

Diplomamunka

Zelen Zsombor
Műszaki menedzser

Gödöllő
2024



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Műszaki menedzser Szak**

**Ipar 4.0 gyártásában felmerülő problémamegoldás Six Sigma
módszer alkalmazásával**

Belső konzulens:	Dr. Husti István Professzor emerius
Külső konzulens:	Bíró Bálint Projektmenedzser
Készítette:	Zelen Zsombor WJPWLJ levelező
Intézet/Tanszék:	Műszaki Intézet

**Gödöllő
2024**

2024

Tartalomjegyzék

1.	BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS.....	5
2.	A TÉMÁHOZ KAPCSOLÓDÓ HAZAI ÉS NEMZETKÖZI SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE.....	6
2.1.	VÁLLALATI FOLYAMATFEJLESZTÉS.....	6
2.2.	A PDCA FOLYAMATFEJLESZTÉSI ESZKÖZ.....	7
2.3.	ÜZLETI FOLYAMATOK	8
2.3.2.	<i>A Business Process Improvement BPI</i>	<i>11</i>
2.3.3.	<i>A Business Process Reengineering BPR.....</i>	<i>12</i>
2.3.4.	<i>Az üzleti folyamattervezés folyamata és résztvevői</i>	<i>12</i>
2.4.	A SIX SIGMA	13
2.5.	A LEAN	16
3.	ANYAG ÉS MÓDSZER.....	19
3.1.	A VÁLLALAT TÖRTÉNETÉNEK BEMUTATÁSA.....	19
3.2.	A GYÁR TERÜLETÉNEK ÉS FOLYAMATAINAK ISMERTETÉSE	20
3.3.	A CÉG ÁLTAL HASZNÁLT LEAN ALAPELVEK.....	22
3.3.1.	<i>A Kicsi Kocsi által használt 8 Axióma</i>	<i>23</i>
3.4.	HASZNÁLT MÓDSZER BEMUTATÁSA.....	24
4.	SAJÁT MUNKA.....	29
4.1.	DEFINIÁLÁS.....	30
4.2.	MÉRÉS.....	35
4.3.	ANALIZÁLÁS	41
4.3.1.	<i>Lemezvastagság probléma</i>	<i>43</i>
4.3.2.	<i>Lakk vastagság probléma.....</i>	<i>46</i>
4.3.3.	<i>Nem jó a lemez darabszám az egyes szegmenseken és tolerancián kiesik</i>	<i>46</i>
4.3.4.	<i>Tolerancia bővítése.....</i>	<i>50</i>
4.4.	FEJLESZTÉS.....	54
4.4.1.	<i>PSM 200 módosítása</i>	<i>56</i>
4.4.2.	<i>ASM 100 módosítása.....</i>	<i>57</i>
4.4.3.	<i>PSM 150 módosítása</i>	<i>58</i>
4.4.4.	<i>PSM 100 módosítása</i>	<i>60</i>
4.5.	SZABÁLYOZÁS	62
5.	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	66
6.	ÖSSZEFOGLALÁS	67
7.	SUMMARY	68
8.	IRODALOMJEGYZÉK	69
9.	MELLÉKLETEK	70
10.	NYILATKOZATOK.....	71

1. Bevezetés és célkitűzés

Diplomamunkámat egy ma igen felkapott ugyanakkor vitatott témából írnám, ami az elektromos autóipar. Mivel Magyarországon az akkumulátor gyártásból származó károsanyag kibocsátás és a környezetvédelmi előírások be nem tartása ellenséges viszályokat ébreszt az emberekben, sokan az akkumulátorokhoz kapcsolódó egyéb termékeket is ide kötik. Tény és való, hogy sok ipari környezet függetlenül az akkumulátor gyártástól, egyaránt környezetszennyező hatással bír a maga értelmében, viszont tagadhatatlan, hogy ahogy az akkumulátorok, úgy a kisebb méretű elektromos motorok is a mindennapjainkat képzik és elengedhetetlen-felszereltség az egyes gépek, mozgólépcsők, felvonók, ajtók, és sok más mozgó gépnek. Hiába a környezetszennyezés és a megosztottság az elektromos iparban, elmondható tehát, hogy a szükségességük a napjainkban majdhogy nem elengedhetetlen.

Az elektromos autóipar még egy feltörekvő iparág és napjainkban még nem beszélhetünk bevált gyártási metódusokról, vagy technikákról, mellyel a 100%-os hatékonyság elérhető, azonban lényegesebben jobb kihasználtság érhető el velük, mint robbanómotoros társuk esetében. Az új Európai szabványoknak és törvényeknek köszönhetően 2035-38 környékére pedig a teljes átállást jósolják villamos autókra. Bár az ehhez szükséges berendezések és egyéb feltételek még nem adóttak minden országban, sejthető, hogy ez a szabályozás nagyban befolyásolja az iparág feltörekvését.

Esetemben egy kifejezetten elektromos autók motor gyártására szakosodott cég gyártásának folyamat optimalizálásán fogok dolgozni és ezt fogom kutatni, hogy hol milyen módon tudom segíteni fejlesztés oldalról a gyártás támogatását. A gyártás támogatás esetében pedig egy régebbi termelés optimalizálási eljárás felé fogok visszanyúlni, mely a múlt évszázadban is bizonyított és már számos gazdasági válságban ehhez a metódushoz nyúltak segítségül. Ez nem lenne más, mint a LEAN menedzsment és a Six-Sigma DMAIC folyamat. Ebben a folyamatban elsőként definiálni fogom a probléma megnevezését, melyből egyértelművé fog válni milyen gyártási területnek a vizsgálati terület és a cél. Ezt követően elfogom végezni az adatgyűjtést és analizálom ezeket, majd, ha a hiba mértéke is definiálva lesz, az improve fázisban fejlesztési javaslatokat fogok véghez vinni. Ezeket a javaslatokat pedig egyesével elemezni fogom folyamatfejlesztés oldalról és óvintézkedéseket vezetek be rájuk, hogy a jövőben elkerüljük a hasonló hibák előfordulását.

2. A témához kapcsolódó hazai és nemzetközi szakirodalom áttekintése

2.1. Vállalati folyamatfejlesztés

Egy vállalat életében a folyamatok fejlesztése elengedhetetlen eszköz, hogy a profitunkat maximalizáljuk. A profit maximalizálásnak alapvetően 2 legegyszerűbb lehetőségét ismerjük: a bevétel növelése vagy a költségek csökkentése. [1] Mindkét esetben használhatjuk a három leggyakrabban alkalmazott folyamatfejlesztési módszert, amik a következők:

- Six Sigma
- LEAN
- Szűk keresztmetszet elmélete

Ezekről a folyamatfejlesztési megoldásokról elmondhatjuk, hogy céljaik, a vállalkozás hatékonyságának javítása, csökkentve a költségeket, javítva a minőséget és a versenyképességet. A folyamatfejlesztési eljárások segítenek nekünk problémák feltárásában, hipotézisek felállításában és megoldás keresésekben egyaránt. Főként olyan vállalkozásoknál van nagy jelentőségük, ahol a minőség és az ügyfélélmény kifejezett fontosságú. Ebből adódóan inkább a prémium, vagy felső kategóriás termékeknél figyelhető meg több folyamatfejlesztési módszer alkalmazása. Ezekkel a fejlesztésekkel továbbá nem csak egy adott Ügyfél elégedettségét tudjuk fenntartani, hanem a piacon is jelentős előnyökre tudunk szert tenni. [2]

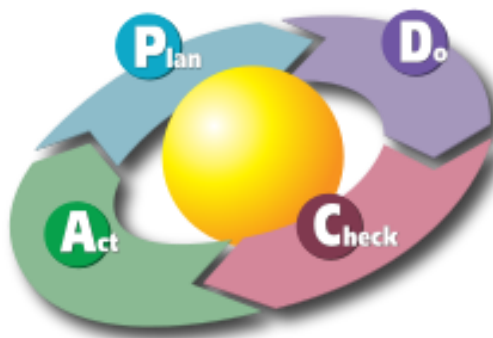
Ha egy cég szeretné megőrizni a versenyképességét a piacon, akkor beszélünk „szinten tartó” fejlesztésekről. Ebben az esetben nem szeretnénk előnyt növelni a versenytársakkal szemben, csupán megőrizni akarjuk az előnyünket. A másik lehetőség a „tudatos” fejlesztés, ami keretein belül a cég versenyelőny szerzést tűzi ki célként. Ettől függetlenül a szinten tartó fejlesztés is egy tudatos fejlesztés, csupán más a célja.

Ahogy a felsorolásomban is említettem, többféle folyamatfejlesztési módszer létezik, az, hogy egy vállalat melyiket alkalmazza, nagyban függ a – cég mentalitásától, filozófiai felfogásától és persze a menedzsmenttől. Hosszútávon ez fogja meghatározni, hogy milyen eszközökhöz nyúlunk egy kivizsgálás során. [3] Egyes folyamatfejlesztési megoldásokat követően viszont fontos megjegyezzük, hogy a megoldás bevezetése mindig utó ellenőrzést von maga után. Erre azért van szükség, hogyha az egyes bemenő paramétereket változtatjuk, akkor tudatában kell lenni, hogy valóban a kellő képen változik a folyamatunk, és esetleg máshol nem okoz-e problémát. Erre szolgál a következő fejezetben említett PDCA ciklus.

2.2. A PDCA folyamatfejlesztési eszköz

Fontos megemlíteni, hogy egy probléma megközelítése szemszögéből, az alapvető eszközünk a PDCA, vagyis a „Plan, Do, Check, Act”, magyarra fordítva a „Tervezz, Cselekedj, Ellenőriz, Avatkozz be”. Az egyes folyamatok a következőket jelenti jobban kifejtve [4]:

- Plan: Ebbe a fázisba tartozik egy esetleges megoldás bevezetésének kidolgozása.
- Do: A „Do,, vagyis a cselekedj fázisban a már említett megoldást vagy módosítást bevezetik és az implementálást követően folytatják az addigi folyamatot.
- Check: A check fázisban az adott folyamatunk megváltoztatását vizsgáljuk. Ehhez pedig a szükséges mutatószámok, bemenő paraméterek összevetése történik. Ha a változtatás javító hatással volt a folyamatunkra, akkor standardizálhatjuk. Fontos megemlíteni, hogy a változtatás behatását vizsgáljuk a folyamatunk későbbi pontjaiban is egyaránt, nehogy egy nem várt részen tűnjön fel olyan probléma, ahol eddig az nem volt jelen.
- Act: A hiba feltárását követően nem elég annak megszüntetésével lezárni a folyamatot, hiszen foglalkoznunk kell a jövőt érintően hasonló hibák megelőzésével is. [5]



1. ábra PDCA ciklus [5]

Ezek a ciklusok mindig önmagukba képesek visszakapcsolódni, ezzel folyamatosan ellenőrizve és fejlesztve önmagát.

A PDCA lefutása öt különböző módon történhet:

1. A folyamatos javítások elvén alapulva
2. Az egyes folyamatok újra szervezésével, amivel egy nagyobb áttörés érhető el
3. Benchmarking-al egy jóval nagyobb arányú haszon elérése miatt. [6]

Más irodalmakat összevetve láthatjuk, hogy nagyon hasonló eszközök is léteznek ennek alapján. Ilyen például a W. Edwards Deming által az 1950-es években fejlesztett egyszerűsített

verzió a „Demind ciklus”. Továbbá megemlíthetjük a LAMDA vagyis a „Look, Ask, Model, Discuss, Act” (Megvizsgálni, Kérdezni, Modellezni, Megvitatni, Cselekedni). Illetve még a tudásteremtési ciklus az „Al Ward”

Ahogy az korábban is említettem, a folyamatfejlesztés mint eszköz a LEAN házból származik és annak egy alappillére, valamint fontos minőségmenedzsmenti rendszer elem. Mivel a világunkban a technikai fejlődés napról napra jelentkezik és ez számos egyéb területet is egyaránt érint, a folyamataink fejlesztése elengedhetetlen lesz számunkra. Gondoljunk csak bele, hogy egy vevői igény egy termék vagy szolgáltatás után a piaci fejlődéssel egyaránt változik. Ezek a változások és igény növekedések okozzák a folyamataink folytonos fejlesztését. [4] [7]

Alap esetben csak akkor van szükség folyamatfejlesztésre, ha a standardtól valamilyen irányban eltérést tapasztalunk. Ekkor beavatkozunk egy adott folyamat szakasz működésébe és próbáljuk a kitűzött cél értéket elérni változtatásokkal. [8]
Ha viszont a piaci változásokhoz szeretnénk alkalmazkodni, akkor kis lépésekben kitűzött cél értékeket kell elérnünk. [9]

Ezeket a célértékeket mindig fontos, hogy érthetően és reálisan fogalmazzuk meg, amiket aztán eljuttatunk a kellő kommunikációs híddal a megfelelő embereknek.

Elkülöníthetünk továbbá nyugati felfogású folyamatfejlesztési modellt, illetve keletit. Utóbbit hívjuk kaizen-nek. [7]

2.3. Üzleti folyamatok

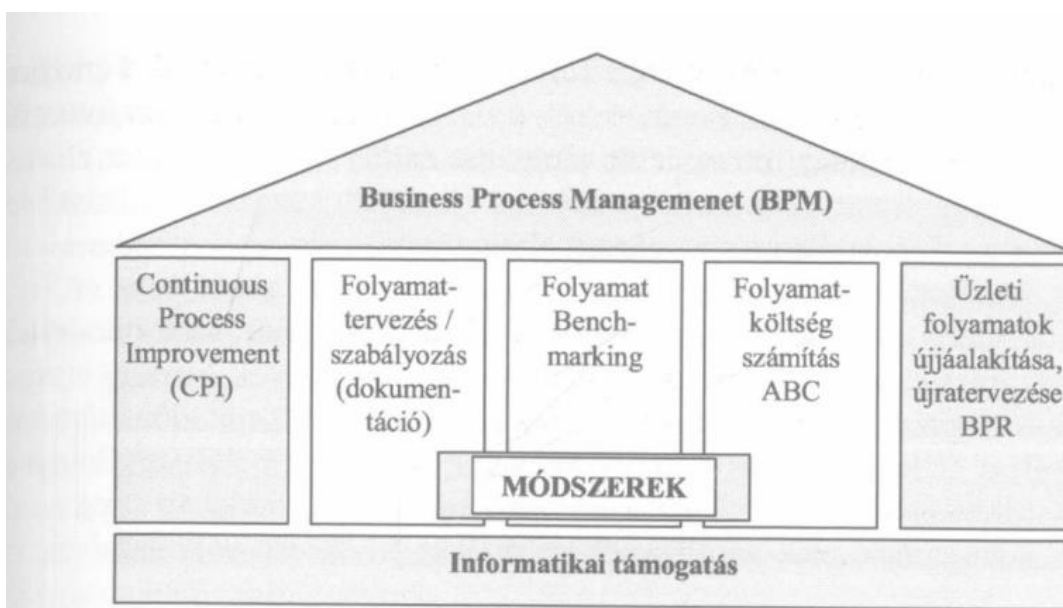
Az üzleti folyamatok (Business Process Management), vagyis a BPM segíti a vállalat folyamatfejlesztési metódusát. Ez a LEAN eszköz egy igen hosszú múltra tekint vissza. A BPM előnyeiként megemlíthetjük azt, hogy növeli a termelékenységét, úgy, hogy közben csökkenti az üzemeltetési költségeket. Ezt az automatizálással és a racionális gondolkodással teszi meg. Továbbá képes növelni a vállalat agilitását és rugalmasságát, oly módon, hogy megkülönbözteti a folyamatlogikát az egyéb üzleti szabályoktól a különböző folyamatmodellek által. [10]

A BPM ábra egy önmagába visszafutó ábra, csakúgy, mint a PDCA. Ebben az esetben viszont a következő a szerkezeti felépítés:



2.ábra BPM ciklus [11]

A BPM a 90'-es évektől él a köztudatban. Ez a szervezeti irányítási rendszer egy akkoriban régi és új módszerek keverékeként született meg. Az új rendszer értelmezhető egy ház modellként is, mely 5 fő pillérből áll. Ennek az 5 pillérnek a 2 legfontosabbja, ami a két szelén van, a Continuous Process Improvement azaz CPI és az Üzleti folyamatok újjáalakítása, újjá tervezése, azaz a BPR.



3.ábra A BPM ház [10]

Fontos elmondani, hogy ezen az ábrán található módszerek úgynevezett generális módszerek, melyek nélkül sem a CPI sem a BPR nem hajtható végre. Általánosságban elmondható, hogy egy ilyen elemzéssel lehetőség adódik az adott vállalat pénzügyi áttekintésére is az átfutási idő és a minőség elemzés mellett. [10]

A folyamatok javítására szolgáló eszközök, mint a TQM vagy akár a BPR 3 mutatót használ a folyamatok eredményességének meghatározására:

- Idő
- Minőség
- Költségek

Hornyák Olivér Valós idejű gyártásirányítás (MES) funkciók fejlődése, modellek és módszerek című irományában a folyamatmenedzsmentet a következőképpen írja le:

„ Megfigyeli és/vagy automatikusan korrigálja a gyártási folyamatokat. Támogatja az operátorok döntéshozatalát, hogy korrigálja a fellépő hibákat és javítsák a folyamatokon belüli tevékenységek színvonalát. Kritikus esetekben riaszthatja a menedzsmentet, a gyártásban résztvevő alkalmazottakat, a folyamatoknak az elfogadható értéken kívül eső változásairól, vészhelyzetekről. ” [10]

A hatékony folyamatmenedzsmentet 4 fő pontban tudjuk leírni, melyek a következők:

1. Folyamat cél menedzsment:

A teljes folyamat céljainak kell alapot adnia a részfolyamatoknak, majd a tisztán vizualizált cél elérését kell a folyamat cégére helyezni. Fontos, hogy első lépésként megállapítsuk minden folyamatról, hogy miben járul hozzá a célunk eléréséhez.

2. Teljesítmény menedzsment:

Miután megszületett a kész folyamatmodell, a menedzsment felállít egy a cél eléréséhez szükséges külső és belső rendszert, amely gondoskodik a vevői visszajelzések kezeléséről. Ebből kiderülve, a vevői reklamációk, problémák, így pedig lehetőség adódik a folyamataink tovább fejlesztésére.

3. Erőforrás menedzsment:

Az erőforrások megfelelő elosztása és alkalmazása a menedzsment fő feladata. A folyamat vezérelt erőforrás megosztás esetében a cél a folyamatok véghezvitele, a cél elérése. Az elosztás pénz és emberigény alapján történik meg.

4. Folyamat határfelület menedzsment:

Az úgynevezett folyamat térkép pontosan megmutatja nekünk, hogy az egyes részfeladatok, hol, határolódnak el egymástól, ezzel a feladatköröket csoportosítva, darabolva. [10]

Mielőtt bemutatnám a folyamatszeglélet két fő típusát, érdeemes tisztázni, hogy a vállalatkozáson belüli folyamatok között vannak olyanok, amelyeket a fogyasztók látnak vagy érzékelnek és olyanok is, amiket nem, de az üzleti menedzsment szempontjából elengedhetetlen fontosságúak.

2.3.2. A Business Process Improvement BPI

„A BPI (Business Process Improvement) olyan elemző-értékelő vizsgálat, melynek eredményeképpen definiálhatók a jelenlegi működési struktúra kritikus pontjai. Mindez összevetve a klasszikus BPR metodikával, kisebb léptékű és terjedelmű, inkább egy-egy részfunkcióra koncentrált fejlesztő munkát takar. Célja a vállalat külső alkalmazkodásának előre mozdítása, a menedzsment által meghatározott alrendszerek, struktúrák és folyamatok belső illeszkedésének elősegítése.” [10]

Elmondható tehát, hogy a BPI használatával csökkenthető a szervezeten belüli tagoltság, ami amiatt fontos, mert az igen nagy ütemben változó piaci körülményeknek köszönhetően egy cég hierarchikus berendezkedése nem feltétlen nyújt előnyt számunkra a folyamatok optimalizálását tekintve. Meghíszem, mindenki találkozott már olyan esettel, hogy egy fentről kapott vezetői utasítás nem feltétlen volt célszerű és hatékony ám feltétlen meg kellett csinálni. A szervezeti egységek tagoltságának csökkentésével az ehhez hasonló esetek száma is csökkenthető, mivel az egyes területek megismerhetik az alattuk, vagy akár felettük működő munkaköröket ezzel is betekintést nyerve és jobb átláthatóságot adva a vállalatnak. Továbbá a BPI ügyfélorientáltságot nyújt nekünk, valamint az általános munkaszervezés hatásfokát javítja. [10] [12]

Míg tehát a BPI egy kis léptékű optimalizáló és hatékonyságnövelő fejlesztés, addig a BPR (Business Process Reengineering) egy teljeskörű folyamat, amely képes átstrukturálni az egész cég folyamatrendszerét. Az irodalomkutatásom következő részeként erről a két folyamatról fogok írni.

Az üzleti folyamattervezést külföldön több névvel is illetik. Maradva a BPI-nél, aminek az egyik folyamatfejlesztési megközelítése a FAST, csakúgy, mint a Benchmarking vagy a folyamatok újra tervezése áattervezése.

A FAST, vagyis a Fast Analysis Solution Technique – Gyors Elemzés Megoldó Technikák. Ez a szeglélet a vizsgálati csoportot egy adott problémára fókuszáltatja, és annak a prob-

lémának a gyökérok kutatása fogja kitenni a projektidő maradék 90 napját. Ezt az eljárást bármilyen más folyamatszinten is lehet használni. A hatékonysága pedig 5-15% os idő és hibaarány csökkentése, amit ellehet érni. [12]

2.3.3. A Business Process Reengineering BPR

Ez a folyamatújítási metódus már egy sokkal radikálisabb újításokkal szolgál nekünk. Ha belegondolunk egy szervezett folyamatainak a teljes átstrukturálása, és rétegződésének átalakítása a javulás érdekében a legkiszámíthatatlanabb lépés, annak ellenére, hogy a sikerhez vezető úton is jóval nagyobb lépések is elérhetők jó esetben. Hammer és Champy (1993) a következőképpen definiálja a Reengineering-et: [13]

„Az üzleti folyamatok alapvető újragondolása és radikális áttervezése annak érdekében, hogy drámai javulás történjen a legkritikusabb teljesítménymutatókban, mint például a költségek, minőség, szolgáltatás és sebesség.” [10]

Elmondható tehát, hogy egy kritikus helyzetben, amennyiben a veszítenivaló jóval kisebb, megéri ezt a bevetni. Ellenkező esetben jobb megfontoltan és kisebb lépésekben haladni, akár csak egy BPI metódus szerint. Felsorolhatunk több reengineeringről szóló definíciót is, akár Davenport-tól (1990), Hammer és Champy (1993), Johansson (1993) -tól, azonban ezekről mind egy ségesen elmondható, hogy a működési hatékonyság növelése érdekében feltétlen foglalkoznunk kell az üzleti folyamatokkal, a folyamatok teljesítménymutatóira támaszkodik, illetve lehetőségünk van drámai, kiemelkedően magas javulásra is. [13]

2.3.4. Az üzleti folyamattervezés folyamata és résztvevői

A folyamataink jelentős, drámai változásához szükségünk lesz a megfelelő személyek bevonására. A személyek bevonásával nem csak az releváns, hogy milyen tudással rendelkező embereket választunk be, ha nem, hogy a kellő vezetőkkel is megszülessen egy kommunikáció, ami a jövőben segíteni fog a változás végbe menéséhez. Deák Üzleti folyamatok menedzsmentje című könyvében a következő szereplőket sorolja föl [10]:

1. Támogató szponzor
2. Felsőszintű Irányító Bizottság (FIB)
3. Külső résztvevők: Szakértők, üzleti partnerek
4. Folyamatelemzők
5. Folyamat tulajdonos-folyamatgazda
6. Bevezetési team
7. Középvezetés

Mivel az irodalomban egy ideális világot feltételezünk, ahol a viszonyok egymásra épülően rakódnak rétegekre, ebben az esetben az adott cégvezető kijelöl egy folyamat tulajdonos, aki összehívja a folyamatelemző csoportot, hogy áttevessék a folyamatot. A folyamat áttevezéséhez pedig külsős szemlélőket vesznek igénybe. Ők lesznek az üzleti partnerek. [13]

[10]

Ideális esetben a folyamat a Támogatótól indul, aki anyagi erőforrást szabadít fel és meghatározza az átfogó célokat, majd az engedélyezések után az FIB felelősége lesz a folyamat sikere. A felsőszintű irányító bizottság ezt követően létrehozza a team-eket az egyes területekről és a továbbiakban pedig a közvetlenül menedzselőknek nyújt támogatást. A külsős szervezeteknek ezután lesz jelentőségük, ahol is az eddig tapasztalt folyamattechnikai ismereteket ismertetik más-más perspektívából. Ezek az akár tanácsadó cégek sikeresen képesek összekötni az egyes cégeket is a bizonyos együttműködés miatt, illetve releváns véleményeket tudnak megfogalmazni, a továbbiakban pedig figyelemmel kísérik a folyamatokat. A kijelölt folyamatelemző csapat ezt követően diagnosztizálja a folyamatokat és ezeket lebontja alrészekre. Miközben törekednek a folyamat célok eléréséhez, mérési kritériumokat határoznak meg, melyekben áttörési pontokat keresnek és felbecsülik a szervezet erőforrásait, majd ehhez igazítják a javaslatokat. Ezután pedig a középvezetés, aki a workshopokon részt vesz (Együtt a tanácsadó céggel) és látja hova kell erőforrást allokálni. Majd az információkat eljuttatja az elemzőknek és ezzel támogatja a megvalósulást. [14]

2.4. A Six Sigma

A Six Sigma története egészen a 1920-as évekig nyúlik vissza. Természetesen ezekben az időkben még nem definiálták, mint folyamatfejlesztői módszer, azonban egy bizonyos Walter Shewhart felfedezte, hogy az ipari folyamatok statisztikai szempontból összeköthetőek a termelt elemek minőségével. Ezzel pedig csökkenteni tudta a hibák előfordulását az egyes területeken. Az első ilyen módszer az úgynevezett ellenőrzőkártyás módszer volt. [15] Ezzel képesek voltak egy termék gyártási életének szakaszokra bontására és így kielemezni az egyes folyamatok végén keletkezett termékeket. Erre azért volt szükség, mert így behatárolóvá válhatott a hiba és a mérnökök jobban tudtak fókuszálni a hiba elhárítására, mintsem pusztán találgatással. Így a változók statisztikai folyamatszabályozás alatt tudták tartani. Ez a módszer annyira jó volt, hogy gyakorlatilag egy folyamat eredményei megjósolhatóvá váltak a gyártósoron. Shewhart egészen 1956-ig írt tanulmányokat az első munkahelyén tapasztalt javításokról a Bell telefontársaságnál. A továbbiak során ezek tanulmányok megjelenését követően figyelt fel

Shewhart-ra egy bizonyos W. Edward Deming is, aki 1950-ben egy egész rendszert dolgozott ki a folyamatok fejlesztésének ésszerűsítésére. Ezek az elvek lettek aztán a Statisztikai folyamatszabályozás (SPS) és a teljeskörű Minőségirányítás (TQM) alapjai. A háborút követően a Japán ipar újjászületésére kifejezetten nagy hatással voltak ezek az elvek. Az irodalomkutatásom következő részeibe erről fogok írni.

