

# **OTDK-DOLGOZAT**

**Gáspár Miklós**

**2013**

**A DÖNTÉS-ORIENTÁLT HIBAMÓD ÉS HATÁSELEMZÉS  
(DOFMEA) KIFEJLESZTÉSE ÉS ALKALMAZÁSA**

**DEVELOPMENT AND APPLICATION OF THE DECISION  
ORIENTED FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (DOFMEA)**

**Gáspár Miklós**

Kézirat lezárva: 2011. október 25.

# TARTALOMJEGYZÉK

|                        |                                                                       |           |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b>              | <b>BEVEZETÉS .....</b>                                                | <b>1</b>  |
| <b>2.</b>              | <b>A KARBANTARTÁSRÓL ÁLTALÁBAN .....</b>                              | <b>2</b>  |
| 2.1.                   | A KARBANTARTÁS FELADATA.....                                          | 3         |
| 2.2.                   | KARBANTARTÁSI STRATÉGIÁK.....                                         | 3         |
| 2.2.1.                 | <i>Az eseti karbantartás .....</i>                                    | <i>4</i>  |
| 2.2.2.                 | <i>A ciklikus stratégia .....</i>                                     | <i>4</i>  |
| 2.2.3.                 | <i>Az állapotfüggő karbantartás .....</i>                             | <i>5</i>  |
| 2.2.4.                 | <i>A karbantartás-megelőzés .....</i>                                 | <i>5</i>  |
| 2.3.                   | A GÉPEK MEGBÍZHATÓSÁGÁNAK NÖVELÉSE .....                              | 6         |
| <b>3.</b>              | <b>A TRADICIONÁLIS FMEA – HIBAMÓD ÉS HATÁSELEMZÉS BEMUTATÁSA.....</b> | <b>7</b>  |
| 3.1.                   | A TRADICIONÁLIS FMEA ELJÁRÁS FŐ LÉPÉSEI .....                         | 10        |
| 3.2.                   | A TRADICIONÁLIS FMEA FONTOS MÉRŐSZÁMAI .....                          | 11        |
| <b>4.</b>              | <b>A TRADICIONÁLIS FMEA MÓDSZER KRITIKÁJA A VEZETÉSTUDOMÁNY</b>       |           |
| <b>OLDALÁRÓL .....</b> |                                                                       | <b>17</b> |
| 4.1.                   | A TRADICIONÁLIS FMEA MÓDSZERTANI PROBLÉMÁI .....                      | 17        |
| 4.2.                   | A TRADICIONÁLIS FMEA ALKALMAZÁSBELI PROBLÉMÁI.....                    | 19        |
| 4.3.                   | IRODALOMKUTATÁS .....                                                 | 21        |
| <b>5.</b>              | <b>DÖNTÉSORIENTÁLT FMEA MÓDSZER BEMUTATÁSA .....</b>                  | <b>31</b> |
| 5.1.                   | A KIPA-MÓDSZER .....                                                  | 33        |
| 5.1.1.                 | <i>KIPA-módszer lépései .....</i>                                     | <i>35</i> |
| 5.1.2.                 | <i>A felhasznált módszertan értékelése .....</i>                      | <i>36</i> |
| 5.2.                   | DOFMEA ELJÁRÁS ALKALMAZÁSÁNAK LÉPÉSEI.....                            | 37        |
| 5.3.                   | A DOFMEA MÓDSZER ÉRTÉKELÉSE.....                                      | 39        |
| <b>6.</b>              | <b>DOFMEA ALKALMAZÁSÁNAK BEMUTATÁSA EGY VÁLLALATI PÉLDÁN</b>          |           |
| <b>KERESZTÜL .....</b> |                                                                       | <b>40</b> |
| 6.1.                   | A DOFMEA A GYAKORLATBAN.....                                          | 41        |
| 6.2.                   | A VIZSGÁLT BERENDEZÉS TRADICIONÁLIS FMEA ELEMZÉSE .....               | 43        |
| 6.3.                   | A TRADICIONÁLIS FMEA ÉS A DOFMEA ELEMZÉS EREDMÉNYEINEK ÖSSZEHASONLÍTÓ |           |
|                        | VIZSGÁLATA .....                                                      | 46        |
| <b>7.</b>              | <b>ÖSSZEFOGLALÁS .....</b>                                            | <b>47</b> |
|                        | <b>IRODALOMJEGYZÉK .....</b>                                          | <b>48</b> |
|                        | <b>MELLÉKLETEK.....</b>                                               | <b>55</b> |

