési hiba a projekt keretén belül kijavításra kerüljön.*

2. Feladat megjelölése tételenként

Feladat	Megvalósítás szükségessége		Megjegyzés
	Igen	Nem	
1. Rendszer mechanikus tervezése és kivitelezése			
2. Érintett berendezések és készülékeknek robottal és operátorral kompatibilisre alakítása (tervezés, kivitelezés)			
3. Cellavezérlő rendszer elektromos tervezése és kivitelezése (PLC, HMI, érzékelők, vezérlő elemek, stb.)			
4. Biztonsági áramkör tervezése és kivitelezése (ajtóretesz, vészstop áramkör)			
5. Biztonsági kerítés kialakítása			
6. A cellához kapcsolódó berendezések bekötése a cella vezérlőrendszerébe (biztonsági áramkörök, kommunikációs BUS, IO jelek, berendezések galvanikus leválasztása)			
7. Rendszer vezérlőlogikájának megtervezése és kivitelezése (PLC, HMI programozás)			
8. Csepegtető állás(ok) tervezése és kiépítése			
9. Munkadarab behordó pálya kiépítése			
10. Hűtő -továbbító pálya kiépítése			

Feladat	Megvalósítás szükségessége		Megjegyzés
	Igen	Nem	
11. Mdb előkészítés a gépekhez, berendezésekhez			
12. Munkadarab fordító kiépítése			
13. Jelölő állomás kiépítése			
14. Jelölés ellenőrző berendezések kiépítése			
15. Mérőállomások kiépítése			
16. Elkészült, "JÓ" termék kihordó pálya kiépítése			
17. Nem megfelelő, "SELEJT" termék kihordó pálya kiépítése			
18. Egyéb kihordópálya kiépítése			
19. Robot beszerzése			
20. Robot felszerszámozása (robot állvány, megfogók, érzékelő rendszer, pneumatika kialakítása)			
21. Robotinterfész jelek kialakítása (kapcsolat a cella berendezéseivel)			
22. Robot és a cellához szükséges egyéb eszközök programozása és beállítása			
23. Gyártás nyomkövetés rendszerbe integrálás			
24. Dokumentációk elkészítése (Gépkönyv, használati utasítás, karbantartási terv, pótalkatrész lista) a 16/2008 (VIII.30) NFGM rendelet-8 melléklet szerint			
25. Műszaki dokumentációk megosztása elektronikus formában (projekt és CAD fájlok, elektromos tervek, PLC-, HMI-, Robot programok stb.)			
26. Az operátoros üzemmód lehetőségét (robot nélküli üzem) biztosítani kell a cellának!			
27. A kezelő terminálon szükséges minimális információk			

3. Egyéb információ

Elvárt ciklusidő (másodperc/db) :		Munkadarab típusok száma:	1
--------------------------------------	--	---------------------------	---

Termelés műszakrendje:	3	A munkadarab(ok) rajzszáma:	
---------------------------	---	--------------------------------	--

<u>Fizetési ütemezés:</u>	<u>Fizetési határidő:</u> xx. nap az átvételtől
----------------------------------	--

Szállítási határidő: Megrendeléstől számított	legfeljebb xx hét
---	-------------------

Figyelem!

Fizetési információk helye.

Figyelem!

1. A cella kialakításánál figyelembe kell venni a gépek karbantartásához szükséges helyigényeket
2. A tervzsúrihez a következő dokumentációk megléte szükséges, amelyeket a tervzsúri időpontja előtt 3 nappal el kell küldeni:
 - i. 3D-s model a celláról/részegységekről
 - ii. Elektromos kapcsolási rajz (különös tekintettel a biztonsági áramkörökre)
 - iii. A cella vezérlési és működési elvének leírása, külön a robotos és külön a kézi/operátoros üzemeltetésre
 - iv. Alkalmazott biztonsági rendszer működésének ismertetése
3. Munkavédelmi előírások ismertetése
4. **Preferált gyártók: Festo, Schunk, Omron, Keyence**

A berendezést/cellát a hatályos jogszabályoknak megfelelően és CE jelöléssel kérjük szállítani.

A projekt kivitelezésénél figyelmen kell tartani a munkavédelmi és biztonsági előírásokat a: 16/2008 NFGM (VIII.30) ;10/2016 (IV.5) NGM rendelet; MSZEN ISO 13849-1:2008; MSZEN 60204-1:2010; MSZEN ISO 13850:2008;MSZEN 61810-3:20015; MSZEN ISO 12100:2011; MSZEN ISO 13857:2008, MSZEN 574:1996 + A1:2008; MSZEN ISO 10218-1:2011; MSZEN 12417:2001 + A2:2009; MSZEN ISO 23215:2015;MSZ 2364-460:2002; MSZ HD 60364-4-43:2010, MSZ HD 60364-5-534:2009; MSZEN 60445:2011; MSZ HD 60364-5-52:2011; MSZ 2364-523:2002, MSZ 14550-4:1979; MSZ 14550-5:1984; MSZ 2064-2:1998; MSZ 146-6/2M:2003; MSZEN 50334:2001; MSZ IEC 617-1:1993 szabvány és MEBU-07 (Linamar) eljárás szerint.

4. Munkadarab

Rajzszám – Megnevezés (tömege: _ kg)

**Alkatrész
axonometrikus
modell**

**Alkatrész főbb
méreteiről rajz**

5. Layout

Elvégzendő feladat:

- gépek/részegységek elrendezésével kapcsolatos optimalizálási javaslat
- szükséges részegységek helyeinek meghatározása (pufferek, lefúvatók, be/kihordó pálya, stb.)
- robot és részegységei helyének meghatározása (robot vezérlő szekrény, cella vezérlő szekrény, kezelői terminál, stb.)

2D layout

1.ábra: LAYOUT Részlet

A robot rendszer kiépítéséhez szükséges végleges kialakítási javaslatot a kivitelezőtől várjuk. A layout optimalizálásakor figyelembe kell venni a cella berendezéseinek egyéni adottságát (vezérlőszekrények ajtajai, szerelőnyílások helyei), továbbá a karbantartásokhoz és gépbeállításokhoz szükséges területi igényeket, továbbá azt hogy operátoros üzem esetén a megfelelő területi igények mellett lehessen dolgozni.

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréseről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Liska Tamás János
A Hallgató Neptun kódja:	EB20KE
A dolgozat címe:	A robotizáció bevezetésének/alkalmazásának műszaki-gazdasági megalapozása adott vállalati környezetben
A megjelenés éve:	2024
A konzulens intézetének neve:	Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Műszaki Menedzsment Tanszék

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

Ha a fenti nyilatkozattal valótlanul 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 szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: 2024.04.18.



Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Liska Tamás János (EB20KE) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakedolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

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

Kelt: Gödöllő, 2024.04.19.



belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.