A Japánok Six Sigmához való kötődése igen ismert. Feltehető tehát a kérdés, hogy honnan ered ez? Mivel a második világháborút követően a Japánok gazdasága romokban volt, a gyártóipar- silánysága is ezzel együtt következett be. A japánok termékei az 50-es években egyszerűen csak selejtként bélyegezték és ez a külföldi export rendelésükben is meglátszott. A Japánok emiatt pedig kénytelenek voltak minőségellenőrző és javító módszereket bevetni. Ekkoriban pedig Deming kifinomult módszerei voltak számukra a „mentőöv” ezekben a nehéz időkben. Először Deminget a Japánok 1950-ben hívták meg magukhoz, méghozzá azzal a céllal, hogy minőségnovelést érjenek el a Deming féle statisztikai elvek alkalmazásával. Deming ezzel a lépésével hatalmas kihívás elé állította magát a tanítványaival és sok más politikussal szemben, hogy a Japánoknak szándékszik segíteni. Deming miután elkötelezte magát, azt a kijelentést tette, hogy az általa végzett folyamatfejlesztési megoldásokkal, ahogy azokat átadta a Japán tudósoknak, a Japánok képesek lesznek 5 éven belül végig vinni ezeket a változtatásokat és ezzel felvenni a versenyt a világgazdasági minőség menedzsmenttel. Mindezek után a Japánoknak 4 éven belül sikerült felzárkózniuk ezzel pedig a Japán iparosodás kiemelkedő szereplőjévé vált Deming. A következő 25 évben pedig a Japánok elérték, hogy az elektronikai világpiacra kiemelkedő minőség béli pozíciót építsenek ki hála a statisztikai módszereknek és folyamatfejlesztéseknek. [16]

Az egész történetben talán azt gondolom a legironikusabbnak, hogy 1980-ra az amerikai világváltságra a szerepek felcserélődtek és a nyugati cégek fordultak azokhoz a Japán tudósokhoz, akiket pont Deming és tanai oktattak. A világváltság alatt, az amerikai gyártási politika inkább a mennyiségi gyártásra helyezte a hangsúlyt, szemben a minőséggel. Ez pedig azt eredményezte, hogy sok ember, még mindig a minőségre adott a váltság ellenére is, azonban ez nem az amerikai piacnak kedvezett. A világváltság utáni korszak az üzleti folyamatok újjászervezésének korszaka volt. Ebben az időben pedig sok cég visszatért a Deming és Shewhart féle nézetekhez és módszerekhez. [15]

A Six Sigma gyakorlatban való hivatalos megjelenését innentől az 1980-as évektől számoljuk, amikor is Bill Smith és Mikel Harry minőségügyi ellenőrök által a Motorola vállalatnál kiemelkedő célokat tudtak elérni minőségjavítás és költségcsökkentés téren. A fő minőségügyi problémák abból fakadtak, hogy azokat a hibákat, amiket a soron, vagy a teszt fázisban nem

vettek észre az ellenőrzés alatt, már csak a fogyasztóknál jöttek elő és szembesültek velük. Ez azonban hatalmas elégedetlenséget okozott és sok ember állt el a vásárlástól. A cég ezeket a termékeit sokszor kénytelen volt visszahívni javításra, vagy teljes visszavásárlásra, mivel garanciális időn belül jöttek elő a problémák. Egyértelműen látható számunkra is, hogy a visszahívásokból és a javításokból óriási többletköltségek keletkeztek, melyekre igaz volt a 10-es szorzó szabálya, vagyis a probléma detektálásának időbeli helyzete. Ezek a problémák arra sarkalták a Motorola minőségügyi mérnökeit, hogy olyan logikai szűrőket használjanak az egyes gyártási pontokban, amik képesek leredukálni a hiba előfordulást. Ezáltal pedig képesek voltak a hiba detektálására már a legkorábbi fázisban és annak fejlesztésére, megoldására és kontroll alatt tartására. [17] A vállalat a különféle intézkedésekkel példátlan sikert könyvelhetett el magának a történelemben. Mindössze 4 év alatt sikerül 2,2 milliárd dollárt megtakarítaniuk, az az előtti hiányosságokból fakadóan, valamint 1998-ban megkapták az Amerikai Kormány által adományozott Malcolm Baidridge Nemzeti Minőségügyi Díjat. A Six Sigma születése tehát erre az időpontra tehető. Ez a sikertörténet önmagában megalapozta a Six Sigma gyors elterjedését a 21. század elején, mint statisztikai és számszerűsített formában használt folyamatfejlesztő eljárás.

Manapság sok cégnél lehetőségünk van Six Sigma képzés megszerzésére, függetlenül, a cég nagyságától és területétől. Ezek az oktató cégek elkülönítenek Sárga, Fehér, Zöld, Barna és Fekete öves Six Sigma oktatásokat. [18]

Az üzleti folyamatokban egységes jelzőként szokták használni a szigma értéket, mely egy mérőszámot jelöl, ami a gyártási folyamatképeességet jelöli, vagyis, hogy a vevő által kívánt termék végig jutva a gyártási folyamatokon, milyen hibaarányal lesz ok vagy nem ok (Németül IO - In Ordnung vagy NIO - Nicht In Ordnung). Tehát, ha egy terméknel a sigma érték 1, akkor az azt jelenti, hogy a termelés 100%-a NIO termék. Ebből adódóan minél kisebb ez az érték, annál folyamatképeesebb a termelés.

Egy másik ismert mutatószám a DPMO (vagyis a Defect Per Million Opportunities), ami az egy millió darabra eső hibás darabok számát adja meg. [16]

2.5. A LEAN

A LEAN mint menedzsmenti alkalmazásforma nem mástól, mint Womack-tól származik Amerikából. Ezzel szemben a LEAN története az 1973-as olajválságra nyúlik vissza. Ebben az időkből fordultak meg a vevői igények a gyors termelőképességről az egyéb igények teljesítésére, mint például minőség, vagy egyéb egyéni igények kielégítése. A LEAN menedzsment elemeit először a Toyotánál alkalmazták, ahol 1975 és 1977 között kiemelkedő bevételt tudtak elérni Japánban, mivel addig még nem voltak ezek menedzsmenti elemek elterjedve a szigetországban. [21] Azonban nem sokkal ezek sikere után más japán versenytárs is elkezdte alkalmazni ezek eszközeit. Ennek eredménye lett a már említett gazdasági fellendülés, illetve az, hogy az eddig tömegtermelésre beállított amerikai piacra bekerülő japán termékek jóval kedvezőbbek voltak és nagyobb kelletjük volt. [22] [23]

A későbbiekben alapult meg a Toyota Motor Company, illetve a TPS (Toyota Product System) melynek kidolgozója Taichi Ohno volt.

Maga a japán menedzsment 3 alappillérre támaszkodik, melyek a következők:

- Élethosszig tartó foglalkoztatás
- Javadalmazás az előre jutásban
- Konszenzus a munkaadó és a munkavállaló között

Okada professzor a későbbiekben említett egy negyediket is, ami nem más, mint a jólét, vagyis a mindennapi megélhetéshez szükséges biztonság. [21]

A LEAN ház a Toyota termelési rendszerének egy modellje, ami nagyszerűen megmutatja az egyes elemek felépültségét, hogy egyes folyamatok megvalósításához milyen eszközök fontosok. A ház alapjait a SMED a TPM a TQC és az 5S biztosítja. Ezek együttes használatával érhető el a standard munka és a vizuális menedzsment, illetve maga a Heijunka ami a kiegyenlített termelést jelenti.

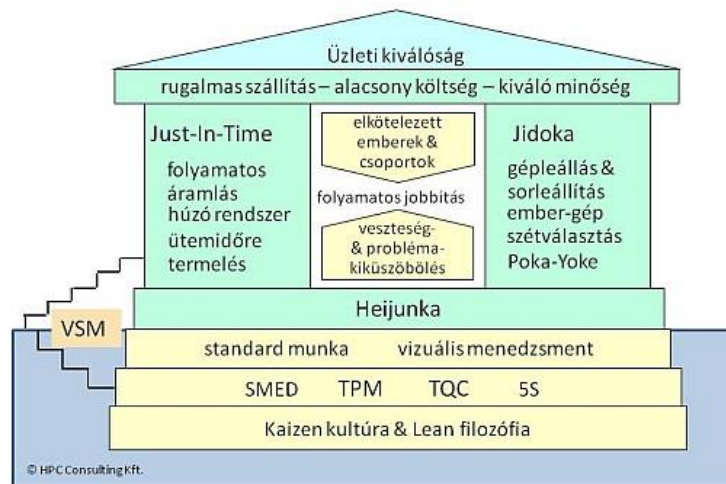
A LEAN menedzsmenttel felírható egy képlet is, amely megmutatja a munka felépítését:

$$\text{Összes munka} = \text{Hasznos} + \text{Felesleges} / \text{Haszontalan munka}$$

Elmondható továbbá, hogy a haszontalan munka a LEAN szerint a 3MU -ból tevődik össze. Ezek a következők:

- MUDA: Ami a veszteségeket jelenti egy folyamat során. Ezen belül 7 típusa lehet: Túlermelés, várakozás, szállítás, felesleges folyamatok, készletezés, mozgások, selejt.
- MURI: Ami a túlterheléseket és a folyamatokban jelenlevő észszerűtlenségeket jelenti.
- MURA: Ami a folyamatokban megtalálható egyenletlenségeket jelentik.

A Lean ház



4.ábra A LEAN ház felépítése és egyes menedzsmenti elemei [24]

A LEAN ház egyes elemei [21]:

- TPM: A TPM magyarra fordítva nem más, mint a teljeskörű hatékony karbantartás. Feladata, hogy a gyártási folyamatok között megszakítás nélkül gördüljenek a feladatok. Ha a termék előkészítésében nincs leállás, azzal pedig a fölösleges kiadásokat lehet csökkenteni, mivel a kieső időt kivárjuk a hasznos folyamataink közül. Magának a TPM-nek 8 csoportosítása van: Öntevékeny karbantartás, céltudatos és folyamatos fejlesztés, tervezett karbantartás, folyamatos képzés és motiváció, berendezés és termék menedzsment, minőségfejlesztés, adminisztrációs feladatok fejlesztése, biztonságos munkakörnyezet. A TPM-mel tudjuk továbbá kiszámítani a berendezés-hatékonyságot is, mely mérőszámot OEE-nek hív a szakirodalom.
- SMED: A SSMED, vagyis a Single Minute Exchange of Die az úgynevezett belső és külső átállások rendszerezéséről szól. Külső átállásnak hívjuk azokat a folyamatokat, melyeket akkor hajtunk végre, ha a gyártósor egy részét szükséges lekapcsolnunk hozzá. Ellentétben a belső műveletekkel, melyeket végrehajthatjuk a gyártás folyamata közben is, bármilyen leállás nélkül. A SMED célja, hogy a gyártási folyamatunkban a belső műveleteket áttegyük külső műveletekre, ezáltal a gyártási holtidőket kizárva a folyamatunkból. Nem feltétlen a belső és külső folyamatok arányának megváltoztatása lehet a cél. Előfordulhat, hogy egy gyártási folyamatban a SMED-del a teljes gyártási folyamatot tudjuk rövidíteni, megtartva a külső-belső műveletek közti arányszámot.

- Vizuális menedzsment: A vizuális menedzsment célja, hogy a termelési folyamatokat jól átláthatóvá tegye a kanban kártyáknak köszönhetően. Ide tartoznak a termelési folyamatokat jól bemutató jelzőtáblák és az anyagáramlást jelző kártyák. A jó átláthatósághoz elengedhetetlen, hogy a gépek működését távolról is jól láthatóvá tegyünk. Erre szolgálnak az andon lámpák, ami 3 színnel világítanak: zöld, ha a gép működik; piros, ha a géphibára fut és sárga, ha szerszámcseré miatt áll a gép. Az andon lámpának köszönhetően a gyors beavatkozás egyszerűbb és gyorsabb tud lenni.
- Poka-Yoke: Azaz a véletlen hiba elleni védelem. Fontos hangsúlyozni, hogy ez nem egy módszer, ami egy berögzült sémán alapul, hanem egy gyártási/termelési hozzáállás. Ami miatt létrejött ez a hozzáállás, az nem már, mint a emberi hibákból adódó gyártási hibák kiküszöbölése. Poka-Yoke lehet a gyártandó terméken kialakított felület, alakzat, de lehet a gyártósoron elhelyezett selejtelek kiszórására használt formatűrös kapu is, amely megszűri a nem megfelelő darabokat. Az így kiküszöbölt problémákkal gyártási hibát tudunk szűkíteni és a felesleges termelési holtidőket tudjuk csökkenteni.

A LEAN 5 alapelve, amely összefoglalja a folyamatokat [21]:

- Termék értékének pontos meghatározása, vagyis a vevői igények pontos meghatározásából származó értékek definiálása, amiért a vevő fizetni akar és képes.
- Az értékfolyam felépítése, ami a termékhez szükséges beszerzési anyagok ellátását, illetve a vevőhöz való termék szállítást jelenti. Röviden ezt VSM -nek hívják, vagyis value stream mapping.
- Folyamatos áramlás kialakítása, ahol a termék előállításához szükséges ütemidőt definiáljuk. Ebből derülnek ki a veszteségeink is. Mértékegysége óra / darab.
- Húzóelv alapú termelés (Pull-elv), ami a termelési részek kiépítését jelenti a vevői igényeknek mérten.
- Folyamatos javítás a tökéletesség felé. Ennek eszközei a teljeskörű karbantartás, a gyors átállás, a vizuális menedzsment és a hiba elleni védelem. [23]

Az irodalomkutatásban tárgyalt PDCA; Six Sigma DMAIC és BPI; BPR LEAN módszerek tudatában kerestem a gyakorlatban nyitott témát, amit a későbbiekben kifejtek.

3. Anyag és módszer

3.1. A vállalat történetének bemutatása

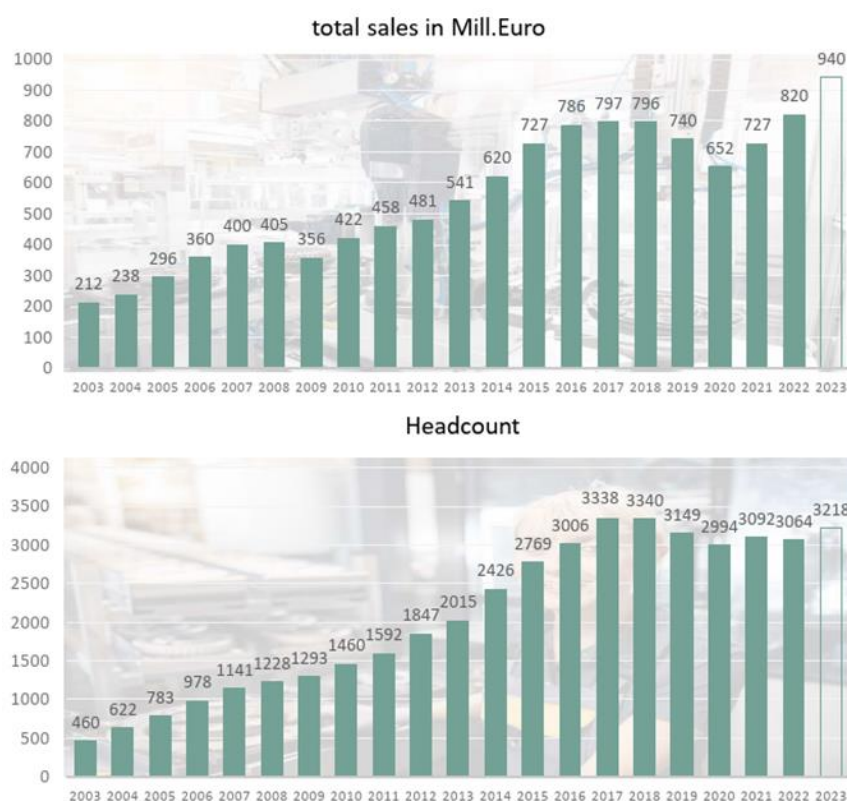
A Kicsi Kocsi Kft. (Fiktív név a valós cég adatainak védelme érdekében) egy Magyarországon működő vállalat, amely a globális Kocsi Group Kft. csoport része. Ez a csoport foglalja magába az alábbi al-márkákat: Kuplung Kft.; Hajtás Kft.; Csapágy Kft. A fő székhelye a Németországi München-ben található.

A cégcsoportot 1974-ben alapították a németországi Berlin városban. A vállalat kezdeti pályafutása alatt még nem a megszokott ma is ismert termékeket gyártotta. Ezek csupán kerék-páralkatrészek voltak a kezdeti években. A cég létrejöttével felvásárolta a már ismert Csapágy Kft. gyárat Münchenben. A Csapágy Kft.-a híres ketreces csapágyairól lett elismert és népszerű. Ezt követően pedig létrehozta a Kuplung Kft.-t, vagyis. 1985-ben ez volt Európában az első kuplunggyártással és tengelykapcsológyártással foglalkozó cég. A hirtelen nagy sikerre tett vállalat ezek után megalapította 1998-ban az Hajtás Kft. első magyarországi képviseletét. A Hajtás Kft. fő feladatköre a vevőkkel való kapcsolattartás, illetve a termékcsaládokban való vevői eligazítás nyújtás. Miután megtörtént a magyarországi Hajtás Kft. tanácsadói központ elterjedése, a Kuplung Kft.; Hajtás Kft.; Csapágy Kft magyarországi partnereinek száma megugrott és erős növekedésbe kezdett. Ezekben az időkben a tanácsadó cégek többsége még nem volt jelen a második világháborút követően Európa keleti részén, azonban az 50-60-70-es években ahogy a nyugati üzletpolitika kezdett beszivárogni Magyarországra, megjelentek a tanácsadó irodák is. 1998-ban volt, hogy az Hajtás Kft. megnyitotta első Magyarországi irodáját Székesfehérvár. Ezt követően a Csapágy Kft. mint csapágygyártó cég is hasonlóképpen tett és megnyitotta képviseleti irodáját.

1979 ben az ekkorra már kellően felvirágzó Kuplung Kft. vállalat megalapult Magyarországon is, melyet 100%-os magyarországi leányvállalatként hoztak létre. A gyár építkezését viszont csupán csak 1999-ben kezdték meg, majd a próbagyártás is csak novemberben indult meg. 1999 januárjában elindult az első próbagyártás, ahol kuplungokat, duplakuplungokat, kettőstömegülendkereket, DMF-et, CRS-t, ívrugót és bolygóművet kezdtek gyártani. A Kuplung Kft. magyarországi leányvállalata után nem sokkal 1999-ben a Csapágy Kft. első magyarországi telephelye is létrejött május 1-én. Ekkoriban még a hengergörgős csapágyak árusításával szerzett nagy bevételeket, illetve az Ausztriai berndorfi gyár építését segítette ki csapágyakkal. A gyár megalapulását követően hatalmas felfutás következett, amely havonta 2, 3 új gyártósort eredményezett. A dolgozók létszáma pedig ezeknek mérten növekedett, havonta megközelítően 50

fővel. Ekkoriban a Csapágy Kft. csapágyakat a következő termékekbe rakták bele: sebességváltók, kerékagyak, vízpumpák, szíjfesztítő görgők. Ebben az időszakban a cég létszáma elérte már a 3-400 főt is. 2002-ben nyílt meg a nyíregyházi gyár is, amivel 540-ra nőtt a dolgozók száma.

Az eddig 3 néven futó cégcsoport 2002-ben egyesült egy név alá, a Kicsi Kocsi Kft. csoport név alá. A további években az eddig 2 helyen futó Kuplung Kft. tengelykapcsológyártás és Csapágy Kft. csapágygyártás összpontosult a ma is ismert székesfehérvári Zrínyi Miklós útra. A gyár fejlődését követően 2021 bent nyitotta meg új kapuit a Kicsi Kocsi Kft., amikor megnyitotta 2. telephelyét a Nagy tétényi úton.



5.ábra A cég éves bevételét és létszám gyarapodását ábrázoló diagramm

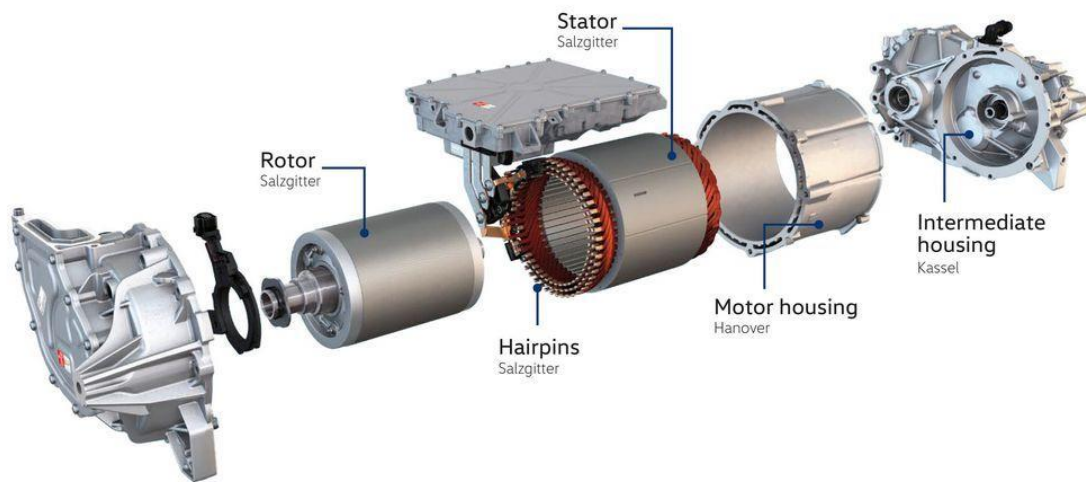
3.2. A gyár területének és folyamatainak ismertetése

Ez a telephelye a közel 20.000 m²-es gyárterületével már elektromos motorok gyártására specializálódott, és a gyártósorát teljes mértékben az Ipar 4.0 szerint építette ki. A székesfehérvári telephelyen az SOP (Start of production) 2022-ben kezdődött meg.

A 2-es telephelyen alapvetően 2 komponensét gyártják az elektromos motoroknak, amelyek a következők:

- Villamos motor állórésze (Stator). Amelyet tekercselés nélkül gyártanak.