## TÁBLÁZAT- ÉS ÁBRAJEGYZÉK

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1. táblázat:</b> A karbantartási stratégiák összehasonlítása, 2003.....               | 4  |
| <b>2. táblázat:</b> Példa a hiba bekövetkezésének gyakoriságára, 2008 .....              | 12 |
| <b>3. táblázat:</b> Példa a súlyossági rangsorra, 2008.....                              | 13 |
| <b>4. táblázat:</b> Példa a detektálhatóságra, 2008 .....                                | 14 |
| <b>5. táblázat:</b> Az irodalomkutatás eredményét összefoglaló táblázat 1-8. ....        | 23 |
| <b>6. táblázat:</b> A vállalatnál alkalmazott gyakorisági rangsor .....                  | 44 |
| <b>7. táblázat:</b> A vállalatnál alkalmazott súlyossági rangsor .....                   | 44 |
| <b>8. táblázat:</b> A vállalatnál alkalmazott detektálhatósági rangsor .....             | 45 |
|                                                                                          |    |
| <b>1. ábra:</b> A tradicionális FMEA kritikáinak csoportosítása .....                    | 17 |
| <b>2. ábra:</b> A KIPA módszer folyamatábrája .....                                      | 34 |
| <b>3. ábra:</b> Kilenc hibatípus elrendezése a Ross-féle optimális párelrendezéssel..... | 41 |
| <b>4. ábra:</b> Az aggregált preferencia táblázat összeállítása .....                    | 42 |
|                                                                                          |    |
| <b>1. kép:</b> Sensor cluster .....                                                      | 40 |
| <b>2. kép:</b> A vizsgált gyártósori berendezés .....                                    | 40 |

## 1. BEVEZETÉS

A minőségügyi szakemberek számos módszert és eljárást dolgoztak ki a termelés minőségének javítására. Ezek közül azonban csak néhány tudott olyan ismertségre szert tenni, amely a széles körű elterjedését biztosította volna. A szakirodalmakban fellelhető számos új eljárás jelentős része csak egy-egy szűk szakterület kívánalmait elégíti ki, illetve sok esetben egy adott országra jellemző vállalati kultúrához kötődik.

Napjainkban az egyre erősödő versenyhelyzet és a gazdasági instabilitás arra készteti a vállalatokat, hogy törekedjenek az elérhető legjobb minőségre. Ennek érdekében szükségessé vált olyan minőséget szabályozó mechanizmusok beépítése a termelő rendszerekbe, melyek célja az összes lehetséges hiba és hatás feltárása, és azok vevőhöz való eljutásának megakadályozása. Az egyik ilyen módszer a hibamód és hatáselemzés (FMEA).

Az FMEA közismertsége már önmagában minősíti használhatóságát, ha a megfelelő vállalati háttérre tud támaszkodni. Az állandó magas minőség fontos szempont lett az élet minden területén. Mivel a vásárlók bizalmát nagyon könnyű elveszíteni, ezért – iparágtól függetlenül – középpontba kerültek azok az eljárások, melyek alacsony ráfordítással, hatékonyan segítik a termékek minőségképességét meghatározó vállalati területek munkáját.

A 21. század hajnalán a termelésben az emberi munkát egyre többször automata gyártósorok végzik el. Sok vezető ezekben a gyártórendszerekben látja a minőségjavítás, valamint a költségcsökkentés kulcsát. Ezt a gyakorlat sajnos sok esetben nem igazolja. Ennek egyik oka az automata rendszerek eltérő karbantartás-igénye lehet.