- Illetve a villamos motor forgó része (Rotor). Ez lehet Szinkron motor (PSM) és aszinkron motor (ASM)



6.ábra PSM elektromos motor szerkezeti felépítése (Volkswagen ID3-as motor) [25]

Öt fő technológiai lépésben történik az új termékek előállítása. A transzformátorlemezek beérkezését követően a sajtolóautomatákon történik a lemezek formára vágása és egymásba roppantásos kötegelése, így jön létre a lemezköteg (stack). A kötegelést követően mind az állórész mind a forgórész automata ellenőrző és tisztító folyamaton esik át, ahol az alkatrészeket robotok továbbítják. Az állórész palástja egy automata lézerhegesztési technológia által van megerősítve és rögzítve. Az állórész ezután kiszállításra kerül az autógyárba, a megrendelőnek, a rotor pedig a típustól függően az alumínium öntőcellába (ASM típus) vagy a Transfer Molding (PSM típus) területre kerül.

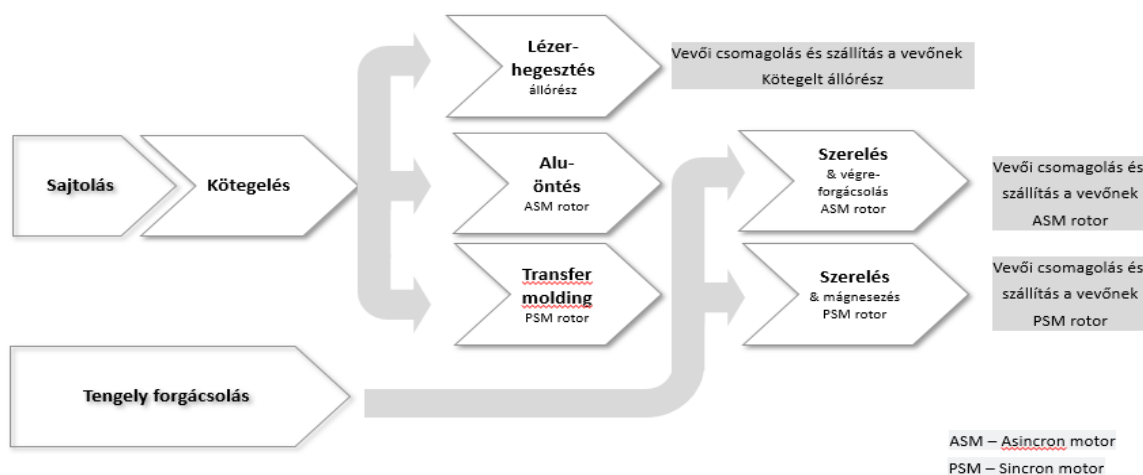
A nagynyomású alumínium öntőcellában történik a lemezkötegek folyékony alumíniummal való kiöntése, ennek eredménye a kalickás forgórész (aszinkron motor forgórésze). A cella töltése robottal történik, ugyanúgy, mint a cellán belüli alkatrésztovábbítás. A kiöntés után a darabok a hűtőcellán keresztül kerülnek lehűtésre.

A darabok 100%-os CT vizsgálaton esnek át. Ez a berendezés az egészségügyben is használatos röntgenhez CT-hez hasonlóan a darabok átvilágításával segít abban, hogy olyan belső hibákat fedezhessünk fel, melyek kívülről nem láthatók. A területen az általunk öntött alumínium darabokat vizsgáljuk, hogy nem maradtak-e légbuborékok, zárványok az anyagban.

A Transfer Molding (TM) soron a lemezkötegekbe egy előszerelő cellában különböző típusú nem felmágnesezett mágnesek kerülnek beszerelésre. A szerelt egységeket egy többszintes szerszámba rendezik, majd az indukciós felhevítést követően a TM prés egy speciális epoxi

gyantával önti ki a mágnes körüli térfogatot, ezáltal kerülnek rögzítésre. A szerszámok és az alkatrészek szétszerelésre kerülnek, miután az alkatrészeket lehűtik. A folyamat teljesen automatizált a felrakástól és a leszedéstől eltekintve. A mágnesekkel szerelt stackek a szerelősorra kerülnek. A rotortengelyek alapanyaga hidegen húzott és hegesztett acélcső. Az automatizált soron az esztergáláson felül belső borda formázási és külső borda profilozási technológiák is megtalálhatóak. A tengelyre a vezető persely és a záródugó fel- illetve bepréssel kerül fel. A kész rotortengely a 100%-os automata mérés és mosás után kerül át a szereldébe.

A szerelősoron az egyes komponenseket összeszerelésre kerülnek, a rotorokat kiegyensúlyozzák, a PSM forgórész felmágnesezésre kerül. Minden rotort 100%-ban ellenőriznek automata állomáson (EOL), ahol az elektromágneses tulajdonságok mellett dimenzionális jellemzőket is mérnek. A sor automatizált cellák mellett önvezető vonatokkal is fel lesz szerelve. Az egész folyamatot szemlélteti a következő folyamatábra:



7.ábra Elektromos motor stator és rotor gyártási folyamat struktúrájának felépítése

3.3. A cég által használt LEAN alapelvek

A Kicsi Kocsi a LEAN menedzsmentet az 2009- es gazdasági válság után vezette be a folyamataiba. Erre azért volt szükség mivel az ezt megelőző években a túltermelési ráta jelentősen magas volt, míg az egyes vevők prioritizálása elenyésző volt. Illetve a túltermelés csökkentésével a minőség növelése volt a cél. A LEAN menedzsment a MOVE és a FFQ (Fit For Quality) -val lett bevezetve és definiálva cégen belül. Ezek a programok által pedig megvalósíthatóvá vált az optimális minőség színvonala, illetve a költségek és a szállítási színvonal javítása. Az elméletben felállított 0 hiba és a folyamatos fejlődés alapköveit pedig a Fit For Quality mellett a KAIZEN biztosította.

Ezeket az alapelveket a Kicsi Kocsi egyes axiómákhoz kötötte a könnyebb megjegyezhetőség érdekében.

A 2008-2010-ben végbemenő válságot pedig a Kicsi Kocsi-nak sikerült túlélnie. Szakirodalmak szerint egy hasonló gazdasági helyzetben az adott cég csak az úgynevezett fűnyíróelvet alkalmazza, vagyis elkezdi csökkenteni a költségeit, akkor a jövőbeli újratelezhetőségeitől is megfoszthatja saját magát, ezzel pedig a befektetéseit dobja el magától. Viszont, ha egy cég nem csökkenti a költségeit időben, akkor hamar létrejöhetnek likviditási problémái, ami a félretett tartalékok felemésztését vonja maga után. A kettő szélsőséges pont között megtalálhatjuk könnyedén az egyensúlyt, ha a LEAN menedzsmentet alkalmazzuk. A lényeg tehát elmondható, hogy a vevői igényeinek kielégítése, úgy, hogy a rendelkezésre álló erőforrásainkat használjuk fel, csökkentve a kielégítendő idő időtartamát. [23]

3.3.1. A Kicsi Kocsi által használt 8 Axióma

- Minőségtudatosan dolgozunk: Itt a minőség magas szinten tartására helyezi a hangsúlyt a Kicsi Kocsi. Kimondható, hogy a hibákat 100%-osan nem fogjuk tudni kizárni a folyamatunkból. Fontos továbbá megemlíteni, hogy a minőség független a tevékenységi körünktől, vagyis minden munkaterületen találhatunk hibákat. Ha elkezdünk ellenőrizni egy folyamatot, azt tegyük meg már az elejétől kezdve. Ezeken felül cél a 0 hiba, viszont ez csak egy vízió.
- Gondosan elemzünk: SWOT elemzés és gyakorlatok, szisztematikusan és előre tervezzük, értékeljük és kezeljük a kockázatokat, korán felfedezzük a lehetséges hibaforrásokat, elemezzük a gyenge pontokat és fenntartható javító intézkedéseket vezetünk be
- Uraljuk munkánkat: Cégen belüli fejlesztések, képzések, bátorítjuk és motiváljuk kollégáinkat, új ismereteket sajátítunk el, szervezeten és módszeresen tanulunk, új kihívásokkal is szembenézzük
- Alkalmazzuk szabályainkat, módszereinket és eszközeinket: Hatékonyan, fenntarthatóan használjuk a megfelelő eszközöket, következetesen alkalmazzuk a módszereket, szabványokat: FMEA, Minőségtervezés, folyamattervezés, poka-yoke, 100% vizsgálatok, oktatások, minőségi kezdeményezések, 5x miért (Ishikawa, priorizálni az okokat /pontosítás, Gyökérok meghatározása), 8D jelentés, amiből cél a 0 hiba, PDAC, PULL-lista, azonnali intézkedés, szabály követően dolgozunk
- Gondoskodunk a megbízható folyamatokról: Robosztus folyamatokat dolgozunk ki és alkalmazunk, minimalizáljuk a folyamatok variánsainak számát (Poka-yoke), csökkentjük a folyamatok bonyolultságát, azonosítjuk és megszüntetjük a gyenge pontokat

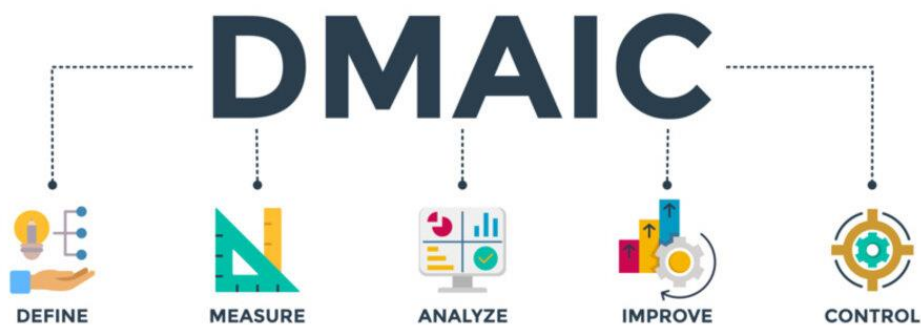
- Felismerjük a hibáinkat és azonnal reagálunk: Korán felismerjük a problémát, alkalmazzuk a megfelelő műveleteket, véglegesen megszüntetjük a hibaforrást, tájékoztatunk a hibáról (8D riport, támogatást kérünk)
- Ellenőrizzük munkáinkat és visszajelzést adunk: Bizonyítékok alapján, nem pedig feltételezések alapján cselekszünk, ellenőrizzük az adatok és az eredmények helyességét (AUDIT/keresztirányú audit), csak a - feldolgozott adatok alapján - hibátlan terméket adjuk tovább
- A jó gyakorlatokat alkalmazzuk más területeken is: Kommunikáljuk és átadjuk a legjobb gyakorlatokat (benchmarking), megosztjuk pozitív és negatív tapasztalatainkat egymással (brainstorming), támogatjuk egymást

3.4. Használt módszer bemutatása

Az általam választott problémamegoldó módszer a Six Sigma lett. A továbbiakban erre kerestem a vállalatnál megfelelő problémát, amit a cég belső problémamegoldó sémájára megfelelően rá tudok húzni. A következő fejezetben ezen módszeren végig haladva fogok egy problémát ismertetni és megoldani. Az itt használt módszereket a Kicsi Kocsi Kft, által használt problémamegoldó sémára építve oldottam meg. A problémát egy elektromos autó motorjának gyártásából hozta, ahol a stator elem stancolás utáni magasságával voltak problémák, melyek egy vevői reklamáció során kerültek elő.

Ahhoz, hogy egy folyamat fejlesztést végbe vigyünk egy rendszeren, az egyes lépésekben szükségszerűen használunk kell folyamatfejlesztő eszközöket, vagy éppen LEAN menedzsmenti funkciókat. Ezeket fogja össze és foglalja keretbe az úgynevezett DMAIC vagyis a Define, Measure, Analyze, Improve, Control körfolyamat rendszer. Gyakorlatilag egy-egy a Shewart és Deming féle PDCA ciklus továbbfejlesztett változata, ami nem csak azt adja meg, hogy milyen irányvonal mentén kezdjük neki a fejlesztésnek és milyen kezdő lépéseket alkalmazzunk, hanem ez már abban is segít, hogy ezt hogyan tegyük meg. A körfolyamat lebontja a folyamatfejlesztési ciklust 5 alegységre és ezeken belül kínál többféle megoldást az adott körülményekre szabva.

Más szakirodalmakat olvasva még érdemes megemlíteni a Shiba féle 7 lépést, illetve a 8D módszert is, ami hasonló ciklikus eljárás. [19]



8.ábra A DAMIC folyamat [20]

A DMAIC-t a Six Sigma szigorú lépésekhez köti, melyek sorrendje a következő:

1. Define - Definíció
2. Measure – Mérés
3. Analyse – Elemzés
4. Impove – Fejlesztés
5. Control – Szabályozás

Hasonló módszert alkalmaz a GE vagyis a General Electric által kidolgozott cookboook (szakácskönyv) néven futó folyamatfejlesztési módszer. [16]

Fázis	Jel	Lépések	Eszközök
Define – Definíciós fázis	A	Project minőségre kritikus paraméterek meghatározása (CTQ – Critical to Quality)	
	B	Team charter – Projekt alapokmány	
	C	Folyamattérkép készítése	
Measure – Mérési fázis	1	CTQ jellemzők kiválasztása	VOC, QFD, FMEA
	2	Teljesítmény cél definiálása	Benchmarking
	3	Mérőrendszer elemzés Y-ra	GR&R
Analyze – Elemzés fázis	4	Képesség megállapítása	Z_{str} , C_p , p_p
	5	Teljesítmény előírás definiálása	Benchmarking
	6	Eltérésforrások azonosítása	Mat statisztika
Improve – Fejlesztés fázis	7	Ok-változók azonosítása	DoE, Mat stat
	8	Összefüggések a változók között	DoE
	9	Tevékenység tűrés-meghatározása	Tűréselemzés, Szimuláció
Control – Szabályozás fázis	10	Mérőrendszer elemzés	GR&R
	11	Képesség megállapítása	Z_{str} , C_p , p_p
	12	Folyamat kontroll	SPC, FMEA, poka-yoke

9.ábra A DMAIC folyamat egyes részeihez használatos LEAN menedzsmenti eszközei / lépései [4]

- Definíció: A definíció fázis az első fázis a Six Sigma folyamatok között. Ez a folyamat szokott minden fejlesztési projekt kezdete lenni. Tehát minden folyamat fejlesztési megoldás egy-egy projektnek minősíthető. A definíció fázisában megadhatjuk az úgynevezett minőségre kritikus paramétert a (CTQ), amivel definiálhatjuk a folyamatra jellemző paramétereket. Ez mellett fontos felállítani és érthetően lefektetni azokat a problémákat, amikkel akarunk foglalkozni.

Ha a probléma definiálása megtörtént, foglalkozhatunk a célok kitűzésével, amivel érthetően megfogalmazott elvárásokat kell állítanunk magunk elé, amely minden terület számára érthető és jól megfogalmazott.

Amint ez megtörtént akkor egy határidőt kell szabnunk a projektünk elvégzésére, amivel magunkat is ellenőrizni tudjuk. Ezt másképp „deadline,, .

Az alapok meghatározása után a következő lépés ezen fázison belül az átláthatóság megteremtése. A kellő területek bevonását egy ezeket átfogó folyamattérkép elkészítése követ, amely tartalmazza a határidőket és az egyes területek mátrix alapú projektvezetése a vállalatban, ahol áttekinthetően lebontjuk egy Gantt diagrammban a területek felelőségét és ezt a határidővel keretek között tartva.

- Mérés: Ebben a fázisban az előzőekben definiált konkrét problémákat kezdjük meg számszerűsített formába foglalni. Ezt úgy tudjuk elérni, ha acélérték számszerűsített, illetve, ha rendelkezünk mérőrendszerekkel. Mérőrendszereknek tekinthetjük például egy folyamat részegységének zárásakor lévő minőségmenedzsmenti paramétert, amit, ha nem érünk el az adott részfolyamat végén, akkor az arra a folyamatra vonatkozó mérőrendszerünk átlagát ronthatjuk egy nem megfelelő darabbal. azonban léteznek oly projektek, ahol ezeket a peremfeltételeket nem a szervezeten belül határozzuk meg a folyamatunk felépítésekor, hanem egy külsős szervezet, esetleg már maga a vevő.

Ilyen esetekben beszélhetünk „buit to print” nevű projektekről, ahol a vevőnek már kész mérőrendszere van egy kért, gyártandó termékhez. Ilyen esetekben a gyártó cég választhat aközött, hogy a vevő mérőrendszerét viszi tovább, vagy egy attól szigorúbbal írja felül a folyamatot, ezzel is biztosítva a termék minőségét az esetenként túl sok NIO darabbal szemben.

Ha viszont a vevői igényfelmérésre támaszkodunk, akkor kérdőív kitöltésével kell információ gyűjthető be.

Miután pedig begyűjtöttük. kellő mérőszámainkat, a célérték definiálása egyszerűbbé és világosabbá válik számunkra.

Itt a VOC, QFD és FMEA módszerek alkalmazása terjedt el. Vagy más megközelítésből a benchmarking, illetve a GR&R.

- Elemzés: Ebben a fázisban kerül meghatározásra az előbbieken számszerűsített gyártási folyamatunk úgynevezett „Szigma” értéke. Ez a Szigma érték írja le egy gyártási folyamat gyárthatósági képességét, vagyis, hogy milyen selejtarány mellett mennyi terméket képes gyártani. Miután ezeket számszerűsített értékeket megvizsgáljuk és összevetjük egy folyamat részfolyamatainak mérőszámával, világossá válhat, hogy mely részfolyamatok lehetnek az úgynevezett „kritikus folyamatok”. Sok esetben a hiba definiálása már egy megelőző folyamatban felderülhet, ha a soron dolgozó emberek véleményét is belevesszük egy-egy megbeszélésbe.

Az ábrára visszautalva az elemzés fázisban a C_P , C_K , vagyis a folyamatképesség meghatározása lehet az első lépés, vagy szintén benchmarking, esetleg statisztikai adatok felhasználása.

- Fejlesztés: A fejlesztés fázisában az elméletet próbáljuk meg modellek formájában reprodukálni. Ennek értelmében pedig összefüggéseket próbálunk keresni a változók között. Ez a gyakorlatban meetingek keretein belül Ok-Okozati függvények, vagy Ishikawa halszálla modellek létrehozásával történik. Fontos megjegyezni, hogy ennél a folyamatnál mennyire fontos a csoportmunka, vagyis az, hogy egy meeting keretein belül a kellő területekről összegyűjtött magas szakmai tapasztaltaságú emberek ötletekkel próbálják a mérőszámok általi probléma azonosítását.

Megkülönböztethetünk kis és közép vállalkozások által használt problémamegoldó rendszereket is. Míg egy nagyobb vállalat komplexebb folyamaténél a DoE vagyis a Design of Experiment -et alkalmazzuk, addig kisebb vállalkozások esetében egy egyszerűbb folyamat elemzésekor elég számunkra egy kisebb táblázatjellegű számolás akár excelben is.

A problémák felírásakor figyelniük kell azok rendszerezésére, akár a termékkel kapcsolatosan, akár a folyamatot illetően, így az egyes problémák elkülönített területekre kerülhetnek a jobb átláthatóság miatt.

Miután kiaknáztuk a lehetőségeinket és megszületett minden lehetséges probléma forrás, ami a hibánkért felelős, szükség szerink lecsökkentve azt, kijelölhetjük a választott fő problémákat. Akár az 5 Miért elvét követve is megtehetjük ezt, azonban fontos szemelőt tartanuk, hogy minden kijelölt problémáról szükséges szimulációt futtatnunk, hogy megbizonyosodjunk annak érdekességéről. Ha túl sok gyökérokot gyűjtünk

össze, akkor az befolyásolhatja a six sigma projektünk lefutásának idejét, amit, ha elnyújtunk, a költségeinket túlléphetjük. Ha viszont ezeket sikerül leredukálni maximum 10-alá, akkor folytathatjuk folyamatunkat ezek modell alapú bebizonyításával, ami kit teszi a folyamatunk majdnem 1/3-át.

A gyökérok (ok) meghatározását követően viszont ezek szabályozására térhetünk rá, ami a szabályozás fejezetben fog kiteljesedni.

- Szabályozás: Ahogy azt a fejlesztés fázisban is említettem, a gyökérokok meghatározása után fontos foglalkozunk azok keretekben tartásával és szabályozásával. Ennek értelmében ebben a fejezetben a hibák azonosítása megtörténtét követően a saját mérőrendszerünket szükséges elemezni, hogy a hiba előfordulásának okát megállapítsuk, ezzel pedig a mérőrendszerünket kijavítva megelőzhetjük az esetleges hibák előfordulását. További lehetőségként elvégezhetünk SPC és FMEA folyamatkontrollt is, amivel időközönként felülvizsgálhatjuk a folyamatunk problémás pontját.

Ha termékspecifikus problémáról beszélünk alkalmazhatunk Poke-Yoke megoldást is, ami a véletlenszerű hibakeletkezéseket zárja ki a folyamatainkból.

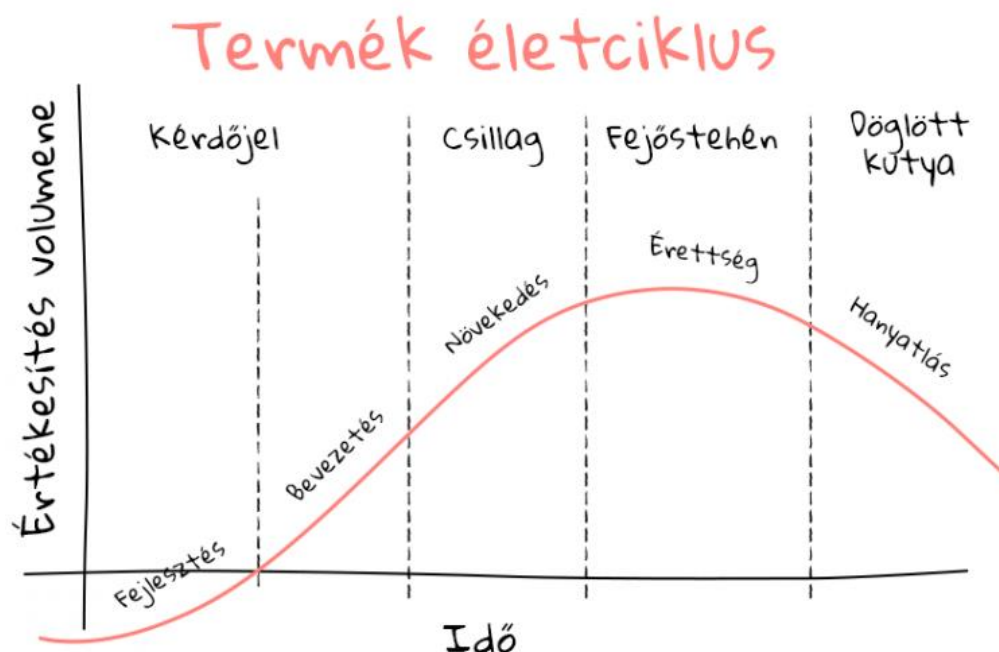
A szabályozás a Six Sigma projekt záró lépése mivel ebben a pontban definiáljuk azt, hogy mi okozta a problémát. A siker fenntartásához pedig elengedhetetlen folyamat a kontroll. A zárás fejezetnek szükséges tartalmaznia a célok ismertetését, hogy honnan hova jutottunk, így kiemelve az evidensnek tűnő részeket.

4. Saját munka

Munkám során egy Six Sigma projektet fogok ismertetni a már említett cégnél. Munkámat itt még 2022 novemberében kezdtem, majd 2023 januárjában kaptam meg a stator gyártás-támogatásért felelős pozíciót. Ennek keretein belül volt szerencsém közelebbről is megismerni a projektet, amely egy built to print projekt. Ennek jelentősége a továbbiakban lesz nagyobb.

A built to print projektek egy meglévő tervek gyártásának elvállalását jelenti, amiben csupán minimális behatásunk van bármiféle változtatásra a terméken, hiszen az Ügyfél a több megversenyeztetett cég közül ott rakja le a voksát, ahogy a legkevesebb gyártáspecifikus probléma visszajelzést kap. A megversenyeztetett cégek ezáltal pedig szorosabb és pontosabb együttműködést kell, hogy tanúsítsanak. Elmondható tehát, hogy bár költségeket tekintve minimálisan magasabb ennek a projektnek az ára, viszont egy jóval inkább ügyfélorientáltabb kapcsolatot lehet kiépíteni ezzel. Hátránya viszont, hogy mivel a fejlesztés az ügyfélnél történik, így a versenyeztetés során a vesztes cégek is megkapják a technikai információkat egy fejlesztésen lévő termékről, ezzel kiadva azt a minimális know-how-t. Természetesen ez jóval szigorúbb szerződési feltételeket szab a projekt során.

A built to print projekt további előnye a vevő felé a 10. ábrán nyilvánul meg, ahol látható, hogy a bevezetés szakaszban az R&D költségeket házon belül lefolytathatja, illetve a gyártás és a beruházás szakaszt kiadva más cégeknek, költséget tud megtakarítani.



10. ábra Termék idő és nyereség görbéje [26]

4.1. Definiálás

Ebben a projektben az én felelőségi köröm a Statorra terjedt ki. Magát a felelőségi kört viszont csupán 2022-ben kaptam meg, mikor is elkezdtem dolgozni fejlesztőmérnökként. Miután elkezdtem foglalkozni az addig A1-B1 majd C1 mintában futó projekttel, hamar előjöttek apróbb rajzi korrelációs hibák, amiket le kellett tisztázni a vevővel együtt mielőtt megváltottam azokat a helyes értékre. Ezekre az egyeztetésekre szintén a built to print projekt jellege miatt volt különösképpen szükség, mivel csak az Ügyfél beleegyezését követően lehetett egy javaslatot a saját gyártósorunkon végig vinni. 2022-ben azért volt fontos az összes lehetséges hibát kiaknázni és megtalálni, mivel 2023 végén volt tervben az úgynevezett SOP vagyis a Start Of Production.

Maga a probléma, ami még sikeresen megtaláltam az SOP előtt egy körülbelül 10%-os selejtarányú hibára vonatkozott. A probléma egy mérés során jelentkezett, miszerint a statoron található felső V-nut magassága nem a megfelelő tűrésen belül helyezkedik el, és így NIO darabokat kapunk. Jelenleg a gyártott termékekből 4 típust különböztethetünk meg:

- PSM 100
- PSM 150
- PSM 200
- ASM 100

A 4 féle stator közül mindegyikben jelen van a hiba, azonban nem ugyan olyan mértékben. Fontos elmondani, hogy stator oldalról egy ASM vagy egy PSM morot felépítése hasonló, csupán a rotor szerkezetében tér el, valamint minimálisan vastagabb lemezvastagságot használunk az ASM motorhoz. Kijelenthető továbbá, hogy a típus után szereplő szám a magasságára utal, ezáltal a 200-as statornál beszélhetünk a hiba előfordulásának megközelítően 10% os arányáról a magasságából adódóan.

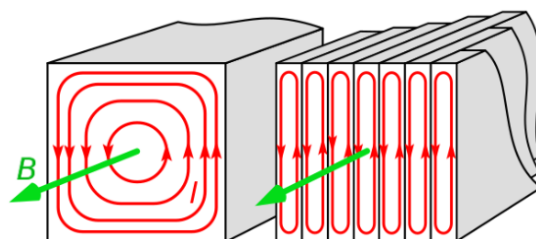
Ahhoz, hogy a folyamatot jobban tudjam szemlélteti, készítettem el a SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer, azaz Beszállító, Benemen, Folyamat, Kimenet, Ügyfél) táblázatot, amivel demonstrálni tudom a probléma előfordulásának helyét és ezáltal redukálhatom a keresési helyet.

Supplier	Input	Process	Output	Customer
ThyssenKrupp-tól megérkezik a lemeztekercs	AIDA présbe bemegy a lemez	PSM 200 esetében 1.stack alsó V-nut lyukasztása (kb. 38db lemez) +forgatás 40°-al		
		2-16. stacking lyukasztása (kb. 37 db lemez), mindegyik stack után 40°-al való forgatás		
		A 17. stack lyukasztása ami a gépi korrekció, majd forgatás 40°-al		
		18. stack felső V-nut lyukasztása		
		Rugókarakterisztika mérés + összenyomás 5000N-on		
		Lézeres magasságmérés, hiba esetén gépi kalkuláció		
		A kalkulált korrekció utómunkával való eltávolítása (operátor munka)		
		Lézeres magasságmérés, hiba esetén gépi kalkuláció		
		Lézerhegesztés 500N-on		
		Rugókarakterisztika mérés		
		Lézeres alaktűrés vizsgálat		
		V-nut magasságának mérése	Hegesztett stator mérése mérőszobában	Külső végfelhasználó

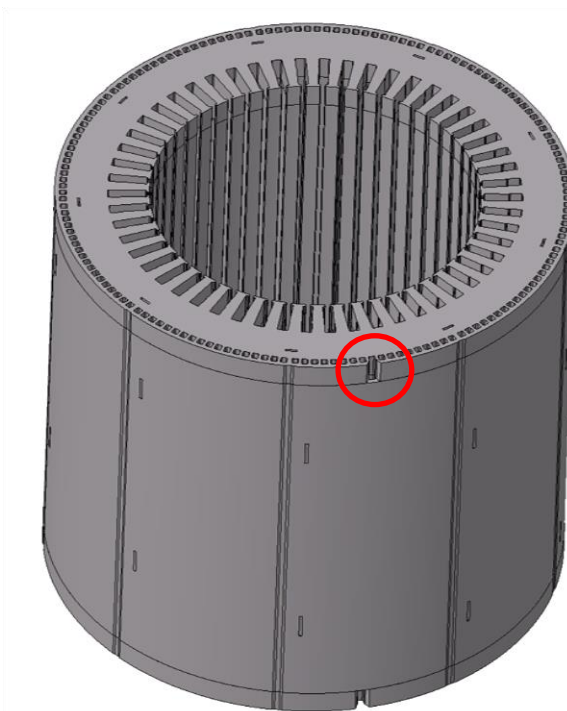
11. ábra SIPOC diagram a stator gyártási folyamatáról

A SIPOC diagram elkészítése után láthatóvá vált, hogy a folyamatunkban direkt módon a felső V-nut lyukasztási folyamatában lesz érintett. Indirekt módon sajnos még nem meghatározható, azonban valószínűsíthető, hogy összefüggésben van a stator alsó V nut magasságával, illetve a középső V-nut nélküli szegmens magasságával.

A SIPOC táblázatból kiolvashatóvá válik, hogy a statorok felépítését tekintve a PSM-ek 0,27, míg az ASM-ek 0,35 mm-es nominális lemeztvastagsággal vannak számolva. A PSM 200 esetében a stator 18 stackből épül föl. Stack alatt egy forgatott lemezcsomagot kell érteni. Ezekből a lemezcsomagokból épül föl a stator. Az egyes lemezek alul és felül is lakkal vannak bevonva, ami gyakorlatilag elszigeteli egymástól a lemezeket. Erre azért van szükség, mert a sok lemez egymáson jobban csökkenti az örvényáramok nagyságát (12.ábra zöld erő vektor), ezzel pedig a tekercseléssel gerjesztett örvényáramok, amik merőlegesen futnak az örvényáramokkal szemben, nem oltják ki egymást oly mértékben, és a tekercselés örvényárama hatékonyabban tudja a motor stator részében lévő mágneseket mozgatni.



12. ábra Örvényáram szemléltetése. A Jobboldali zöld erő vektor jóval kisebb, mint a baloldali



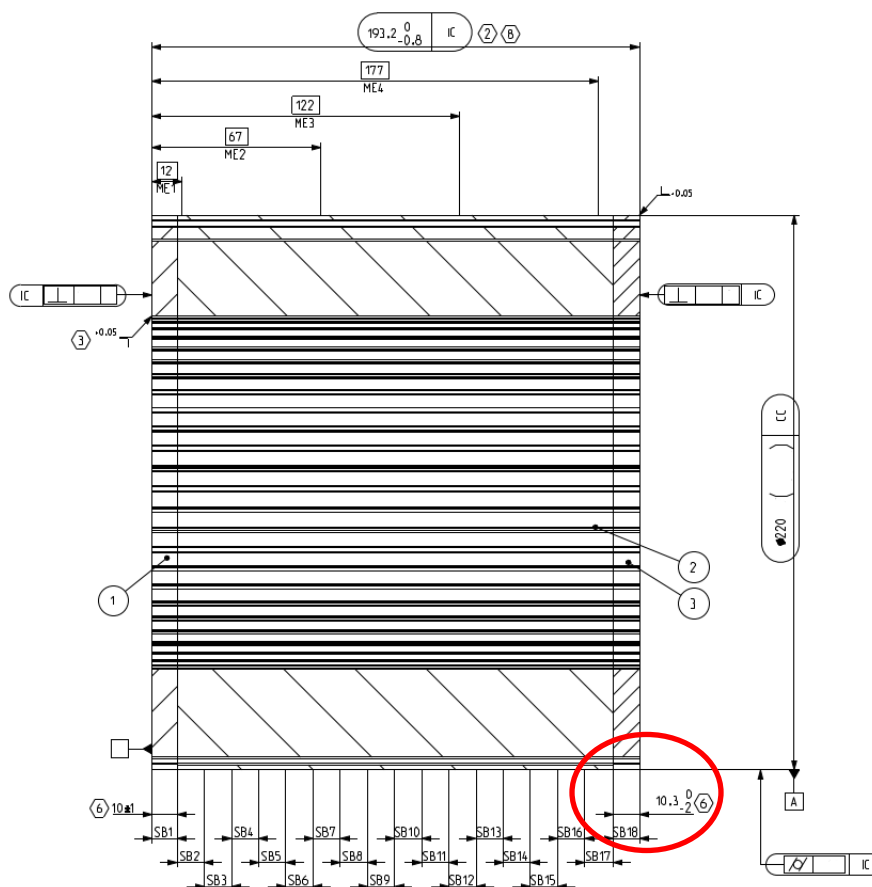
13. ábra PSM 200 stator. Pirossal karikázott a felső V-nut. A modellen nem szemléltethetően a stack lemezcsomagok eloszlása!

A 13. ábrán látható PSM 200 esetében 18 darab stack lemezcsomagról beszélhetünk egy statoron belül. Erről a 14. ábrán látható táblázatból tudunk többet leolvasni, ahol is az SB1-es az alsó V-nut stackje, majd SB2-től SB17-ig a középső szegmens stackjei, mindegyik 40° -al elforgatva egymástól, majd az SB18-as a felső V-nut stack csomagja. A SIPOC táblázatban található (fentről lefele) 4. sorban található pont szerint az SB17 es stack lesz a középső szegmens azon része, ahol megtörténik az AIDA présszel a lemezkorrekció. Ebből adódóan a középső szegmens darabszámai az utolsó középső szegmendet kivéve (SB17) azonosak lesznek.

Schichtanweisung für Schichtbereiche (im Uhrzeigersinn) Shift instruction for shift areas (Clockwise)									
Die Schichtbereiche 2-17 verteilen sich in gleichmäßig große Bereiche zwischen SB1 und SB18 The shift areas 2-17 are evenly distributed in large areas between SB1 and SB18									
Schichtbereich (SB) Shift section	SB1	SB2	SB3	SB4	SB5	SB6	SB7	SB8	SB9
	SB10	SB11	SB12	SB13	SB14	SB15	SB16	SB17	SB18
Schichtwinkel Shift angle	0°	40°	80°	120°	160°	200°	240°	280°	320°

14. ábra Stack lemezcsomagok eloszlása a PSM 200 statoron belül. SB1 alsó V-nut, SB2-17 középső V-nut nélküli stack-ek, SB18 felső V-nut

Jelenleg a Tűrésláncon szereplő értékek szerint az alsó V nut toleranciája a 15. ábrán láthatók.

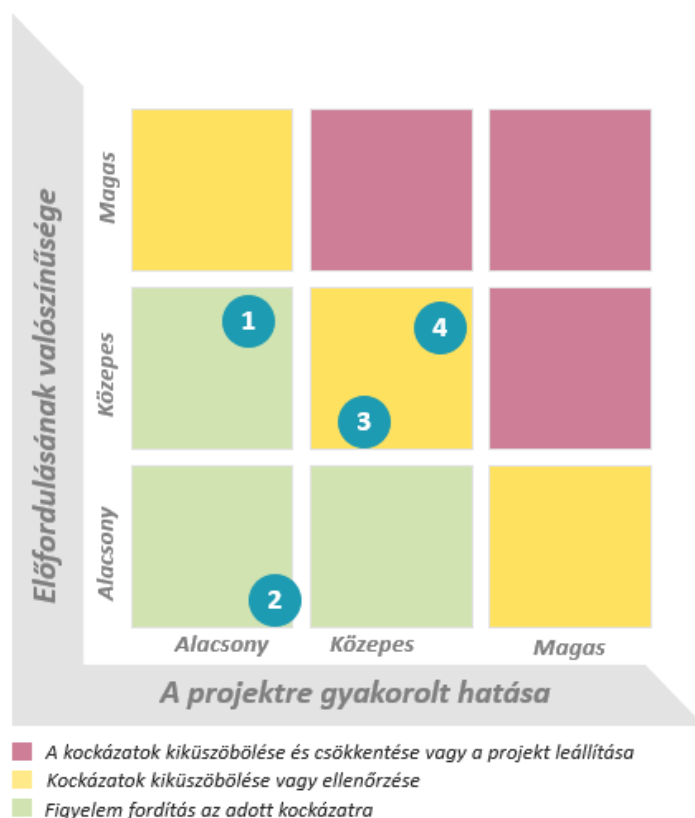


15. ábra PSM 200 stator alsó V-nut (bal: 10 ± 1), felső V-nut (jobb: 10.3 ± 0.2) és teljes magasság (193.2 ± 0.8) toleranciája. Pirossal karikázott a felső V-nut

Sajnos a tolerancia láncot tekintve ez egy komplex témakör, mivel a NIO darabok nem a teljes magasság problémájával esnek ki, hanem a felső V-nut magasságával, hogy annak 8,3 mm-es magassága alá kerülnek be. Ez azért történik, mivel a lemezvastagság toleranciából származó ingadozás nem teszi lehetővé számunkra, hogy standard lemez vágást végezzünk. Ez azt jelenti, hogy a PSM stator lemez darabszáma ingadozhat megközelítően 700-750 lemez között. A SIPOC táblázatból olvasható, hogy miután az AIDA prés elvégezte a megközelítően 700 lemez kivágását és a kész stator legördül a sorról, a magasság vizsgálaton fog kiderülni, hogy a feltételezhetően felső magasság toleranciára dolgozott gép sajtolása után mennyi lemezt szükséges levennie az operátornak a stator felső V-nut részéből. Sajnos a stator klincseléséből adódóan, csak föntről lehet lemez levétel korrekciót végezni, emiatt fog a V-nut „elfogyni”.

A definiálás következő részében elkészítettem a RISK analysis-t (vagyis a Kockázat elemzést). Erre azért volt szükség, mert egy SOP-hez közel lévő projekt esetében úgy gondoltam, az időveszteség, vagy csúszás mértékének vizsgálata döntő erőjű lehet. A kockázati pontok felvételével kezdtem meg munkámat, melyben a következő pontokat vettem fel:

1. A NIO darabokból származó selejtszám/selejt költség
2. A projektre fordított időtöbblet
3. A folyamatképesség vizsgálata jelenleg
4. SOP idejére gyakorolt hatás



16. ábra Kockázatelemzési mátrix

A kockázati mátrix elkészítésében az esetleges kifutásokat vizsgáltam meg utólag. A mátrixot felépítésében 3 részre osztottam, ahogy azt a 16. ábra is mutatja, miszerint a zöld színnel jelölt területre csupán figyelmet kell fordítani, de egyéb beavatkozást nem igényel. Ezután a sárga mezőben szerepelnek azok a pontok, amelyekre szükséges időt fordítani, hogy a projekt lefutása során minimalizálni tudjuk az esetleges lehetőségeket. Pirossal pedig a kritikus terület van jelölve, amely megköveteli akár a projekt leállítását is.

Az első pontomat azért helyeztem el az első oszlop második sorában, mert a selejt szám, illetve a selejt költség előfordulása bár magas, azonban mivel 2 éve hasonlóképpen futott a projekt és nem volt ezzel a selejtszámmal probléma. Ebből kifolyólag nem gondolnám, hogy különösképpen befolyásolná, ha esetlegesen nem sikerülne a projekt, és a jelenlegi selejtszámmal kellene tovább folytatni a termelést.

A második pontomat a táblázat bal alsó sarkában helyeztem el, ahol is a leg minimálisabb a kockázat. Ezt abból kifolyóan döntöttem el, hogy mivel ez az első SOP hasonló termékcsalád esetében a cég történetében, így ez a giga projekt nem igényelt bármiféle ráfordítási idő csökkentést vagy spórolást.

A harmadik pontom a folyamatvizsgálat pontja. Ezt azért gondoltam fontosnak felvenni, mivel az egy soron futó projektek esetében, ami erre a termékre is értendő, befolyással lenne a többi projekt Takt idejére, vagyis az Ütemidőre.

A negyedik pontom az SOP-re gyakorolt hatása a projektnek. Ezt a pontot gondoltam a leg kritikusabbnak, tekintve, hogy az előzetes beruházások megtérülési idejéért is ez felelne. Feltételezve ez az SOP csúszás valószínűleg az utószámoláson kiderülhető selejtek költségének a függvényében változhat.

A definiálást ebben a fejezetben lezárnam, miután konkretizáltam a hibát és egyértelműen leírtam azt. A következő fejezetem a mérés lesz, amiben számszerűsítem majd a probléma nagyságát, ezáltal pedig a kockázatelemzésben leírt pontok többségét is jobb esetben sikerül majd eloszlatni.

4.2. Mérés

Ebben a fejezetben fogom definiálni a hiba mértékét a folyamatomban, valamint, hogy mi és milyen mértékben kritikus ez a minőségmenedzsmentnek. Ez a CTQ jellemző definiálása vagyis a „kritikus a minőségnek„, pont. Első sorban a probléma megvizsgálásához a VOP vagyis a „Voice of Production”-t használnám ide, tekintve, hogy egy belső igényként jelentkezett a probléma.

Voice of the Production / Az Termelés felől érkezett problémák	Key topic / Kulcs- téma	Requirement / Követelmény
„A V-nut megtartása számunkra is pozicionálást segít, így szükséges megtartani.”	Termék geometria módosítása	Szükséges lenne megtartani a V-nutat, mivel valamivel nekünk is pozicionálnunk kell a statort a soron.
„A V-nut toleranciája felül lehetne nagyobb, hogy folyamatképesebbek legyünk.”	Tolerancia változtatás	Az Ügyfél teljes összeállításában döntő befolyásoló tényező
„A tolerancia lánc megadása más módon. esetlegesen a középső rész mérése, majd az alsó és felső V-nut magassága.”	Tolerancia lánc változtatása	A stator magasságának mérése az Ügyfél számára releváns pontokban történjen
„Ha kevesebb stack lemez-csomagból tevődne össze a stator, akkor jobban korrigálható lenne a felső stack magassága.”	Termék geometria módosítása	A stack lemezek elforgatásával lehet kiküszöbölni a hengeresség és az egytengelyűség alaktűrés túl magas értékeit

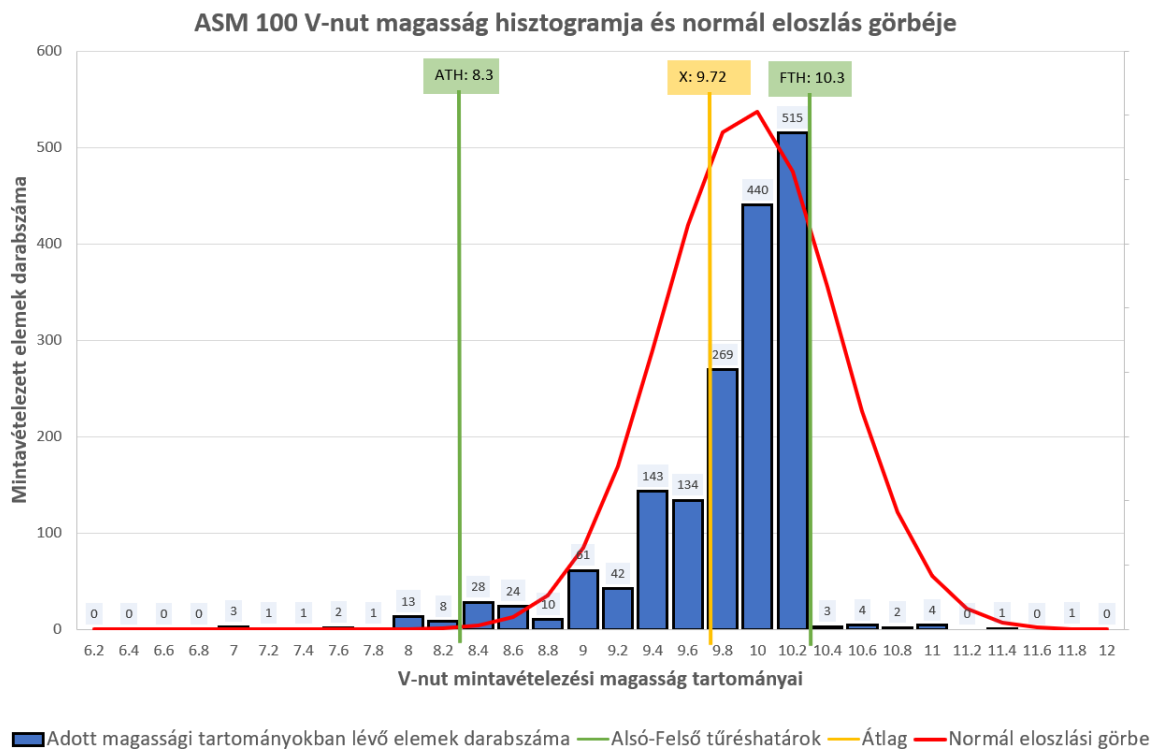
17.ábra A VOP, vagyis a „Voice of Production” azaz a Termelés szava táblázat

Ahhoz, hogy egyezést keressek a megoldásokra, ennek mintájára elkészítettem a VOC vagyis a „Voice of Customer”-t.

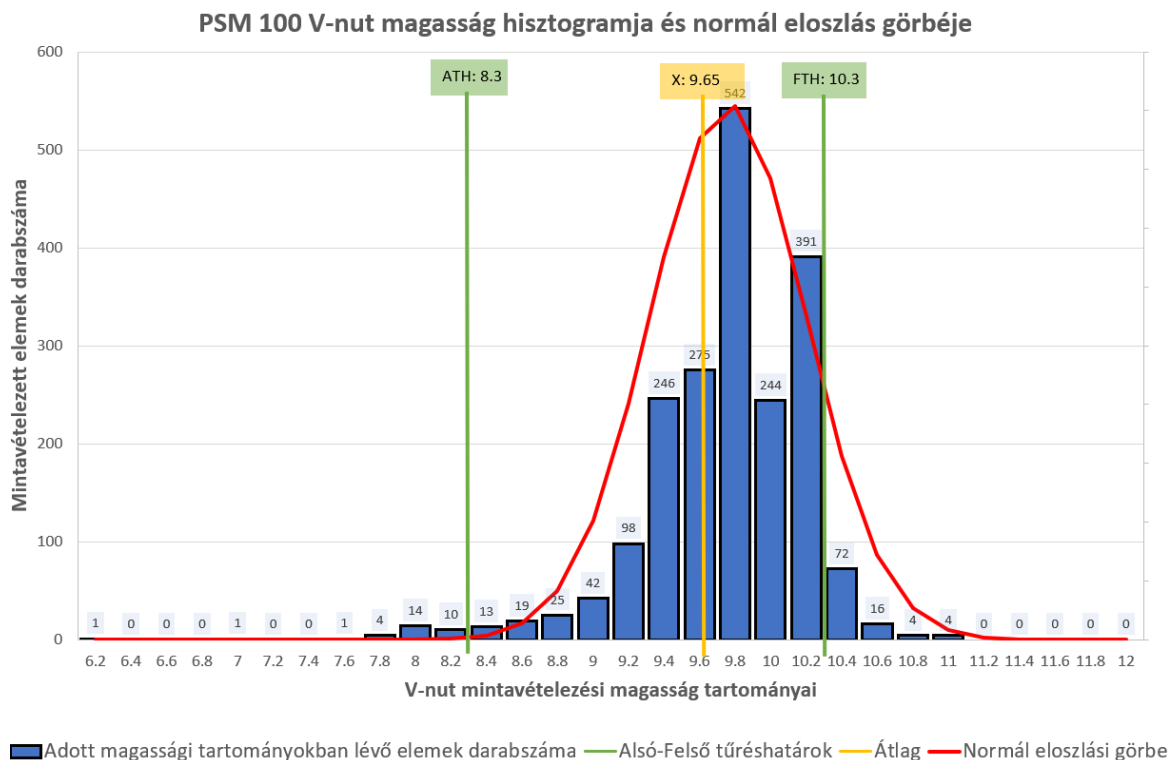
Voice of the Customer / Az Ügyfél felől érkezett problémák	Key topic / Kulcs- téma	Requirement / Követelmény
„Számunkra fontos lenne a V-nut megtartása alul és felül egyaránt, mivel mi azzal pozicionáljuk a statort a gyártósoron.”	Termék geometria módosítása	Nem módosítható a termék geometriája
„Fontos lenne mind a kettő, mivel a későbbiekben 2 külön állomáson is használjuk pozicionálásra külön-külön mind a kettőt.”	Termék geometria módosítása	Nem módosítható a termék geometriája
„A felső V-nut toleranciája minimálisan változtatható, viszont ezt meg kell vizsgálni, mert a motor házban ennek negatív formájának toleranciájától függ.”	Termék geometria módosítása	A ház geometriája határozza meg a felső V-nut toleranciáját
„A stack-ek forgatásának számát nem lehet lecsökkenteni, mert a hengeresség és körköröség tolerancia értékek nem lesznek tarthatóak.”	Termék geometria módosítása	Nem csökkenthető a stack csomagok száma statoron belül