A karbantartási munkák tervezése, szervezése, végrehajtása és ellenőrzése változatos mértékű kihívást jelent a szakemberek számára a feladat jellegéből és méretéből fakadóan. Éppen ezért szükség egy olyan módszerre, amely a komplextől a könnyen áttekinthető tervezési, és az egyeditől a rutin végrehajtási feladatok összehangolásáig a teljes spektrumon alkalmazható.

A kutatás célja az FMEA módszer olyan irányú továbbfejlesztése, amely a hibamódokat és hatásait leíró három tényező (gyakoriság, detektálhatóság és súlyosság) súlyszámait döntéstanilag pontosan képes megadni. A továbbiakban ismertetem a karbantartási folyamatokat, a hibamód és hatáselemzés menetét, valamint az általam alkalmazott módszer lényegét, folyamatát és kiértékelését egy autóipari esettanulmányon keresztül.

## 2. A KARBANTARTÁSRÓL ÁLTALÁBAN

A karbantartás problémája attól kezdve kíséri végig a munkát végző embert, mióta az olyan eszközöket használ, amelyek meghibásodhatnak, tönkremehetnek. Így nem túlzás azt állítani, hogy a karbantartás egyidős az emberrel, annak termelő tevékenységével. A gépi nagyipar kialakulásával az idő során a karbantartás jelentősége ugrásszerűen megnőtt. A sok esetben több ember munkáját végző gépek termelésből történő kiesése elég érzékenyen érintette a vezetőket, így a hibák megelőzése fokozottabban előtérbe került. A továbbiakban a műszaki fejlődés egyre képzetesebb szakembereket igényelt.

Napjainkban a fejlődés soha nem látott ütemben halad. A gépek szerepe egyre nagyobb a társadalom minden szférájában. Nőtt az üzemek kapacitása, egyre jobban elterjedtek a teljesen automatizálható, folyamatszerű termelési technológiák, amelyeknél az emberi beavatkozás csak a különleges esetekre (pl.: meghibásodás, egyéb környezeti hatás) korlátozódik. A kapacitásnövekedés miatt az üzemzavaroknak nemcsak közvetlen, hanem közvetett hatása is jelentős. Éppen ezért, a gépleállások, kiesések megakadályozásának érdekében a karbantartás szerepe – a többi tevékenységhez képest is – igencsak megnőtt.

A karbantartás célja a berendezések, gépek, épületek, folyamatok működőképes állapotának fenntartása, szükség esetén helyreállítása, ezzel biztosítva a termelés illetve szolgáltatás zavartalan működését. A karbantartás folyamata a tervezett karbantartási intézkedéseket, a váratlanul előforduló hibák elhárítását, valamint az egyéb fenntartási célú munkákat foglalja magába. (Gaál, 2003)

Azonban nem lehet kizárni teljesen a gép meghibásodását, bármilyen is a megelőző karbantartás stratégiája. A gép legkorszerűbb felügyeleti rendszere mellett is előfordulhat leállás. A gép üzemképtelensége nagy veszteségeket okozhat, ezért törekedni kell arra, hogy a lehető legkisebb legyen a kieső idő. A termelés és szolgáltatás időkiesésének hossza attól is függ, hogy a karbantartás milyen felszereltséggel, módszertani megalapozással, szervezettséggel látja el a feladatát. Sok esetben az okoz késedelmeket, hogy hiányoznak a hatékony beavatkozáshoz szükséges speciális ismeretek. Emiatt nagy hangsúlyt kell fektetni a karbantartási folyamatok helyes meghatározására, valamint a karbantartók folyamatos képzésére. A karbantartási folyamatok célirányos kialakítása érdekében mélyrehatóan kell tanulmányozni a termelési folyamatot, valamint a termelési és a karbantartási folyamat kapcsolatát. (Gittlár, 2002)