18.ábra VOC táblázat, vagyis a „Voice of the Customer”, azaz az Ügyfél szava táblázat

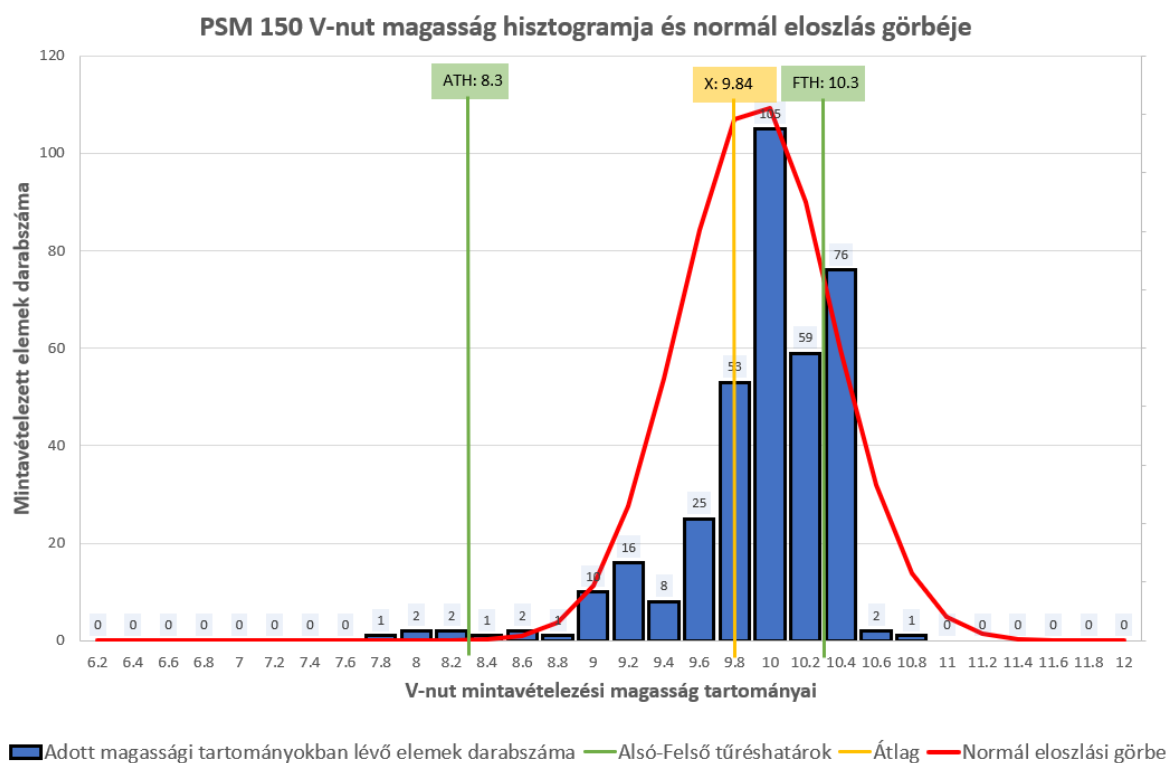
A VOP és VOC táblázat elkészítését követően láthatóvá vált, hogy egyedül a tolerancia módosítás állhat fent, mint opcionális változtatás. Mielőtt azonban ennek kiemzésébe belekezdtem volna, a Mérés fázisba tartozó folyamatképességeket vizsgáltam meg a 3+1 stator esetében. Ezekhez az elmúlt fél éves gyártási adatokat vettem alapul, melyek a következők voltak:



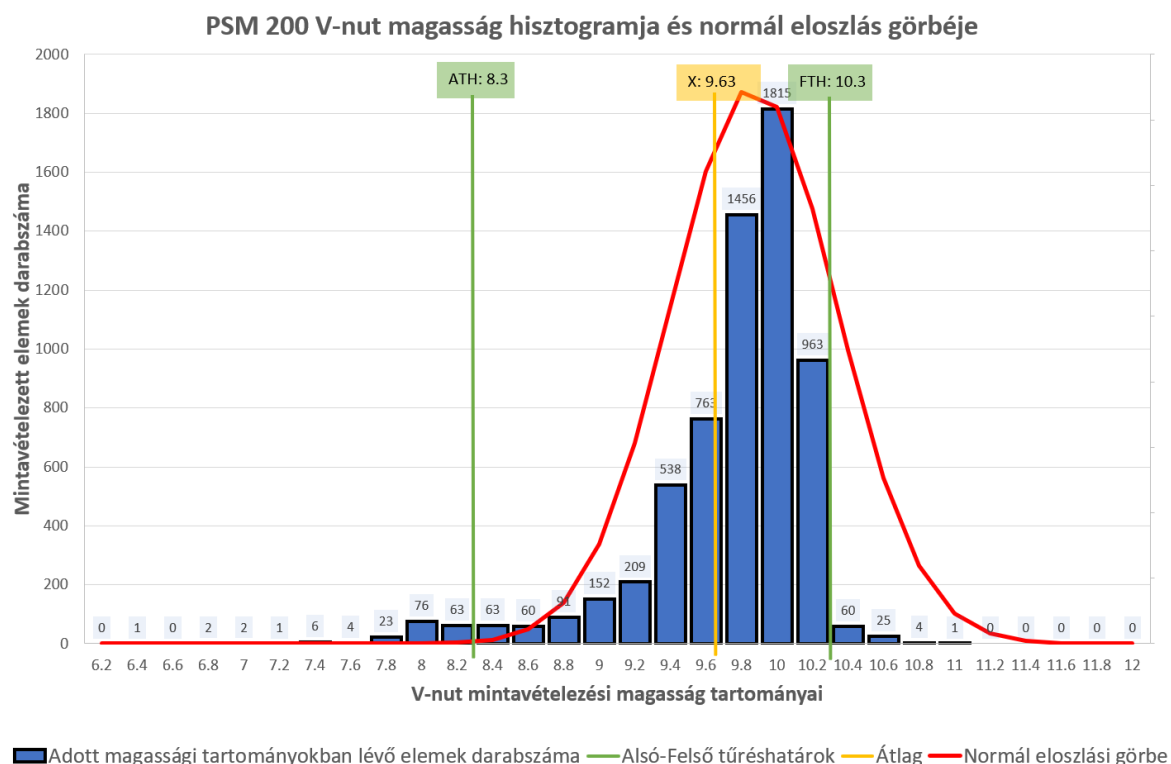
19.ábra ASM100 V-nut magasságának hisztogram eloszlása



20.ábra PSM100 V-nut magasságának hisztogram eloszlása



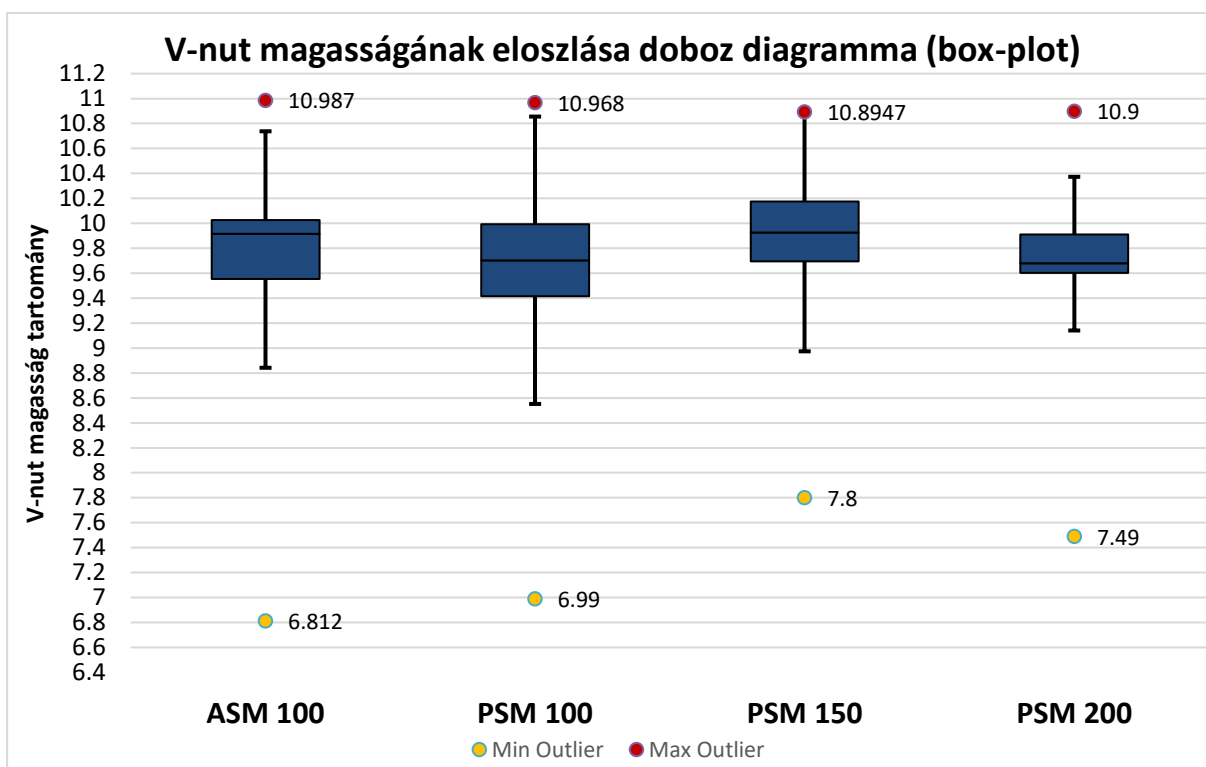
21.ábra PSM150 V-nut magasságának hisztogram eloszlása



22.ábra PSM200 V-nut magasságának hisztogram eloszlása

Termék megnevezése:	ASM 100	PSM 100	PSM 150	PSM 200
Fél év alatt termelt statorok darabszáma:	1731 db	2023 db	364 db	6379 db
Tűrőhatárnak megfelelt darabok száma:	1641 db	1915 db	341 db	6087 db
Selejtelek százalékos aránya:	5,1993 %	5,3386 %	6,3187 %	4,5775 %
1 darab előállításának költsége:	27,84 €	34,81 €	54,55 €	71,59 €
Selejtelek költségei félévre nézve:	2505 €	3759,48 €	1254,65 €	20904,2 €
Szórás:	0,4926	0,4376	0,431	0,468
Medián:	9,916	9,703	9,925	9,639
Átlag:	9,723	9,659	9,846	9,639
Cp:	0,6766	0,7615	0,773	0,711
Cpk:	0,3903	0,4881	0,35	0,469

23.ábra stator V-nut magasságának gyártásképességi értékei és selejtaránya



24.ábra stator V-nut magasságának eloszlása doboz diagrammal ábrázolva (box-plot)

A doboz diagram nevezetes pontjai:	ASM 100	PSM 100	PSM 150	PSM 200
Felső szélsőérték:	10.987	10.968	10.8947	10.9
Alsó szélsőérték:	6.812	6.99	7.8	7.49
Medián:	9.916	9.703	9.925	9.68
Felső kvartilis:	10.027	9.992	10.174	9.911
Alsó kvartilis:	9.553	9.416	9.694	9.603
Terjedelem:	4.175	3.978	3.094	3.41
Fél terjedelem, interkvartilis:	0.474	0.576	0.48	0.308

25.ábra stator V-nut magasságának eloszlása doboz diagrammal ábrázolva (box-plot)

Az eloszlás hisztogram görbékből megfigyelhetővé válik, hogy nagyrészt a jelenlegi termelés során a felső tűréshatárra dolgoztak a gépen. Erre azért volt szükség, mert ha egy stator a kivágó lyukasztó állomás után magasan jött ki, akkor csak a felső V-nut-ból tudtak visszavenni, értelemszerűen addig, amíg a teljes stator magassága a tűréshatáron belülre esett. Ha viszont a teljes stator magassága túl nagy, és túl sokat kell visszavenni a felső V-nut magasságából, akkor bár a stator teljes magassága IO (azaz megfelelő lesz), viszont a felső V-nut magassága beesik a 8,3-as tűréshatár alá, így az egész stator NIO (vagyis nem megfelelő).

A 23. ábrán láthatótáblázatba összeszedtem a 4 féle statort érintő gyártási paramétereiket. Ebből a táblázatból kivehető, hogy a selejt arány százalékban 4,5-6,3 százalék között mozog. Ez önmagába nem egy kiemelkedő érték, azonban, ha visszaszámoljuk több ezer eurós kiesésekről beszélünk. Sajnos a gyárthatóságra, avagy a folyamatképessegre utaló Cp-Cpk értékek is bőven 1 alatt helyezkednek el, így az is elmondható, hogy a jelenlegi tűrésekkel nem képes a sor egy folyamatos gyártásra, hogy az megfeleljen az autó ipari standardokban is jegyzett szabványoknak. Az 1-es érték itt számszerűsítve a 0,00044%-nál nagyobb hiba eredményességét jelzi.

Érdekesség még, hogy mindegyike estben a Cp értékünk nagyobb, mint a Cpk. Ez is arra ad magyarázatot, hogy a felső tűréshatár felé van eltolva a szórás.

Jelenlegi féléves távlatban az aktuális tűréshatárokkal ez egy 28423.33 Eurós selejt kiadást eredményez.

A szórás más perspektívából való rálátása érdekében készítettem el az úgynevezett doboz diagrammot, bokszt plot-ot. A bokszt plot alapvetően egy statisztikai kiértékelő diagramm, ami segít átlátni az értékek szórását és eloszlását úgynevezett kvartilisekbe osztva. A Box-plot első leolvasható pontja a legkisebb és a legnagyobb értéke. Ezeket a diagrammon piros és narancs pöttyel jelöltem. Ezek után meghatároztam a tartományom számtani közepét, azaz a mediánját. Ezt egy sorba rendezés után tudtam megtenni. Ezt követően az adott stator-ra jellemző mediántól lefele és felfele osztottam fel az adatsort. Az alsó adattartomány számtani közepe (a mediántól a legkisebb értékig) lesz az alsó kvartilis, míg a felső tartomány (a mediántól a legnagyobb értékig) számtani közepe a felső kvartilis. Gyakorlatilag ezek képzik a doboz felső és alsó végét. Ezt követően a terjedelem lesz a legkisebb és a legnagyobb érték közti távolság, míg a fél terjedelem vagy más néven interkvartilis lesz az alsó és a felső kvartilis különbsége. Ezeket az értékeket a 25. ábrán látható táblázatba rögzítettem.

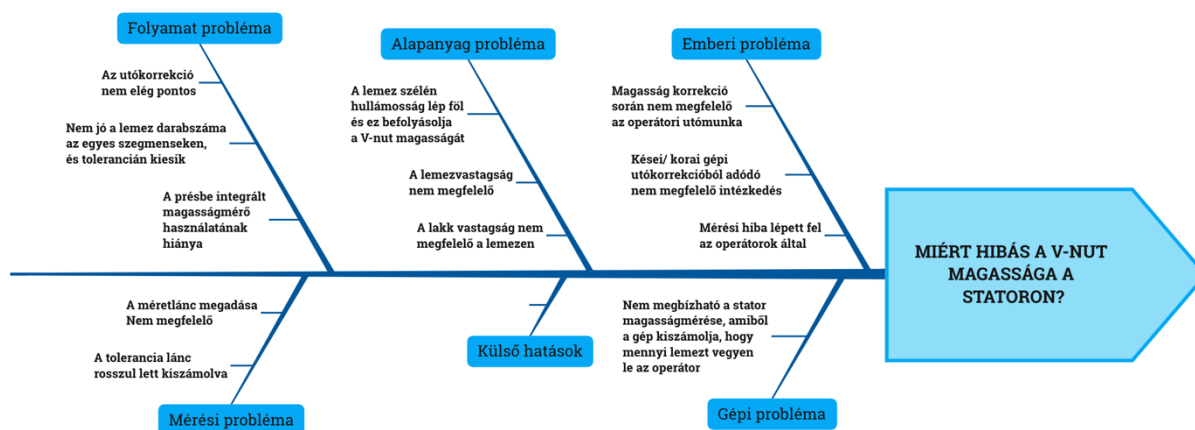
Az így kapott diagramról és adatokról kijelenthetővé válik, hogy a medián a medián értéke közel azonos mind a 4 esetben, illetve, hogy az adatok fele 9.4 és 10.2 között helyezkednek el. Viszont a PSM 150-200 esetében a legkisebb pont jóval magasabb, viszont ennek ellenére a számtani közepe ezeknek az adatoknak is hasonló a többihez.

Sajnos a túl nagy terjedelmi érték és a szűk interkvartilis mező arra ad következtetést, hogy a szórás nem kiszámítható, és nem gyártható. Bár a medián érték azonos, ez csak azt bizonyítja, hogy mind a 4 esetben valószínűsíthető, hogy ugyan az a probléma a gyártás során.

Ebben a fejezetben ezennel a probléma számszerűsített mérésekben történő kimutatása megtörtént. A továbbiakban a kapcsolódó társterületek bevonásával pedig elkezdtem az analízis fázist, ahol a korábban lokalizált problémára keresek megoldásokat.

4.3. Analízis

Az analízis fázist elsőként egy meeting összehívásával kezdtem meg, ahol az érintett társterületeket vontam be, vagyis a minőségmenedzsmentet, a sajtolásról egy felelős mérnököt, egy folyamatmérnököt, illetve a projektmenedzsmentet. Ezek után készítettem el az Ishikawa halszállát, aminek a feje, azaz a probléma oka a felső V-nut magasságának eltérése volt. A gyökérokok csoportosítását 6 fő csoportra osztottam: Folyamat probléma, Alapanyag probléma, Emberi probléma, Mérési probléma, Külső hatások, Gépi probléma.



26.ábra Ishikawa halszállka

A feltételezett lehetséges okok felvétele után megszavazásra kerültek az egyes gyökérok, és a szavazati értékeknek megfelelően lettek prioritizálva. Azok a pontok, amik csupán 1 szavazatot kaptak, nem lettek felvéve a kivizsgálásra.

Probléma megnevezése	Prio
A lemezvastagság nem megfelelő	1
A lakk vastagsága nem megfelelő a lemezen	2
A tolerancia lánc rosszul lett kiszámolva	3
Nem jó a lemez darabszám az egyes szegmenseken és tolerancián kiesik	4

27.ábra Top 4 priorizált gyökérok

Az a problémák, melyek nem kerültek priorizáció alá, egyesével meg lettek beszélve az adott területnek megfelelő emberrel, ahhoz, hogy teljesen ki legyenek zárva. Rövid magyarázattal a következő indokokkal lettek megcáfolva:

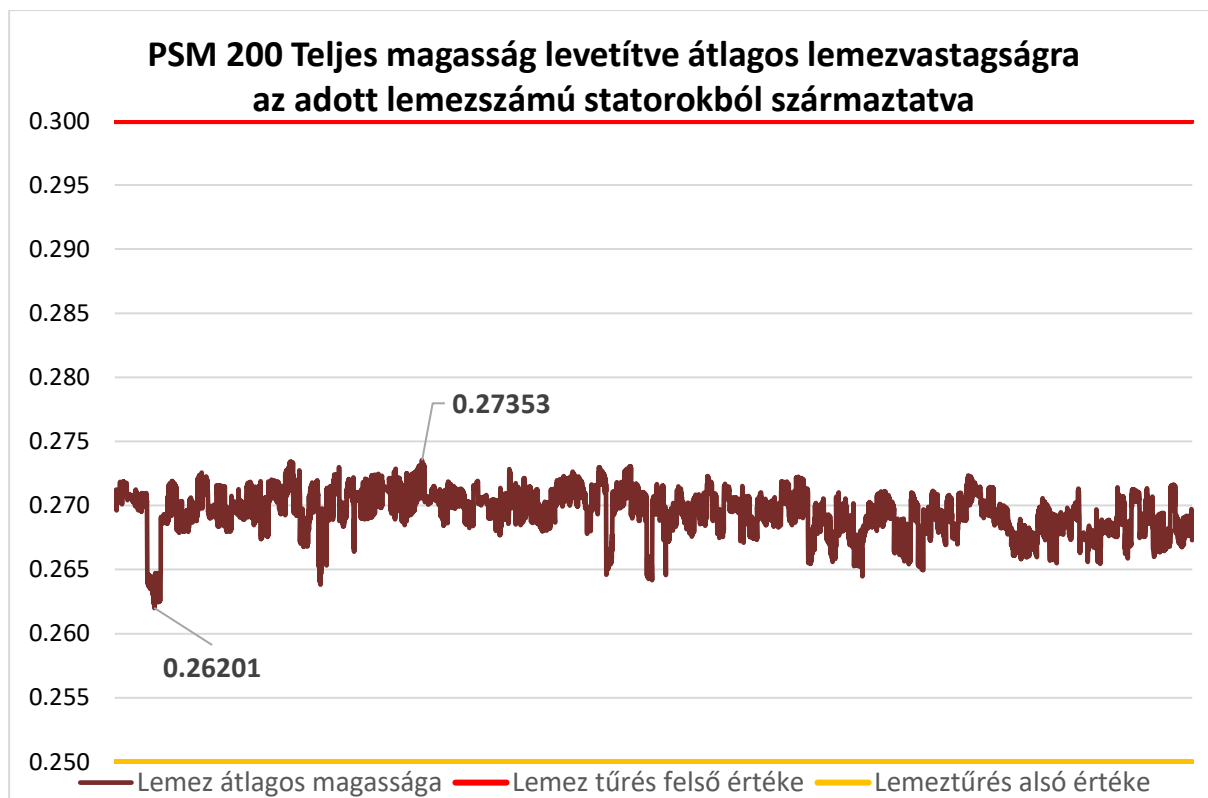
- **Az utókorrekció (lemezlevétel) nem elég pontos:** Az utómunkához kapcsolódó gépi mérés egy rugókarakterisztikából olvassa ki a stator magasságát. Ezt visszamenő irányban teszi meg a gép, így az esetleges klincs illeszkedésből származó felületi eltérés ki van zárva. Ezek utána gép 3 tizedes pontosságra adja meg a stator magasságát, majd a lemez nominális magasságával számolva határozza meg, hogy az Operátor mennyi lemezt vegyen le felülről. Az Operátor tehát mindig a meghatározott pontos lemez számot kell, hogy levegye.
- **A présbe integrált magasságmérő használatának hiánya:** Sajnos a prés és a benne elhelyezkedő szerszám nagysága nem teszi lehetővé, hogy beépítésre kerüljön.
- **A lemez szélén hullámosság lép föl és ez befolyásolja a V-nut magasságát:** A lemeztekercs megfeszítése során a széleken hullámosság lép fel, mely befolyásolhatja a lemez síklapúságát, azonban ennek mértéke minimális, és nem számottevő a V-nut magasságára nézve. Továbbá ez esetben megfigyelhető lenne a stator felső és alsó síklapján egy egyenletes egymással szemben lévő párhuzamos síklapúsági eltérés.
- **Magasság korrekció után nem megfelelő az operátori utómunka:** Ezt vizuális csekkolással, illetve munkautasítás kihelyezésével megoldottnak nyilvánítottam.
- **Kései/korai gépi utókorrekcióból adódóan nem megfelelő intézkedés:** Mivel a rugókarakterisztika méréséből származó magasság mérés során nem volt kieső darab, így feltételezhető, hogy a minimális magasságon felül van az összes stator. Ha túl magas a stator, akkor ez jelenthet problémát, azonban ezt a lemez vastagság ingadozásának hipotézisébe soroltuk.

- **Mérési hiba az operátorok által:** A magasság korrekcióhoz hasonlóan itt is vizuális csekkolással és munkautasítás kihelyezésével oldottam meg a problémát.
- **Méretlánc megadása nem megfelelő:** Sajnos ez nem oldaná meg a probléma forrását, mivel az ingadozó lemezvastagság hasonló tűrések mellett is tarthatatlanná válhat, hiába a módosított tűréslánc.
- **Nem megfelelő a stator magasságmérése, amiből a gép kiszámolja, hogy mennyi lemezt vegyen le az operátor** Ahogy ezt az „Utómunka nem elég pontos” pontban is írtam, a gép visszaútban méri a rugózásból származtatott magasságot, így az esetleges klincs kapaszkodásból adódó problémák is ki vannak zárva.