## 2.1. A KARBANTARTÁS FELADATA

„Minden berendezés meghibásodik egyszer; semmi sem tart örökké.” Amikor nem készülnek fel a hibákra, akkor a hiba nem tervezett idővesztést, termelés illetve szolgáltatás kiesést okoz, vagyis nem jut el a „termék” a kívánt vagy tervezett mennyiségben a felhasználóhoz. A karbantartásra jól alkalmazható a „tervez-végrehajt-vizsgál” ciklus. (Gárai, 2002)

Kijelenthető, hogy a karbantartás, mindazon tevékenységek összessége, melyek azt célozzák, hogy a berendezések és készülékek feladatukat megbízhatóan és az előírt pontossággal hajtsák végre. A karbantartás feladata az, hogy tevékenységével a meghibásodásokat lehetőség szerint megelőzze, és a hibákat kiküszöbölje. (Gaál – Kovács, 1999; Gaál, 2003)

## 2.2. KARBANTARTÁSI STRATÉGIÁK

A karbantartási stratégia szembeállítja a meghibásodások (üzemzavarok) gazdasági kihatásait a karbantartási tevékenység költségeivel mért és számított (becsült) adatok alapján. A stratégia legfontosabb eleme a választás, döntés. A karbantartási stratégia fogalmát többféleképpen is meghatározták. Legáltalánosabban a következő gondolatban fogalmazható meg: „A karbantartási stratégia a karbantartás célrendszerének és a célrendszer hosszútávú, folyamatos és gazdaságos kielégítésének módja.” (Gaál – Kovács, 1999)

Ugyanakkor a karbantartás-szervezés megbízhatóság-elméleti megközelítésben szükségszerűen a kockázatok mérlegelésére épül. Ebből következően a karbantartási stratégia a vezetői döntések kategóriájába sorolható fogalom, ezért a karbantartási stratégia fogalmát döntéselméleti szempontból kell meghatározni. Ebben a megközelítésben a karbantartási stratégia az adott cél elérése érdekében hozott döntések láncolata. Ennek alapján négy karbantartási stratégia lehetséges:

- eseti,
- ciklikus,
- állapotfüggő,
- karbantartás-megelőzés.

Az eseti stratégia, mint nevéből is kiderül, bevárja a meghibásodásokat, míg az utóbbi három, megelőzési stratégiának tekinthető. A karbantartási stratégiák összehasonlítását a következő táblázat foglalja össze. (Schmidt, 1998; Gaál, 2003)

1. táblázat: A karbantartási stratégiák összehasonlítása, 2003

| Jellemző                   | Stratégia                                                                    |                                                                                                                      |                                                                                                       |                                                                    |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                            | Eseti                                                                        | Ciklikus                                                                                                             | Állapotfüggő                                                                                          | Karbantartás-megelőzés                                             |
| <b>Alkalmazási terület</b> | - kis kár kiesés esetében,<br>- a hibamentes működési időnek nagy a szórása. | - a kiesés nagy kockázattal jár, állandó élettartamú elemek (a működési idők relatív szórásúak),<br>- előkészíthető. | - lehetőség van mérésre, adatgyűjtésre,<br>- a meghibásodás nagy kockázattal jár,<br>- gazdaságosság. | - a meghibásodás nagy kockázattal jár,<br>- műszakilag megoldható. |
| <b>Információ-igény</b>    | - gyors,<br>- azonnali.                                                      | - pontos információ kell,<br>- előzetes                                                                              | - állandó, vagy ciklikus információszolgáltatás az állapotról.                                        | - üzemeltetés közben nincs.                                        |
| <b>Szervezés</b>           | - gyors beavatkozás,<br>esetleg csomagterv.                                  | - tervezett,<br>- ütemezett.                                                                                         | - van idő a felkészülésre,<br>- az állapotvizsgálatot meg kell szervezni.                             | - üzemeltetés közben nincs.                                        |
| <b>Szervezet</b>           | - helyi,<br>- univerzális,<br>- szakképzet,<br>- kreatív.                    | - központosított,<br>- külsők bevonása.                                                                              | - központosított,<br>- külsők bevonása.                                                               | - üzemeltetés közben nincs.                                        |
| <b>Vezetés</b>             | - gyors döntések                                                             | - tervezés                                                                                                           | - stratégiai vezetés                                                                                  | - üzemeltetés közben nincs.                                        |