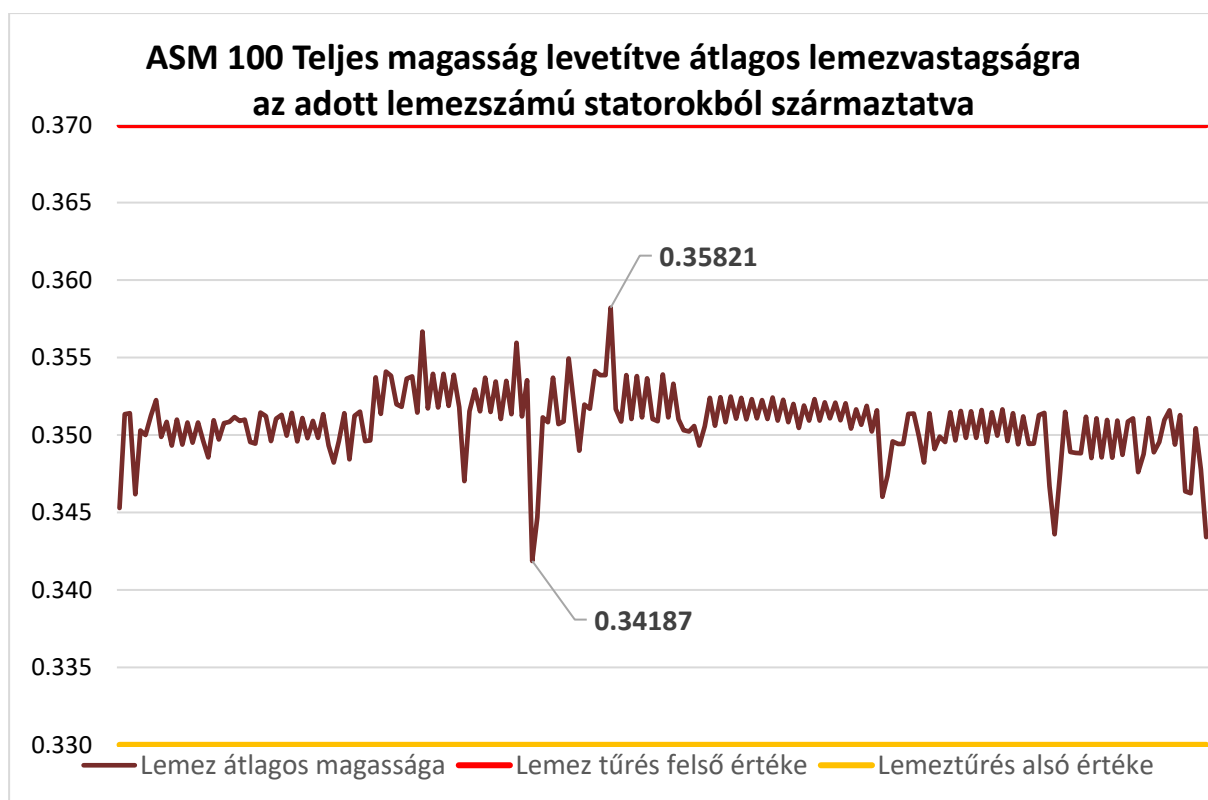
A továbbiakban az alábbi 4 hipotézist fogom külön-külön megvizsgálni és ennek megfelelően megcáfolni, vagy megerősíteni.

4.3.1. Lemezvastagság probléma

A lemezvastagság probléma okát első körben szükségesnek gondolom megvizsgálni alapanyag oldalról. Egy nyers feltekercselt lemezköteg hossz meghaladja az 1600 m -t is, így elképzelhető, hogy a kivágó lyukasztó gépbe való behúzás közben míg egy majd 200 mm magas stator felépül a megközelítőleg 700 darab kivágott lemezformából, a legkisebb és a legnagyobb lemezvastagság közti különbség már kritikus lehet. A kétfajta statorhoz 2 különböző vastagságú lemeztekeresztet használunk, melyek 0,27 és 0,35 mm nominális vastagságúak. Ebből kifolyóan 2 lemezvastagság mérést kellett elvégeznem. Mivel PSM-ből 3 típus is rendelkezésre állt, így a 23-as ábrának táblázatából származó legnagyobb 0,492-es és 0,468-as szórású ASM 100 és PSM 200-as statort választottam.



28.ábra PSM 200 1 lemez átlagvastagsága a lemez darabszámból származtatva. Értékek milliméterben értendők!



29.ábra ASM 100 1 lemez átlagvastagsága a lemez darabszámból származtatva. Értékek milliméterben értendők!

Mivel a kivágó lyukasztó számolja az egyes statorok lemez darabszámát, így az egyes statorok magasságát elosztva a lemezek darabszámával megkaptam az átlagos lemezvastagságot statoronként. Ez látható a 28-as és 29-es ábrán. Ezután a beszállítótól kapott adatlapban talált toleranciákkal vetettem össze, ami a 30. ábrán látható.

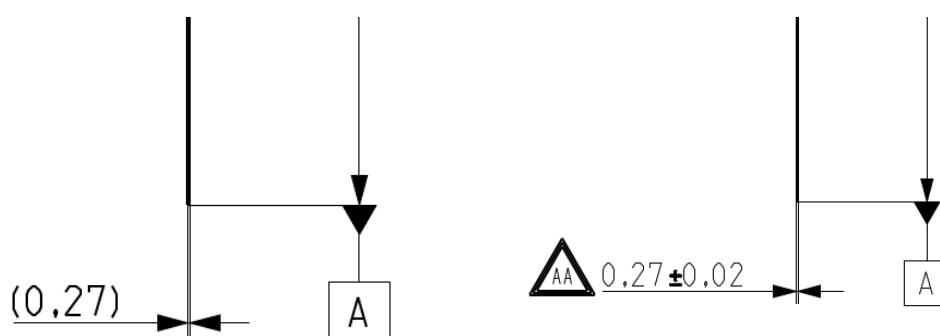
Table 1 - Limit dimensions of the ceiling

Nominal thickness, mm	Limit deviations for nominal thickness, mm	Max. thickness variation transverse to the direction of rolling, mm	Max. thickness variation within a sheet section of 1 m parallel to the direction of rolling, mm
0,2	±0,01	0,02	0,01
0,25	±0,01	0,02	0,01
0,27	±0,01	0,02	0,01
0,3	±0,015	0,02	0,015
0,35	±0,0175	0,02	0,0175
0,5	±0,02	0,02	0,02

30.ábra Stator NO27-14_C5 alapanyag S135105-1 dokumentuma

Mivel a lemez átlag vastagság szórása nem érte el egyik esetben sem a kritikus alsó vagy felső toleranciát, így ezt a hipotézist megcáfoltnak nyilvánítottam.

Azonban, miután ellenőriztem a lemezvastagság megadását az elemi lemez rajzon, egy hibát véltem felfedezni, ami a belső Guideline-ban, ami előírja, hogy a lemezvastagság megadása a nominális értéktől függetlenül ± 8 %-os toleranciával kell rendelkeznie. Ez a 8 %-os tolerancia tűrés egyedül a 0,25-ös lemezvastagságra lesz jellemző megadás, hiszen egyedül az van kapcsolatban a beszállító dokumentumban található tolerancia tűréssel. Esetemben a 0,27 és a 0,35-ös lemez toleranciája jóval kisebb tartományt ad meg, mint a belső Guideline szerinti 8 %-os tartomány. Ezt az eltérést tehát jeleztem cégen belül a felelősöknek és a Guideline elemi lemez rajza javításra került. Az esetemben ez a 31. ábrán látható változtatást jelentette 0,27-es lemez esetében.



31.ábra Stator 0,27 mm-es elemi lemez vastagságának módosítása a javított belső Guideline szerint (bal oldali a régi, jobb oldali az új)

4.3.2. Lakk vastagság probléma

A lakk vastagság probléma egy a kivágó-lyukasztó gyártósor-által felhozott probléma, melyet azért gondoltam felvenni a hipotéziseim közé, mivel erre a gyártósoron külön mérést nem végzünk, így felmerülhet ennek ellenőrzése. Miután a belsős szabványunkat átolvastam, a lakk vastagságra a 32. ábrán található pontot találtam egyedül. Ebben a pontban a DINEN10342-es szabványra hivatkozik, ami utánajárva csupán a lakk felhordásának folyamatát írja le, azonban sajnos annak mérését nem említi. A lakk vastagságát viszont $1-1,5 \mu\text{m} \pm 0,5 \mu\text{m}$ vastagságúnak tünteti fel. Ez azt jelenti, hogy 700 lemez esetében legkisebb esetben 0,7 mm legnagyobb esetben 2,8 mm-t tud ingadozni a lemez vastagság. Ez az érték már jelentősen befolyásolhatja a stator magasság ingadozását. Ahhoz, hogy a méréssel kapcsolatban meggyőződjek, a beszállítót kerestem fel, majd kérdeztem meg tőle, hogy a lakk vastagság mérésére miként kerül sor. Levelemre gyors választ kaptam, amiben elmagyarázták, hogy a lakk vastagság mérése csupán szigetelés vizsgálattal történik, ami magas feszültségen történő kisülést jelent. A lakk vastagságát külön nem mérik. Továbbá a lemez vastagság magába foglalja a lakk vastagságot is.

Ebből kifolyólag a lakk vastagság hipotézist megghiúsultnak nyilvánítottam, mivel nem releváns a lakk vastagság mérése, ha a lemez vastagság mérés már magába foglalja azt is.

17.3 Lacquering according to DINEN10342

Isolation layer: on both sides. Type EC-5. Cr-free, Rembrandtin – Remisol EB5350 S

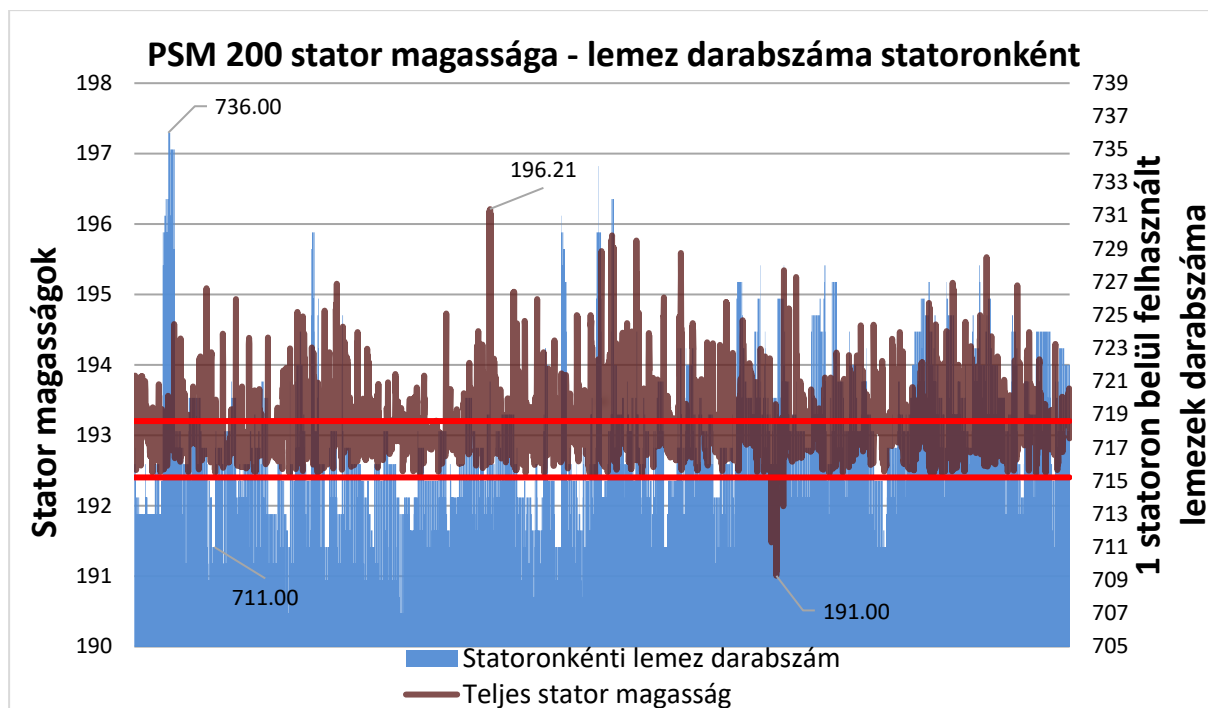
Layer thickness: $1,0-1,5 \mu\text{m} \pm 0,5 \mu\text{m}$

Testing of coating/layer adhesion: with mandrel bending test DIN EN ISO 1519

32.ábra Belsős K135105-1; NO27-14_C5 alapanyag szabványban talált lakk vastagság hivatkozás

4.3.3. Nem jó a lemez darabszám az egyes szegmenseken és tolerancián kiesik

A stator magassága függ a lemez vastagságtól, illetve az egy statoron belül lévő lemezek számától. Mivel a lemezevastagság nem állandó, így a középső szegmensek utolsó stack-ével végzik el a korrekciót, hogy megfelelő legyen a stator teljes magassága. Ahhoz, hogy megállapítsak egyes határértékeket, elkészítettem a 34. ábrán látható diagrammot, amiben láthatóvá válik a lemez darabszám ingadozás és a stator magasság ingadozása.



33. ábra PSM 200 stator magassága és a lemez darabszám arányának változása az elmúlt fél évben

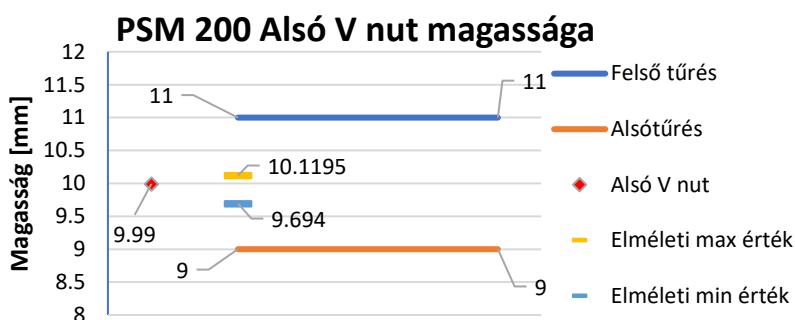
A diagramból láthatóvá válik, hogy az egyes hirtelen emelkedések és süllyedések után mindig korrekció történik, valamint, hogy a lemezek darabszáma egy statoron belül 711 és 736 darab közé esik. Mivel a korábban készített 28 és 29 -es lemezvastagság ábrán kiderült, hogy az ingadozás koránt sem éri el a lemezvastagság tolerancia értékét, így leszűkítettem a tolerancia tartományt 0.262 mm és 0.2735 mm -közé. Ennek megfelelően elkészítettem az egyes szegmensek darabszámának jelenlegi felépítését, mely a 34. ábrán látható.

Lyukasztási sorrend	Szegmens megnevezése	Előírt tolerancia [mm]	Lemez darabszám [db]	Min. magasság [mm]	Max. magasság [mm]
1.	Alsó V-nut	10 ± 1	37	9.694 mm	11.119 mm
2.	Szegmens 1	-	40	167.418 mm	174.76 mm
3.	Szegmens 2	-	40		
...	...	-			
16.	Szegmens 15	-	40		
17.	Szegmens 16	-	39	10.218 mm	10.6665 mm
18.	Felső V-nut	$10.3 -2$	39		
SUM	-	193.2 ± 0.8	715	187.33 mm	195.5525 mm

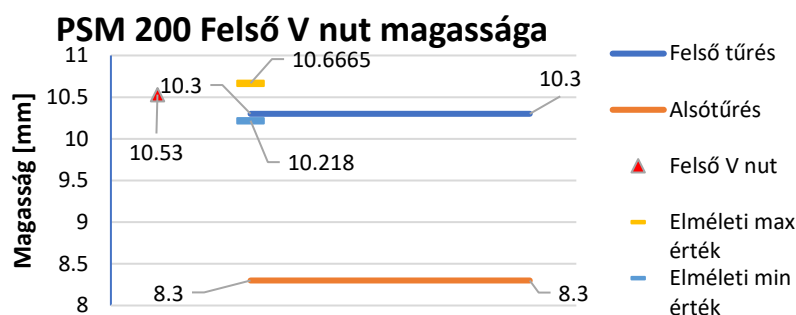
34. ábra PSM 200 lemez darabszám felépítése szegmensekként

A szegmensek elnevezését a 13. ábra alapján készítettem, miszerint a gép először az alsó V-nut stack csomagját lyukasztja ki, majd a középső szegmenseket 1-től 15-ig. Ezt követően jön a korrekciós 16-os szegmens, majd a felső V-nut stack. Ha a 34. ábrán látható értékeket egy

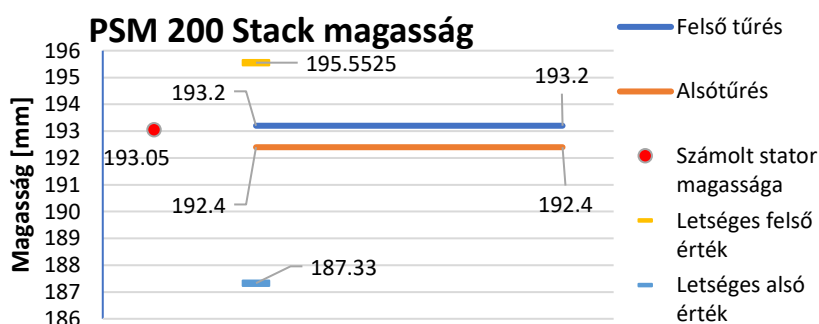
tolerancia diagrammon ábrázolom, láthatóvá válik, hogy hol helyezkedik el a tartományban a jelenlegi beállítás. Ennek megfelelően készítettem el a 35, 36, 37. ábrákat.



35.ábra PSM 200 alsó V-nut magasságának toleranciája a jelenlegi gyártással



36.ábra PSM 200 felső V-nut magasságának toleranciája a jelenlegi gyártással



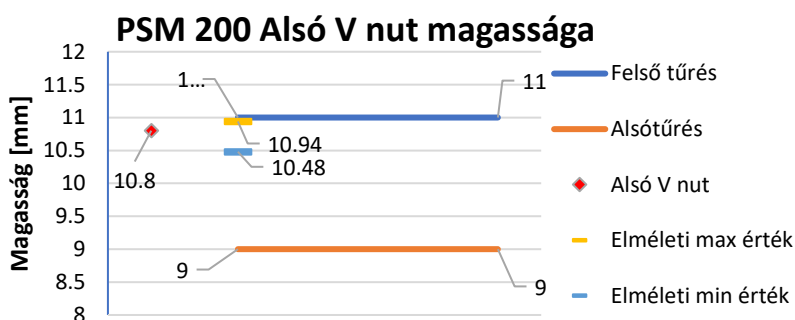
37.ábra PSM 200 stator magasságának toleranciája a jelenlegi gyártással

A diagrammok elkészítéséből kinyerhetővé válik, hogy az egyes szegmensek milyen névleges értékre készülnek. Elsőként a 34. ábrán látható alsó V-nut-at vizsgáltam meg, ahol a rajzi előírt 9 és 11 mm-es határértéken belül 37 darab lemez kerül ebbe a szegmensbe. A lemezek esetében az egy fél éves statisztikából számolt átlagos lemezvastagságok elméleti felső és alsó értékét vettem toleranciaként (28. ábra és 29. ábra). Erre azért gondoltam, hogy szükség van, mivel a kiugró értékek sem közelítették meg az alapanyag lemez vastagság alsó vagy felső

toleranciáját, így a túl nagy tolerancia mező fals eredményeket generált volna az egyes szegmensek lemez darabszámainak meghatározásában. Mivel a stator az alsó V-nuttól épül föl, így az egyes darabok eltávolítása ezt a szakaszt nem befolyásolja. Továbbá pedig levonható következtetés még, hogy ebben a szegmensben a tolerancia tartományba beleesik az elméleti tolerancia. Ebből kifolyóan lehetséges ennél a szegmensnél a lemez hozzáadás vagy elvétel, annak mérten, hogy az előírt rajzi tolerancián belül maradjunk.

A számításokat követően a 35. ábrán látható alsó V-nut tolerancia mezőjében található nominális értéket felfelél toltam el. Ezt azzal magyaráznám, hogy a 35. ábrában található lemez számok szegmensenként nagyobb tolerancia mezővel bírnak és mozgathatók, azonban az összes lemezszámnak, vagyis a teljes statornak a toleranciája már kevésbé.

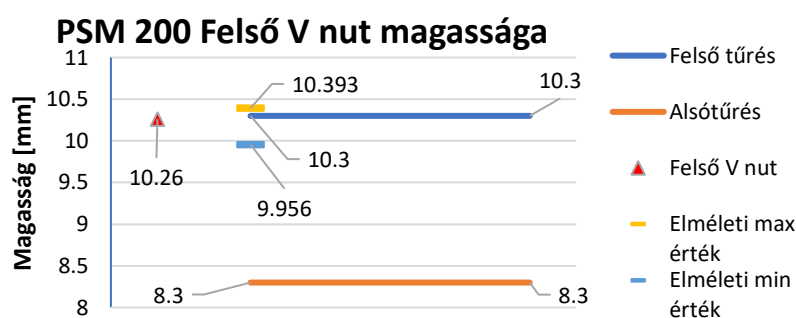
A javított alsó V-nut tehát 40 darab lemezből állna a következőképpen:



38. ábra PSM 200 alsó V-nut lemez szám/tolerancia változtatás

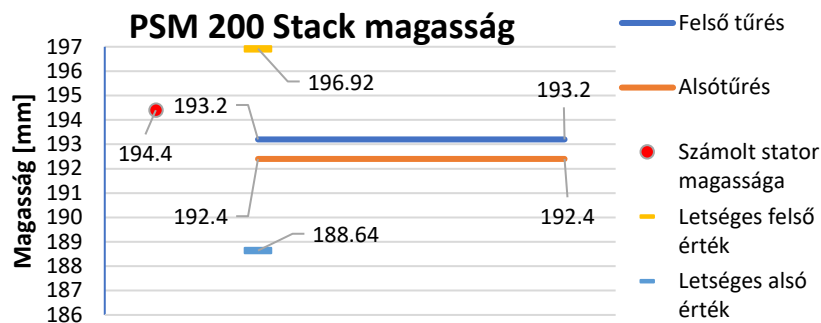
Ezzel a változtatással tehát 3 lemezzel több jutna az alsó V-nut (első) szegmensbe, illetve a középsőbe 3-mal kevesebb.

Ezt követően a felső V-nut lemezsámát módosítottam, mégpedig a felső toleranciához igazítva az nominális értéket. Ezzel, ha a rúgókarakterisztikai magasságmérést követően is magasnak bizonyul a darab, kedvezőbb viszonyokkal módosítható és vehető el belőle lemez.



39. ábra PSM 200 felső V-nut lemez szám/tolerancia változtatás

Sajnos ezekkel a beállításokkal is még túl tág maradt a teljes stator magasságának elméleti toleranciája. Emiatt, hogy az elméleti lemeztoleranciával számolt stator magassága megfelelően illeszkedjen a rajzi toleranciára, a 15. szegmenst, vagyis a korrekciós szegmenst 39-ről 42 re változtattam. Az így kapott rajzi tolerancia középértékéhez képest, ami 192.8 mm, az elméleti lemezből számolt stator magasság középértéke 192.78 mm.



40. ábra PSM 200 Stator magasság lemez szám/tolerancia változtatás

Így elmondható, hogy bár a teljes stator magassága még mindig kritikusnak tekinthető és nem tartható a jelenlegi rajzi toleranciákkal, azonban minimális lépést tettem a gép pontosabb gyártásának beállítása felé.

Ez által a módosítás által ezt a hipotézist beigazoltam, hogy valóban egy hibás pontja volt a folyamatnak, azonban a probléma megoldását nem tudtam teljes mértékben megtalálni.

4.3.4. Tolerancia bővítése

A tolerancia bővítést azért hagytam utolsó pontként, annak ellenére, hogy kulcsfontosságú téma egy nem megfelelő paraméter tartásánál, mivel jelen helyzetemben ez egy már széria gyártásban futó termék. Fontos megjegyezni, hogy egy „built to print” projektről beszélünk, aminek tisztázni az üzleti folyamatát:

1. A vevő szolgáltatott részünkre egy rajzot, rajta egy kész vagy fél kész termékkel, melyet a vevő házon belül fejlesztett és tesztelt le.
2. Ezt, mi a fejlesztésen gyártásra előkészítjük, úgynevezett Ügyfél rajzból csinálunk egy gyártási rajzot, melyen saját belső szabványok szerepelnek és szükség szerint szorosabb (de sosem tágabb) toleranciák.
3. Ha ez megtörtént és a gyártás, fejlesztés egyaránt gyárthatónak találja a rajzot a termékkel, a Controlling-gal, a Sales-al és a Beszerzéssel egyaránt megtörténik az ár képzés.

4. Ez után pedig a szerződéskötés, amiben mi, mint beszállító garantáljuk a termék gyárthatóságát és a határidőig történő eljuttatását a vevőhöz.

Mivel jelenleg egy félkész termékről van szó, melyet a beszállító beépít az adott összeállításába, így meg kellett vizsgálnom, hogy egy esetleges tolerancia nyitás a vevőnek milyen problémákat hozhat föl. A projektmenedzsmentől megtudva kiderítettem, hogy a vevőnek a V-nut egy pozicionáló szerepet tölt be a motorházban. Ezt a korábban említett 18. ábrán található VOC táblázatból is igazoltam. Mielőtt a kérdéseimet a tolerancia nyitással kapcsolatosan az Ügyfélnek tettem volna föl, elsőként házon belül a projektmenedzserrel együtt egyeztettem le.

Az első felmerülő kérdés, projektmenedzsment oldalról, a szükségszerűség volt. Ezt azzal indokolták, hogy mivel a projekt már a szerződéses feltételekkel fut, így, ha részünkről merül föl módosítási igény, az az Ügyfélnek egy egyértelmű kérdést adna, hogy milyen indokból szeretnénk ezeket a változtatásokat végrehajtani. Ez üzleti oldalról egy kritikus pont, mivel egy tolerancia változtatás egy félkész terméknel egyaránt érinti mindkét felet, és jogosan merül föl az igény pénzbeli kompenzálásra a másik féltől, mint részben károsult, hogy szeretne ennek a potenciálisan kedvezőbb feltételnek ő is haszonélvezője lenni.

Számunkra a kedvezőbb feltételeket a selejtarányok csökkentése jelentené, ami fél évre számolva egy 28423.33 Euro-s megtakarítás lenne. Ez lebontva azt jelenti, hogy a fél év alatt gyártott PSM 100-150-200, ASM 100, ami 10497 darab, 5,13%-át tudnánk megtakarítani, ami már egy igen jelentős volumen.

Az Ügyfél, vagy vevő, mint károsult oly szempontból elszenvedője ennek a lehetséges változtatásnak, hogy a V-nut mint illeszkedő felület, vagy a stator magassága befolyásolhatja a vevő által számolt tolerancia láncot összeszerelésnél, és kritikus esetben az összeszerelési folyamatot akadályozhatja. Fontos megjegyezni, hogy a vevőnek nem áll szándékában belső információkat kiadnia, mivel egyaránt ügyfél és versenytársi viszonyban is áll a két cég egymás között. Emiatt pedig nem tudok kérni teljes tolerancia lánc kalkulációt, vagy beszerelési tervet a vevőtől. Sajnos ez az ügyfél-versenytársi viszony teljes mértékben megnehezíti a költséghatékonny megoldások keresését.

Csupán feltételezhetjük, hogy a vevőnek milyen lehetséges problémái lehetnek, és a kérésünkre milyen igényeket támasztana elénk.

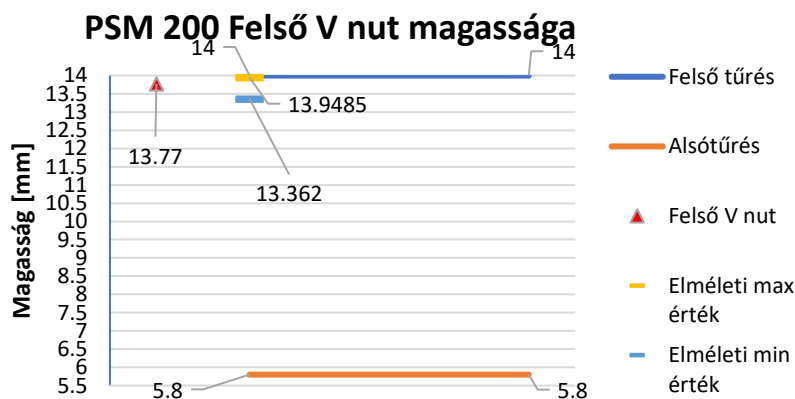
Az egyik ilyen lehetséges feltételezés, hogy mivel a stator teljes magasságának toleranciája nem változtatható az örvényáramok kedvezőbb záródása miatt, így az alsó és/vagy a felső V-nut toleranciájának változtatása eshet csak szóba. Azonban mivel a gyártás csak egy bizonyos felépítési sorrenddel készülhet (alsó V-nut-középső szegmensek-Felső V-nut), így az esetleges utókorrekció csak a felső v-nut magasságának változtatásával érhető el.

A menedzsmenti egyeztetések után kiszámoltam a lehetséges legjobb felső v-nut toleranciát, amivel közel 100%-osnak tudnánk tekinteni a folyamatképességünket.

Elsőként az alsó V-nutat vizsgáltam meg, melyek az előzőekben említett 40 lemez darabszámmal számoltam. (38. ábra)

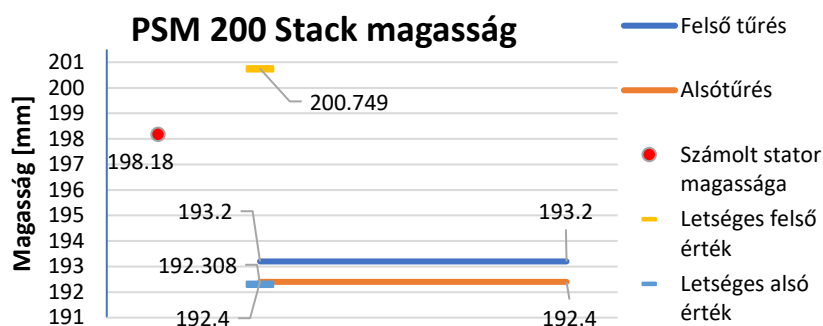
Ezt követően a középső szegmenseket 643 darab lemezre emeltem, hogy a teljes stack magasságra dolgozzon a gép.

Végül pedig a felső V-nut-on hajtottam végre a legnagyobb változtatást. Mivel hiába csökkenteném a középső szegmensek lemez számát, ha a teljes stator toleranciáját nem tudom változtatni, akkor megközelítően 8,441 mm-t ingadozik a stator magassága, amit a felső V-nutnak a toleranciájának kellene „elnyelnie”. Ehhez pedig a felső V-nut toleranciáját bővítettem a következőképpen:



41. ábra PSM 200 Felső V-nut ideális számolt magassága

A nominális értéket tartanám ugyan úgy 10 mm-en, viszont az eddigi +0/-2 toleranciát kibővíteném +4/-4.2 -re. Ezzel a teljes stator magassága a PSM 200 esetében a 42. ábrán látható módon oldottam meg. Így az elméletileg számolt lemezek magasságával is az alsó tolerancia mezőn felül helyezkedne el a stator teljes magassága, valamint utómunka esetén is lenne kellő lemez, aminek eltávolítása az elméleti lemezvastagsággal számolva se menne a teljes stator magasság alsó tűrése alá.



42.ábra PSM 200 stator teljes ideális számolt magassága

Ez a gyakorlatban azt jelentené, hogy ha legrosszabb esetben a rugómérésig mért stator magassága 200.749 mm, akkor az operátornak le kell szednie a statorból legalább 7.549 mm lemezt ez megközelítően 28 darab lemez (nominális lemezzavastagsággal számolva). Viszont, ha vissza is szedi az operátor a már említett 28 lemezt, akkor sem volt a felső V-nut magassága az alsó tolerancia alá esni, mivel legrosszabb esetben is:

- Legrosszabb esetben a stator teljes magassága: 200.749 mm
- Stator tolerancia felső határa: 193.2 mm
- Stator tolerancia alsó határa: 192.4 mm

Korrektcióval eltávolítandó lemez: $200.749 - 193.2 = 7.549 \text{ mm}$

Ez Nominális lemezzavastagsággal számolva 27,95 db lemez, ami kerekítve 28 darab lemez.
 $0.27 \cdot 28 = 7.56 \text{ mm}$

Ha ezt a már kerekített értéket vonom le a felső V-nut legkedvezőtlenebb esetéből, ami a minimális elméleti lemezzavastagságból számolt magasság, akkor a következőt kapom:

- Eltávolítandó lemezzavastagság: 7.56 mm
- Felső V-nut alsó toleranciája: 5.8 mm
- Felső V-nut elméleti legkisebb lemezzavastagsággal számolt magassága: 13.362 mm

$$13.362 - 7.56 = 5.802 \text{ mm}$$

Ezzel az 5.802 mm-es értékkel pedig még pont a kritikusnak vélt magasság fölött tudnám tartani a stator teljes magasságát, hiszen legrosszabb esetben is, ha 7.56 mm-lemezt kellene eltávolítani, akkor is még a felső V-nut toleranciáján belül lenne az értékem.

Ahogy korábban említettem, ez a tolerancia bővítés mivel felőlünk és nem a vevő felől érkezett, így a vevő bizonyos mértékben elszenvedője lehet ennek a módosításnak, így feltételeznünk kell esetleges extra költségek térítését ahhoz, hogy a változás végbe menjen. Ha valóban erre kerülne a sor, további számítások szükségesek, hogy bebizonyosodjon, megéri-e számunkra ez a változtatás.

Elmondható, hogy ebben a pontban ezt a hipotézist sikeresen alátámasztottam és megerősítettem. A következő fejezetemben a fejlesztésben ezeket a hipotéziseket fogom átvinni a termelésbe, majd az Ügyféllel egyeztetni.

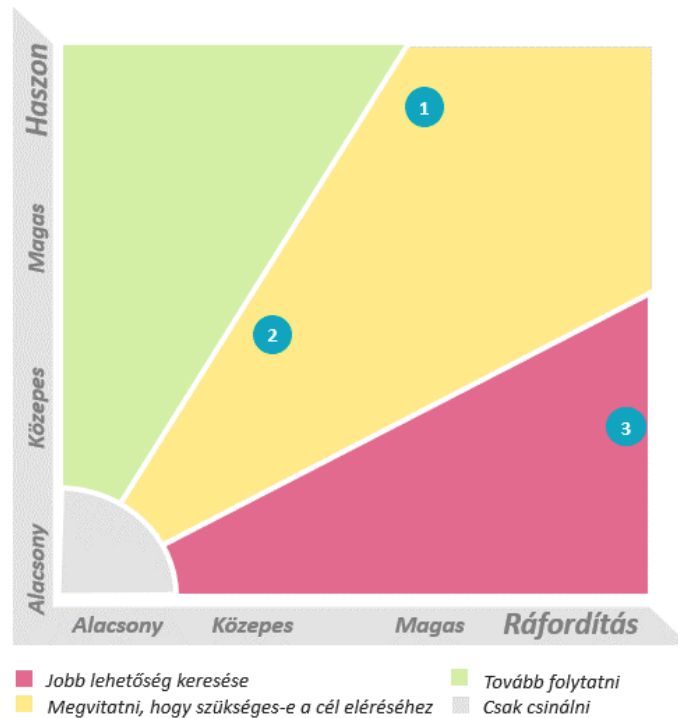
4.4. Fejlesztés

A fejlesztési fázisban az előző pontban alátámasztott hipotéziseket fogom végig vinni. Ez azzal kezdtem, hogy egy brainstorming keretein belül ötletelést végeztünk a gyártó mérnökökkel, minőségbiztosítással és a folyamatmérnökökkel. A hipotézisekre a következő fejlesztési javaslatokat gyűjtöttem össze:

Az okra való hivatkozás	száma	Rövid leírás	Implementálva lett e	A kiváltó okra való hatása
Minden okot érint	1	A felső V-nut toleranciának bővítési kérelme	Igen	Közepes
Minden okot érint	2	A szegmensek megfelelő lemez	Igen	Kicsi
Minden okot érint	3	A lemezvastagságmérő lézer megfelelő beállítása	Nem	Nincs

43.ábra A brainstorming-on felhozott megoldások az egyes hipotézisekre

Miután a lehetséges megoldások összegyűjtése megtörtént, ezeket elhelyeztem egy koordináta rendszerben, ahol a haszon mértéke és a ráfordítás mértéke volt az x és y tengely. Ebben megmutattam, hogy mely ötletekkel érdemes kezdeni a fejlesztést és hogy az egyes ötletek biztosítanak számunkra elég lehetőség a megvalósításhoz, vagy netalán túl rizikósok.



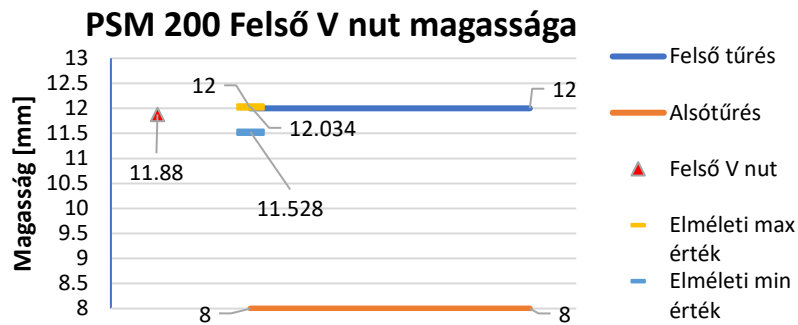
44.ábra Ötletek elhelyezése a haszon / ráfordítás diagrammon

Az első pontot helyeztem el a legmagasabb haszonnal rendelkező megoldásként, ami még minimális ráfordítást igényel. Ezt követően a második pontot, a szegmensek beállítását egy közepes ráfordítással lehetne kivitelezni. Végezetül pedig a lemez vastagság mérő műszer pontos beállítását magas ráfordításra tettem, mivel itt nem lehet meghatározni, hogy a műszer pontosítása hozhat-e bármilyen extra költséget.

Elsőként felvettem a kapcsolatot az Ügyféllel és közöltem vele az igényünket. Ezt egy Ppt.- file-ban tettem meg, ahol a lemez vastagság és a stator magasság ingadozást mutattam meg nekik, majd a tolerancia változtatásomat. A kieső darabok számára végezetül belementek a változtatásba, viszont időt kértek a belső egyeztetések lefolytatására.

A visszajelzést követően megkaptam az új vevői rajzokat, amin már szerepeltek a változások, viszont egy megbeszélés keretein belül kifejtették, hogy az ő gyártósrukon csupán egy +2/-2-es tolerancia bevezetése megengedett. Ezt nem tudják lejjebb engedni és szélesíteni igényünk szerint. Sajnos ezek után el kellett fogadnom a tényt, hogy ezekkel az értékekkel dolgozva kell elvégeznom a kivágó gép beállításait az egyes szegmensekre. Ennek mértem a változtatásaimat a következőképpen készítettem el.

4.4.1. PSM 200 módosítása



45.ábra PSM 200 stator felső V-nut toleranciája 2/-2 mm módosított állapotban

A felső V-nut 44 darab lemezből állna, és mivel a tolerancia mező nem elég nagy, hogy beférjen a minimum elméleti lemezzvastagsággal számolt lemez és a maximum egyaránt, így a nominális értékkel számoltam. Látható, hogy a felső V-nut magasság esetében is és a stator teljes magasság esetében is a nominális érték az elméleti lemeztolerancia alsó és felső határainak majdnem mértani közepe. Emiatt az utólagos korrekcióra és az operátori korrekcióra támaszkodva nominális értékekkel számoltam a beállítást. A Felső V-nut esetében a felső toleranciára helyeztem a nominális értéket.

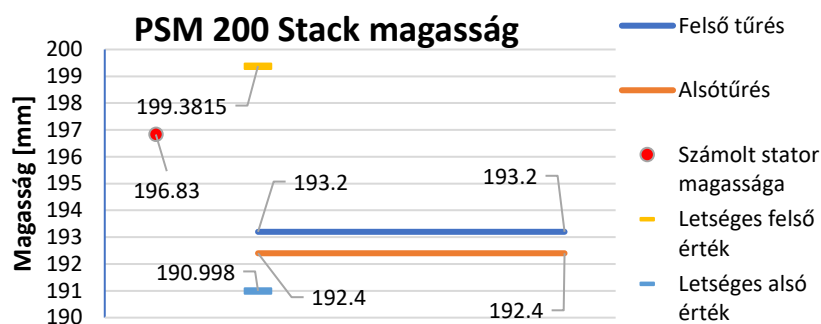
- PSM 200 felső V-nut nominális számolt magassága: 11.88 mm
- PSM 200 felső V-nut rajzi alsó toleranciája: 8 mm

$$11.88 \text{ mm} - 8 \text{ mm} = \underline{3.88 \text{ mm}}$$

Ebben az esetben 11.88 mm a nominális érték, és a felső V-nut helyéről maximum 3.88 mm lemez távolítható el, hogy még az alsó tolerancia értéken belül maradjon. Ezt a 3.88 mm-es értéket adtam hozzá a stator teljes magasságához és helyeztem el a nominális értékét:

- PSM 200 maximum levehető
lemezek magassága a felső V-nútból: 3.88 mm
- PSM 200 stator stack felső toleranciája: 193.2 mm

$$3.88 \text{ mm} + 193.2 \text{ mm} = \underline{197.08 \text{ mm}}$$



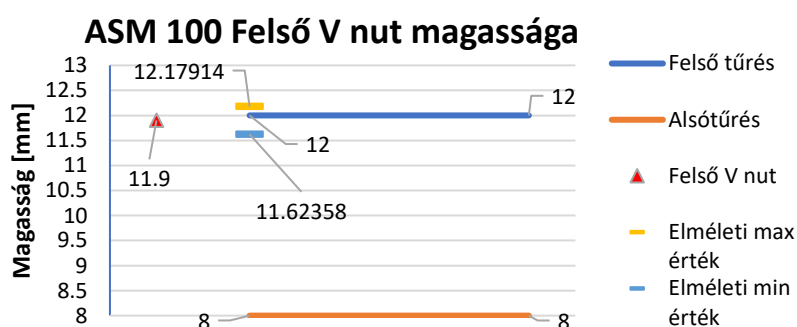
46. ábra PSM 200 stator teljes magassága módosított állapotban

PSM 200 stator lemez darabszám eloszlása		
Szegmensek száma	Szegmens megnevezése	Lemez darabszám
1.	Alsó V-nut	40
2.	Középső szegmens 1.	40
...	...	...
16.	Középső szegmens 15.	40
17.	Középső szegmens (korrekciós)	45
18.	Felső V-nut	44
Σ Szumma összes lemez darabszáma		729

47. ábra PSM 200 lemez darabszám eloszlása egy statoron belül

4.4.2. ASM 100 módosítása

A következő kritikus eset az ASM 100 esetében lépett fel. A felső V-nutat itt is a felső tűréshatárhoz közel állítottam be nominálisan, ahogy a 48. ábra is mutatja.



48. ábra ASM 100 stator felső V-nut toleranciája 2/-2 mm módosított állapotban

Ebben az esetben viszont a nominálisan számolt maximum levehető lemezek magassága:

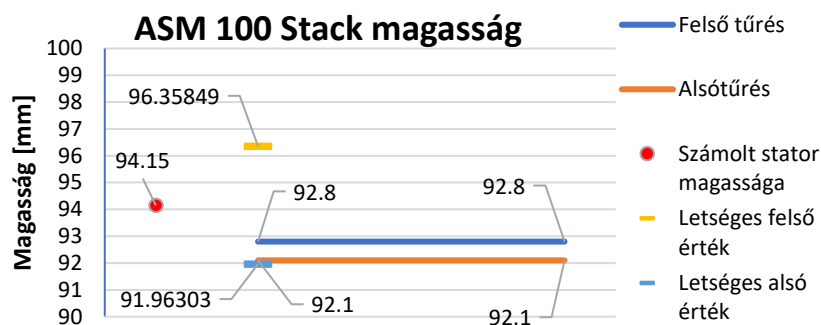
- ASM 100 felső V-nut nominális számolt magassága: 11.9 mm
- ASM 100 felső V-nut rajzi alsó toleranciája: 8 mm

$$11.9 \text{ mm} - 8 \text{ mm} = \underline{3.9 \text{ mm}}$$

Ha viszont ezt az értéket hozzáadom a stator magasságának felső toleranciájához, akkor nagyobb értéket kaptam, mint az elméleti lemez tolerancia ingadozásból számolt maximális magasság. Emiatt ebben az esetben megtudtam csinálni, hogy lejjebb vittem a nominális értéket, ezzel is nagyobb tartományt helyeztem el a lehetséges toleranciamezőben.

- ASM 100 maximum levehető
lemezek magassága a felső V-nutból: 3.9 mm
- ASM 100 stator stack felső toleranciája: 92.8 mm

$$3.9 \text{ mm} + 92.8 \text{ mm} = \underline{96.7 \text{ mm}}$$



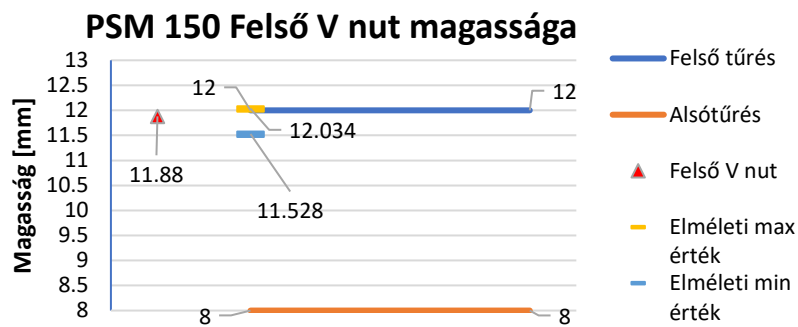
49. ábra ASM 100 stator teljes magassága módosított állapotban

ASM 100 stator lemez darabszám eloszlása		
Szegmensek száma	Szegmens megnevezése	Lemez darabszám
1.	Alsó V-nut	31
2.	Középső szegmens 1.	29
...	...	...
7.	Középső szegmens 6.	29
8.	Középső szegmens (korrekciós)	30
9.	Felső V-nut	34
Σ Szumma összes lemez darabszáma		269

50. ábra ASM 100 lemez darabszám eloszlása egy statoron belül

4.4.3. PSM 150 módosítása

A következő kritikus stator a PSM 150 volt. Ezt is ennek mérték számoltam ki:



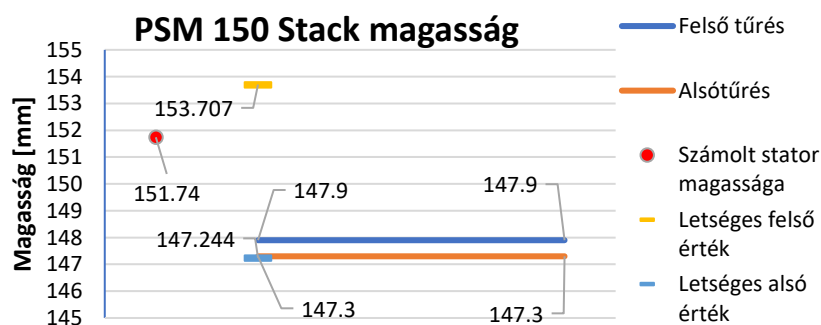
51.ábra PSM 150 stator felső V-nut toleranciája 2/-2 mm módosított állapotban

- PSM 150 felső V-nut nominális számolt magassága: 11.88 mm
- PSM 150 felső V-nut rajzi alsó toleranciája: 8 mm

$$11.88 \text{ mm} - 8 \text{ mm} = \underline{3.88 \text{ mm}}$$

- PSM 150 maximum levehető
lemezek magassága a felső V-nútból: 3.88 mm
- PSM 150 stator stack felső toleranciája: 147.9 mm

$$3.88 \text{ mm} + 147.9 \text{ mm} = \underline{151.78 \text{ mm}}$$



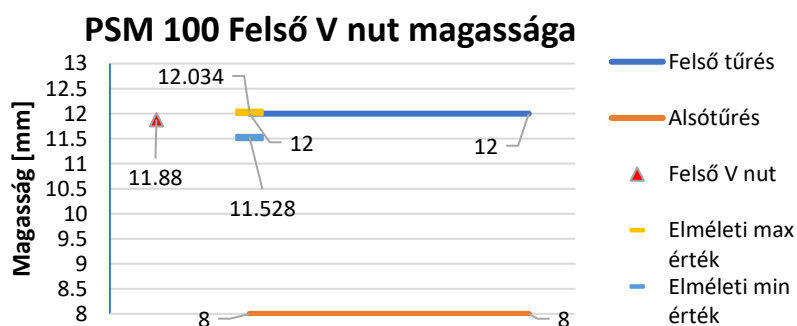
52.ábra PSM 150 stator teljes magassága módosított állapotban

Látható ebben az esetben is, hogy a nominális értékkel számolva a stator elméleti lemezvastagságából számolt lemezvastagság tolerancia minimum értéke a teljes stator magasság alsó toleranciája fölött helyezkedik el, így ebben az esetben is csak a középső szegmens utolsó lemezének korrekciójára lehet támaszkodni, ha esetleg a stator magasabb lenne.