Forrás: Gaál (2003)

### 2.2.1. Az eseti karbantartás

Az eseti stratégia célszerű alkalmazási területe az olyan meghibásodások elhárítása, amelyek megelőzése nagyobb ráfordításokkal járna, mint a javítás. Ide tartozhatnak a még olyan jellegű beavatkozások, amelyek nem igényelnek karbantartó szakembert, hanem a gépkezelő is gyorsan elhárítja. Tipikus alkalmazási területe például a kisebb zavarok megszüntetése. Esetszerűen el lehet végezni olyan berendezés(elem)ek karbantartását, amelyek kevésbé érzékenyek az ápolásra, gondozásra, a ciklusidejük tág intervallumban változhat. Esetszerű beavatkozást igényelnek még a bizonyos időtartamon túlterhelt berendezések, ha nincs diagnosztika, mert abban az esetben a ciklusidő lejárta előtt a vállalt kockázatot meghaladja a meghibásodás valószínűsége. (Kovács, 2008)

### 2.2.2. A ciklikus stratégia

Gyakran hangoztatott vélemény, hogy a termelő-berendezések optimális rendelkezésre állását a rendszeresen végrehajtott megelőző karbantartással lehet biztosítani. Ez arra épít, hogy a legalkalmasabb megelőzési módszer az alkatrészek előre meghatározott időközökben végrehajtott cseréje. A ciklusidőn alapuló stratégia esetén a meghibásodások megelőzésére bizonyos időközönként (ciklusidő) el kell végezni a berendezés felülvizsgálatát és a szükséges beavatkozásokat. (Schmidt, 1998)

A ciklikus stratégia a tervezés fázisában, a ciklusidők meghatározásakor igényel információkat a folyamatról. Ez többnyire a berendezés előéletének matematikai-statisztikai elemzését jelenti, mely során a kapott eredmények alapján meghatározható a ciklusidő és a beavatkozás módja. Célszerű alkalmazási területe az eseti és a diagnosztikai stratégia közé esik. Az olyan jellegű meghibásodásokat lehet ilyen módon megakadályozni, amelyek váratlanul bekövetkezve nagyobb termeléskieséssel járnának. A jelentős előkészületeket igénylő javításokat, felújításokat is érdemes ebben a formában elvégezni. Ilyenek például a közép- és nagy javítások, vagy az üzemek éves leállása. (Kovács, 2008)

### **2.2.3. Az állapotfüggő karbantartás**

Az állapottól függő karbantartási stratégia esetén a berendezés működtetése szempontjából fontos paraméterek folyamatos figyelemmel kísérése alapján következtetünk annak üzemképességére, illetve az elhasználódás mértékére. Ez a műszaki diagnosztika segítségével valósítható meg, melynek alkalmazásával állandóan kapjuk az információkat a berendezések állapotáról. A kritikus határ átlépésekor fel lehet készülni a szükséges beavatkozásra.

Ennek a stratégiának az előnye, hogy a karbantartási tevékenységeket a gép által képviselt kockázat függvényében végzik el, ezzel csökkentve a karbantartási költségeket és a termeléskiesések idejét. Mindemellett a karbantartási munkálatok tervezhetőbbé válnak, az állásidők optimálissá tehetők. Ez a karbantartási stratégia nagyon korszerű, de gyorsabb elterjedésének sajnos határt szab a beruházás igényessége, így a szükséges források hiánya miatt sajnos gyakran le kell mondani az alkalmazásáról. (Kovács, 2008)

### **2.2.4. A karbantartás-megelőzés**

A karbantartás megelőzés a berendezés karbantarthatóságát, hozzáférhetőségét és a kezelhetőségét már a tervezési és beszerzési fázisban figyelembe veszi. Ez a karbantartás és a termelés munkatársaira is vonatkozik, mivel nekik kell később kezelniük, illetve karbantartaniuk a berendezéseket. Nagyon fontos cél ezért a hiba korai felismerése és elkerülése. Ha már a tervezésnél és a beszerzésnél a berendezések karbantartására és kezelésére is gondolnak, akkor sokkal kevesebb probléma bukkan elő a későbbiekben. A berendezések karbantartható és kezelhető megszerkesztéséhez a termelés és karbantartás munkatársainak tudása nagyon értékes és fontos. Ők járulhatnak leginkább hozzá a követelmények gyűjtéséhez. Csak akkor érhető el magas hatékonyság, ha a berendezések karbantartási és kezelési jellemzői megegyeznek a munkatársak igényeivel. (Abdul-Nour et al., 1998; Queiroz Souza – Álvares, 2008)

### 2.3. A GÉPEK MEGBÍZHATÓSÁGÁNAK NÖVELÉSE

*„A korszerű konstrukció megalapozza a megbízhatóságot, de ez véglegesen csak az üzemfenntartás közreműködésével, az üzemelés során alakul ki. A megbízhatóságra és a korszerűsítésre való törekvés nyomán növekszik egy gépen belül az alkatrészek abszolút és redundáns száma. A modern gyártástechnológia összevont műveleteket alkalmaz. Az elemek gyarapodása miközben növeli a biztonságot, növeli a hiba lehetőségét is. Az üzemfenntartási munkák elvégzése itt már megbízhatóság-elméleti számításokat is igényel. Az új berendezéseknél a konstrukció megbízhatósága a gyártástechnológiára is kihat, és egyre több, megbízhatóságot fokozó újítást tesz lehetővé, de egyben javítják a futáspontosságot, az átlagélettartamot és a csereszabotosságot. A szerkezeti anyagok átalakulása (szívóssága, szilárdsága stb. nő) megy végbe, miközben a gép tömege, mérete és energiafelhasználása csökken.” (Füstös, 1981)*

Ha a gépet rendeltetésének megfelelően építették meg, akkor mindaz, ami a működésében hátráltatja, visszatartja, funkciózavarnak tekintendő. Funkciózavarok fellépése esetén elemezni kell azokat. Az elemzés elvégzése után meg kell keresni a fellépésük legvalószínűbb okait, elkerülendő egy-egy zavar értelmetlen tüneti kezelését. A keresésben azonban ügyelni kell a hibák jelentőségére is, hogy az elemzés se emésszen fel fölöslegesen sok időt. Az okokkal együtt meg kell vizsgálni a funkciózavarok következményeit, majd el kell dönteni, milyen karbantartási munkákat kell elvégezni, ill. szükség van-e egyáltalán valamiféle beavatkozásra. (Boros, 1998)

### **3. A TRADICIONÁLIS FMEA – HIBAMÓD ÉS HATÁSELEMZÉS BEMUTATÁSA**

Az FMEA-t a 1940-es évek végén vezették be az amerikai fegyveres erők. Később az 1960-as években a repülőgép és rakétafejlesztésnél alkalmazták a hibák elkerülésének érdekében. (Apollo űrprogram) Az elsődleges célja a balesetek és súlyos hibák elkerülése volt. Az 1970-es évek végén a Ford Motor Company adaptálta az FMEA-t, mint minőségügyi eljárást. Az idő során a Ford tovább fejlesztette az átvett alapötletet, így 2008-ban megjelent a negyedik kiadás, melyben megtalálható, hogyan kell alkalmazni ezt a módszert a mai modern gyártóberendezések esetében.