PSM 150 stator lemez darabszám eloszlása		
Szegmensek száma	Szegmens megnevezése	Lemez darabszám
1.	Alsó V-nut	40
2.	Középső szegmens 1.	30
...	...	...
16.	Középső szegmens 15.	30
17.	Középső szegmens (korrekció)	28
18.	Felső V-nut	44
Σ Szumma összes lemez darabszáma		562

53.ábra PSM 150 lemez darabszám eloszlása egy statoron belül

4.4.4. PSM 100 módosítása



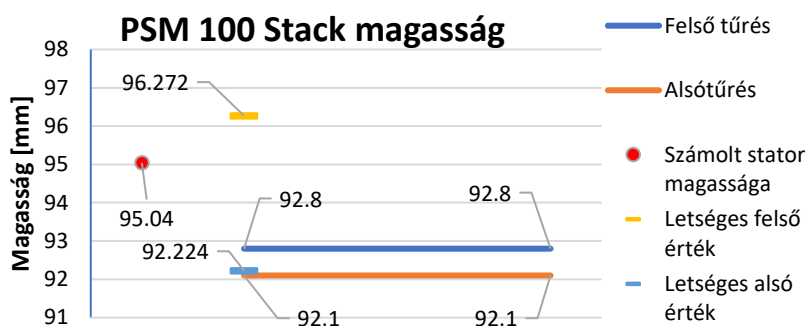
54.ábra PSM 100 stator felső V-nut toleranciája 2/-2 mm módosított állapotban

- PSM 100 felső V-nut nominális számolt magassága: 11.88 mm
- PSM 100 felső V-nut rajzi alsó toleranciája: 8 mm

$$11.88 \text{ mm} - 8 \text{ mm} = \underline{3.88 \text{ mm}}$$

- PSM 100 maximum levehető
lemezek magassága a felső V-nútból: 3.88 mm
- PSM 100 stator stack felső toleranciája: 92.8 mm

$$3.88 \text{ mm} + 92.8 \text{ mm} = \underline{96.68 \text{ mm}}$$



55. ábra PSM 100 stator teljes magassága módosított állapotban

A PSM 100 esetében is hasonlóképpen jártam el, mint az ASM 100 esetében, mivel a számolt stack nominális értéke magasabb lett, így szükségszerűen az elméleti lemez vastagság alsó toleranciáját levittem a stator teljes magasságának alsó toleranciájához.

PSM 100 stator lemez darabszám eloszlása		
Szegmensek száma	Szegmens megnevezése	Lemez darabszám
1.	Alsó V-nut	40
2.	Középső szegmens 1.	38
...	...	...
7.	Középső szegmens 6.	38
8.	Középső szegmens (korrekció)	40
9.	Felső V-nut	44
Σ Szumma összes lemez darabszáma		352

56. ábra PSM 100 lemez darabszám eloszlása egy statoron belül

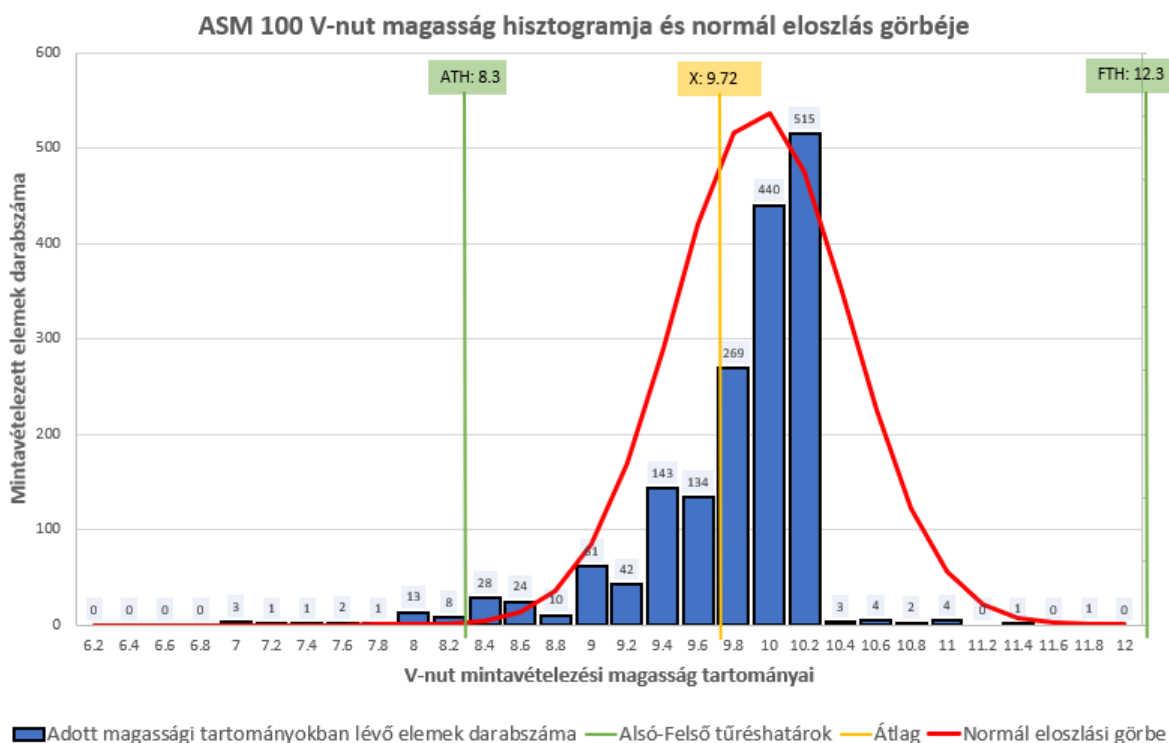
Miután elvégeztem a számításaimat és mint a 4 stator típusnál a lehető legoptimálisabban elosztottam a lemezeket, megvitattam az eredményeimet a gyártással. Az egyetértést követően pedig rögtön bevezetésre került a változtatás. A vevő fele pedig ki lett kommunikálva a változtatás elfogadása. Ezt követően SAP rendszerben lefuttattam egy széria változtatási kérelmet, amit miután elfogadott a szegmens vezető és a termelésvezető egyaránt, hivatalosan is bevezetésre került.

Ezzel pedig a fejlesztési fázisomat lezártam nyilvánítottam és tovább haladtam a szabályozás fázisba, ahol a módosított új termelési értékek megtartására helyeztem a hangsúlyt.

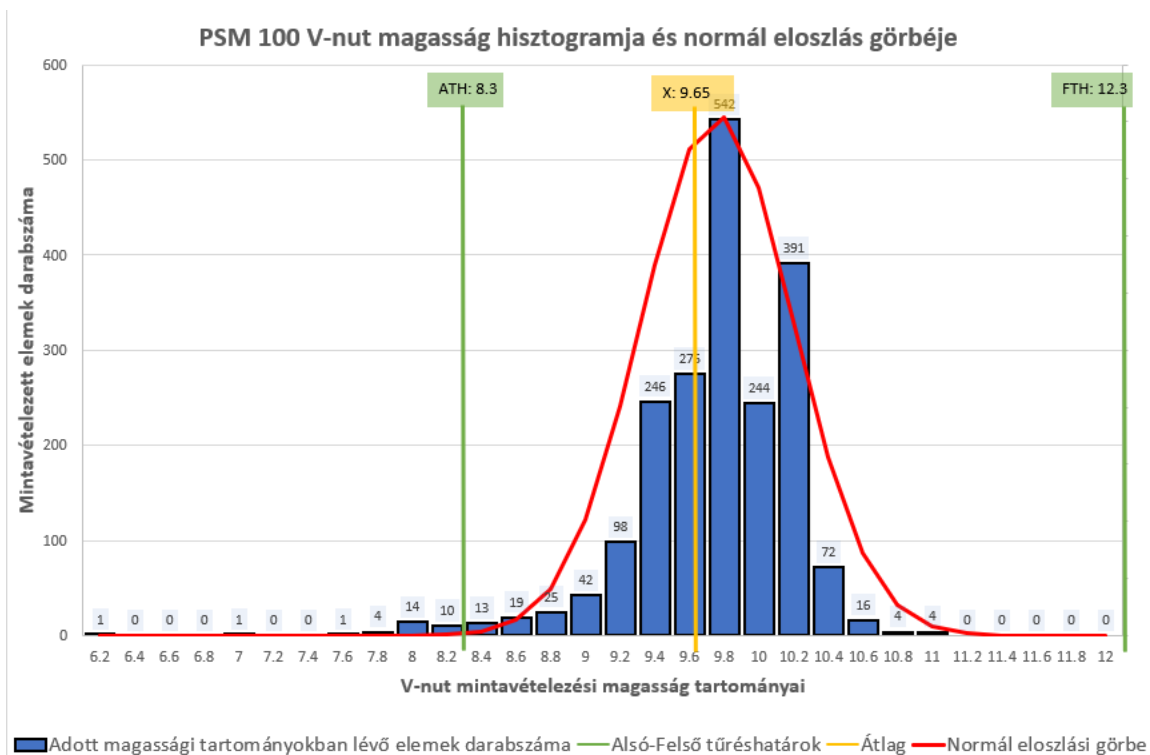
4.5. Szabályozás

A szabályozás vagy más néven Controlling fejezet a már megszületett módosítások és javítások szinten tartásáról szól, vagyis, hogy szükségszerűen, hogy és mikor kell újabb beavatkozásokat végrehajtanunk, ahhoz, hogy elkerüljünk hasonló problémákat. Ezek definiálásához elsőként a régi és az új folyamatképeségi értékek összehasonlításával kezdtem, hiszen ennek változásából nyerhető ki, bármi olyan adat, ami alapján el lehet indulni egy beavatkozási határérték definiálása mentén.

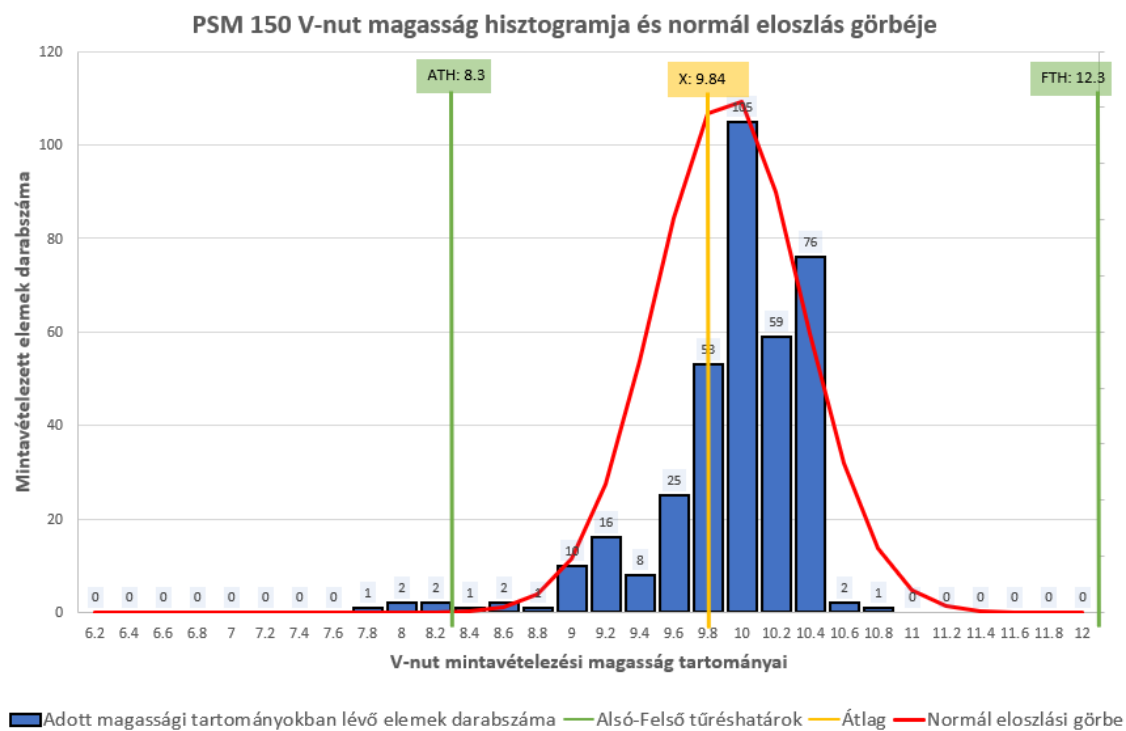
Az új hisztogramok tehát a következőképpen néznek ki:



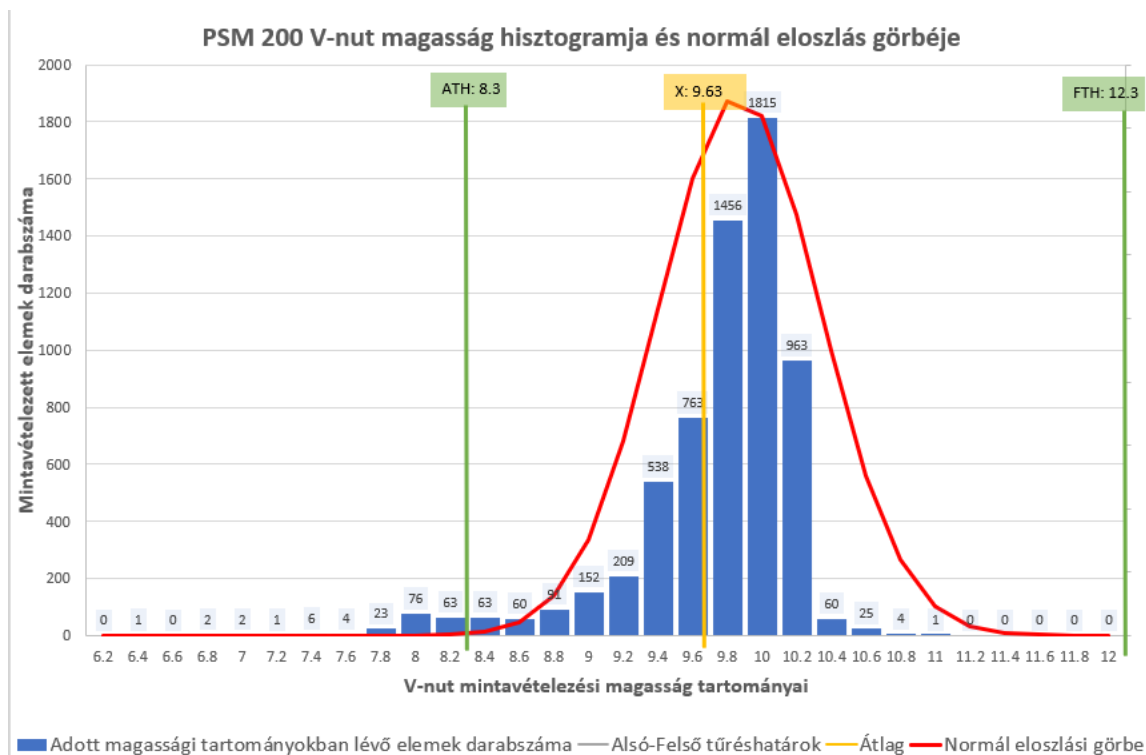
57.ábra ASM 100 V-nut magasságának hisztogram eloszlása



58.ábra PSM 100 V-nut magasságának hisztogram eloszlása



59.ábra PSM 150 V-nut magasságának hisztogram eloszlása



60. ábra PSM 200 V-nut magasságának hisztogram eloszlása

Új folyamatképességi értékek				
Termék megnevezése:	ASM 100	PSM 100	PSM 150	PSM 200
Fél év alatt termelt statorok darabszáma:	1731 db	2023 db	364 db	6379 db
Tűréshatárnak megfelelt darabok száma:	1641 db	1915 db	341 db	6087 db
Selejtek százalékos aránya:	3,2929 %	1.7301 %	1.6484 %	3.5899 %
Cp:	1.353	1.523	1.546	1.423
Cpk:	0.962	1.035	1.195	0.953

61. ábra Új stator V-nut magasságának gyártásképeségi értékei és selejtaránya

Régi folyamatképességi értékek				
Termék megnevezése:	ASM 100	PSM 100	PSM 150	PSM 200
Fél év alatt termelt statorok darabszáma:	1731 db	2023 db	364 db	6379 db
Tűréshatárnak megfelelt darabok száma:	1641 db	1915 db	341 db	6087 db
Selejtek százalékos aránya:	5,1993 %	5,3386 %	6,3187 %	4,5775 %
Cp:	0,6766	0,7615	0,773	0,711
Cpk:	0,3903	0,4881	0,35	0,469

62. ábra Régi stator V-nut magasságának gyártásképeségi értékei és selejtaránya

Mivel jelenleg még nincs egy fél éves adathalmazom a gyártási eredményekről, így csak az előző féléves értékekkel dolgozva végeztem összehasonlításokat. A régi termelési értékeket összevetve az újjal, láthatóvá válik, hogy a Cp értékek duplájára, míg a Cpk értékek közel 3

szorosára nőttek. A Cp értékekből a Vevő által elvárt követelményekben a szigma folyamat-képességnek 1.33 fölöttinek kell lennie. Jelen esetben a Cp érték mind a 4 statornál 1,33 fölött helyezkedik el. Ez azt jelenti, hogy az értékek szórása nem túl nagy ahhoz, hogy a tűréshatáron kiessenek a darabok. Leegyszerűsítve a Gaus görbe mind a 4 esetben befér a tűréshatáron belülre, anélkül, hogy bármilyen érték kiessen ez alól. Tehát ha a legkritikusabb esetben is, ahol a legkisebb ez a Cp érték, vagyis az ASM 100 esetében is, ha az adatokat eltoljuk 1 egységgel (ezzel szimulálva az új beállítási értékeket) akkor is csupán minimális 4-5 darab kiesőt számolhatunk 1731 darab gyártásakor. Ez 0.28% NIO kieső a régi 5.19%-kal szemben.

A Cpk értékek esetében azt mutatják meg, hogy mennyire tart a szórás és az átlag a tűréstartományom középértéke felé. Ha eléri az 1-es értéket akkor tekinthető folyamatképességnek egy folyamat termelés. Jelenleg azért nincsenek 1 felett minden esetben, a végi értékek nominális értéke még az előző tűréstartományhoz lett beállítva.

Elmondható tehát ezekről az új folyamatképességi szigma (Cp) értékekről, hogy a változtatás után megfelelnek a szabványoknak és gyártási követelményeknek.

A szabályozás eshetőségét ezek után annak mérten határoztam, hogy ha a selejt aránya fél év után (de leghamarabb 1 hónap után) meghaladja az 1 %-ot bármely 4 termék esetén ezen V-nut területen, akkor szükséges további beavatkozások végrehajtása.

5. Következtetések és javaslatok

Munkám zárásaként az utolsó fejezetben a megoldásokból származó következtetéseket szeretném levonni és véleményt nyilvánítani.

Mivel a bevezetésben is említett kritikus folyamat problémákból sikerült találnom egy jelentős mértékűt és ezt kellő mértékben megoldanom, így sikeresnek tekintem a folyamatot és a ráfordított időt. Sajnos nem sikerült a tolerancia értéket az elsőre kért értékekre módosítani, mellyel lefednénk a gyártásunkból származó ingadozást és ezzel egyaránt operátori munkát vagy beavatkozást tudtunk volna megspórolni. Ennek ellenére viszont sikerült egy jelentős folyamatképességjavulást elérni, mellyel már a vevői szabványoknak is egyaránt megfelelünk.

A munkám során egyedüli negatív problémaként tudom felhozni a projekt típusát, melyre sajnos már nem volt behatásom. Számomra ez a típus, amit mi cégen belül built to print-nek hívunk egy igen kötött keretek között mozgó tevékenység, melyet nem lehet, vagy csak igen körülményes úton módosítani, mivel nem látunk rá a teljes rendszerre. Ennek következtében rengeteg idő és energia vész el a vevő és eladó között, melyet a projekt lefutásának határideje szenved el. Ennek tetőzésére pedig még fenn állt az is, hogy a vevő egyaránt versenytársi viszonyban is volt velünk, minek hála az esetleges vevőtől érkező jogos kérdésekre nem minden esetben tudtunk kielégítő választ adni, pusztán adatvédelmi szempontokból.

A jövőre való tekintettel mindenképpen mérsékelném a hasonló esetek kialakulását, vagy kerülését, mivel elképzelhető, hogy szerződés szempontból megvalósul a projekt, azonban a csúszások és az érzékeny adatok cseréje mindkét félnek egyaránt súlyos veszteséget jelentenek.

6. Összefoglalás

Ahogy a bevezetésben is említettem, a dolgozatom fő célja a LEAN menedzsment és a Six-Sigma gyártás optimalizálás irodalomkutatása volt elsőként. Ehhez hazai és egyaránt nemzetközi irodalmakat is figyelembe véve foglaltam össze a témát. Az irodalomkutatásban kitértem a BPI BPR folyamatokra, majd a PADC és DMAIC folyamatokra. Ezek segítségével sikerült a továbbiakban a probléma definiálása után a Six-Sigma folyamatot helyesen lefuttatni és eredményesen zárni.

A diplomadolgozatom elkészüléséhez szeretnék köszönetet nyilvánítani az egyetemi belső konzulensemnek Professzor Doktor Husti Istvánnak, hogy idejét és energiáját áldozta a munkám elkészüléséhez. Továbbá a cégen belüli külsős támogatásaimat is szeretném megköszönni.

7. Summary

As I mentioned in the introduction, the main objective of my thesis was to firstly research the literature on LEAN management and Six-Sigma manufacturing optimization. For this purpose, I summarized the topic by considering both domestic and international literatures. In the literature search I covered the BPI BPR processes, followed by the PADC and DMAIC processes. With their help I was able to define the problem and then to run the Six-Sigma process correctly and to conclude it successfully.

For the completion of my thesis, I would like to thank my university supervisor, Professor Doctor István Husty, for his time and energy in the completion of my thesis. I would also like to thank my external support within the company.

8. Irodalomjegyzék

- [1] <https://www.smartcommerce.hu/blog/profitmaximalizalas-vagy-ertekmaximalizalas/>, 2024.01.16.
- [2] <https://viras.hu/folyamatfejleszt-es-miert-is-van-ra-szukseg/>, 2024.01.14..
- [3] Tenner, A. R., DeTORO I.J.: BPR vállalati folyamatok újraformálása, 1998.
- [4] NÉMETH B.: Folyamatmenedzsment megvalósítása a vállalati gyakorlatban., 2008.
- [5] <https://hu.wikipedia.org/wiki/PDCA-ciklus>, 2024.01.22..
- [6] Németh Balázs: Folyamatmenedzsment megvalósítása a vállalati gyakorlatban., 2008.
- [7] BECSER N.: A szolgáltatásminőség fejlesztésének elmélete és gyakorlata II., 2005.
- [8] <http://www.szervez.uni-miskolc.hu/blaci/leanjegyzet/pdca.html>, 2023.12.05..
- [9] Shook J.: Vezesd a tanulást LEI Magyarországi Egyesület, 2012.
- [10] Deák: Üzleti folyamatok menedzsmentje folyamatinnováció, 2007.
- [11] <https://www.yworks.com/solutions/business-process-management>, 2024.02.19..
- [12] <https://www.techtarget.com/searchcio/definition/business-process-improvement-BPI>, 2024.01.15..
- [13] <https://www.dcs.warwick.ac.uk/oldmodelling/hi/theses/cheny/Chap-3.pdf>, 2024.02.18..
- [14] http://real.mtak.hu/42472/1/079_113_old_Deak_Uzleti_folyamatok_menedzsmentje_folyamatinnovacio.pdf, 2023.11.12..
- [15] <https://leansixsigma.hu/blog/six-sigma-diohejban/>, 2024.02.01..
- [16] <https://www.lean-sigma.hu/blog/erdekessegek/a-six-sigma-rovid-tortenete>, 2023.11.23..
- [17] http://www.kvalikon.hu/trening.php?trening=six_sigma, 2023.11.21..
- [18] <https://www.smartcommerce.hu/blog/profitmaximalizalas-vagy-ertekmaximalizalas>, 2023.11.17..
- [19] TÓTH CS. L.: A Hat Szigma és egy pohár sör – Hat Szigma a kis és közepes vállalkozásokban, 2007.
- [20] <https://www.shutterstock.com/image-vector/dmaic-banner-web-icon-vector-illustration-2239072101>, 2023.10.17..
- [21] Tevékenységmenedzsment folyamatelemzés, folyamatoptimalizálás - Dr. Budai István, 2015.
- [22] <https://lean.org.hu/alapok/a-leanrol/>, 2024.01.19..
- [23] <https://www.leanforum.hu/cikkek/343-hogyan-eljuk-tul-a-valsagot-a-lean-mukodes-elengedhetetlen-lesz-a-tuleleshez>, 2024.02.25..
- [24] <https://www.hpcconsulting.hu/lean-tanacsadas/>, 2023.12.27..
- [25] <http://www.news.benevelli-group.com/index.php/en/131-how-an-electric-motor-works.html>, 2023.10.28..
- [26] 19 02 2024. [Online]. Available: <https://y-shift.com/blog/uj-vevoket-akarok-de-hogyan-fogjak-neki-vevoszerzes/>. [Hozzáférés dátuma: 19 02 2024].
- [27] <https://www.lean-sigma.hu/blog/erdekessegek/a-six-sigma-rovid-tortenete>, 2023.11.15..

9. Mellékletek

10. Nyilatkozatok

NYILATKOZAT

Zelen Zsombor (WJPWLJ) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre

javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz:

igen nem^{*3}

Kelt: Gödöllő, 2024. október 27.



belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat / diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

NYILATKOZAT

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

A hallgató neve: Zelen Zsombor
A Hallgató Neptun kódja: WJFWLJ
A dolgozat címe: Ipar 4.0 gyártásban felmerülő problémamegoldás
A megjelenés éve: 2024 Six Sigma módszer alk.
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Műszaki Menedzsment Tanszék

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

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

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

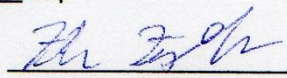
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

- nem titkosított dolgozat a védelmet követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2024 év 10 hó 27 nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.