Napjainkra az FMEA eljárás (hibamód- és hatáselemzés) a minőségmenedzsment egy igen elterjedt módszere. A módszert legtöbb esetben hibaelemzésre, kockázatelemzésre használják, leginkább az autóipar területén. Az autóipari minőségmenedzsment szabványok, követelményrendszerek megkövetelik a gyártóktól az FMEA módszer alkalmazását, ami az amerikai autógyártók által létrehozott QS9000 követelményrendszer elterjedésével vált világszerte ismertté. Az FMEA manapság már egyéb területen is egyre inkább elterjedt módszerré és megoldássá kezd válni a különböző lehetséges hibák kockázatainak értékelése terén. (McDermott et al., 1996)

A hibamód- és hatáselemzés (FMEA, failure mode and effect analysis) leginkább a sorozatgyártásban elterjedt módszer, amely jelentős szerepet játszik a termékek minőségében, a gyártási költségek csökkentésében, az átfutási idő lerövidítésében. (Garai, 2004)

Parányi (2004) szerint az eljárás értékét elsősorban az adja, hogy tárgya a hibamegelőzés, a lehetséges hibáknak már a tervezési fázisban történő feltárása, illetve az előfordult hibák ismétlődése elhárításának megalapozása. Másik kiemelkedő érdeme, hogy tételesenként vezeti végig az alkalmazót a teendőkön.

Az FMEA alkalmazásának legfontosabb feladatai a következők:

- a minőségkritikus komponensek és a potenciális gyengeségek feltárása;
- a lehetséges hibák korai felismerése és behatárolása;
- a hibák következményeinek rizikó rangsorának meghatározása;
- az eredmények javítása korábbi hasonló visszacsatolt tapasztalatok hasznosításával;
- a fejlesztés időtartamának és költségeinek csökkentése;
- a gyártás megkezdése utáni pótlólagos módosításának csökkentése;

- a hibás teljesítmények csökkentése. (Parányi, 2004)

Az FMEA alkalmazása során azt kell megvizsgálni, hogy milyen hibák fordulhatnak elő. Hiba akkor is előfordulhat, ha a kezelő helytelenül jár el, ezért célszerű az ilyen hibákkal is foglalkozni az eljárás keretében. Minden olyan megoldás, amely a termék/folyamat helyes működését a kezelő hibái ellenére is biztosítja, növeli a vevők elégedettségét. Az FMEA a termék tervezése során rá tud mutatni olyan lehetséges problémákra, amelyek a termék helytelen működését, biztonsági kockázatot és az élettartam megrövidülését okozhatják. (Füstös, 1981)

Két kérdést kell feltenni:

- Mi romolhat el?
- Ha valami elromolhat, mi a valószínűsége annak, hogy ez bekövetkezik, és mik a következmények? (Stamatis, 2003)

Az FMEA olyan mérnöki eljárás, amely segíti a hibátűrő tervezést, a tesztelhetőséget, a gyárthatóságot, biztonságot, valamint a logisztikai támogatást és a kapcsolódó funkciókat. (Kovács, 2008)

Ennek fényében bátran kimondható, hogy az FMEA tervező, fejlesztő és ellenőrző módszer; a hibák szisztematikus elemzése alapján kerül elvégzésre, amellyel értékelhetők a hiba következményei, kiváltó okai és a hibaokok felfedezésére rendelkezésre álló eljárások is. Az eljárás 3 alapvető tényezője: a hiba következményének súlyossága, a hibaokok hibához vezetésének gyakorisága, az ellenőrzés hatékonysága. A hibák, okok és ellenőrzések láncolatokat alkotnak. A szakértők keresik a legsúlyosabb következményekkel járó, leggyengébben ellenőrzött láncokat, majd azok elszakítására tesznek javaslatokat. (Down et al., 2008)

Az alkalmazás fő lépései mind a konstrukciós, mind a folyamat FMEA-nál az alábbiak:

- elemekre bontás (termék alkatelemek, folyamat elemek),
- funkciók feltárása,
- hibák, következmények, okok, ellenőrzések láncolatainak feltárása,
- súlyozás és kiértékelés,
- javaslatok készítése,
- javaslatok gazdasági hatásainak vizsgálata,
- döntés,
- végrehajtás,
- újabb elemzés (visszacsatolás). (Parányi, 2001)

Garai Tamás (2003) szerint az FMEA folyamata öt lépésre bontható fel; a rendszerstruktúra meghatározására, a funkcióstruktúra meghatározására, hibaelemzésre, kockázatelemzésre és optimalásra.

A módszernek két főbb alapvető változatát különböztetjük meg:

- termék (vagy konstrukciós) FMEA (Design FMEA, DFMEA)
- folyamat (vagy technológiai) FMEA (Process FMEA, PFMEA)

E két, azonos elven alapuló változat tulajdonképpen a technika két fő alkalmazási területét is lefedi. (Chen, 2009)

Fontos megjegyezni a manapság egyre többször alkalmazott karbantartásra adaptált FMEA-t is, amely többnyire teammunka eredménye. A csapat szakértőknek kell vezetnie, és lehetőség szerint a tagok önmaguk is szakértői a vizsgálni kívánt berendezésnek, folyamatnak. A karbantartási FMEA kidolgozásához bizonyos előfeltételek szükségesek. Ezek a következők: A berendezéseknek meg kell felelniük a technológiai folyamat követelményeinek. Minden folyamathoz speciális szerszámok szükségesek. A szerszámok kezelése nem a karbantartó részleg feladata. A gépek általában univerzálisak, de a szerszámok termékspecifikusak. Ha tartalékok nem állnak rendelkezésre, akkor egy szerszám törlése esetleg csak néhány termék előállítására van kedvezőtlen hatással, de ha egy berendezés megy tönkre, az egész vállalat munkája megbénulhat. A karbantartást belső szolgáltatásként kell felfogni, a belső vevő a gyártórészleg és a végfelhasználó maga a vállalat. (Garai, 2000)

A karbantartási FMEA előnyei:

- Növeli annak valószínűségét, hogy a karbantartási FMEA során feltárt meghibásodásoknak a jövőben új esélyt adjanak;
- A lehetséges hibák kockázatelemzése révén fontossági sorrendet állít fel a karbantartási tevékenységek tervezése során elvégzendő főbb feladatokhoz;
- A dolgozó kevesebb hibát észlel, így az üzembeállítás, karbantartás zavartalanabbá válik. (Bognár et al., 2010)

### 3.1. A TRADICIONÁLIS FMEA ELJÁRÁS FŐ LÉPÉSEI

Ebben a fejezetben a tradicionális FMEA lépései kerülnek bemutatásra, melyek a konstrukciós és folyamat FMEA eljárás lépései számára is alapvető vázat ad.

1. Elemekre bontás:

Addig célszerű az összetevőkre bontással elmenni, ameddig az elemekhez funkciót sajátosan hozzá lehet rendelni. Indulásnál, új elemzésnél érdemes a teljes termék összes teljesítendő funkciójáról egy listát készíteni: mit kell teljesítenie, mit kell megakadályoznia a konstrukciónak. Ezután végig kell gondolni, hogy miben mely elemek a meghatározók.

2. Funkció hozzárendelés:

Funkció alatt egy-egy elem rendeltetésszerű működését, illetve tulajdonsága érten-  
dő.

3. Lehetséges hibák feltárása:

Hiba a funkció nem teljesülése vagy hiányos teljesülése. Lehet hiba az is, ami a vevő részéről nem látszik hibának, de nehezíti a funkció teljesülését. Csak külön-  
legesebb esetben előforduló hibák feltárására is figyelmet kell fordítani. A lehetsé-  
ges meghibásodási módok megadásakor lehetőleg technikai kifejezéseket kell  
használni, nem a vevő által észlelt tüneteket kell leírni. Ilyenek pl: meglazulás, re-  
pedés, deformálódás, kopás.

4. Következmények megfogalmazása:

Ha egy adott hiba előfordul, és a hibás termék eljut a vevőhöz, az valamilyen mó-  
don észlelni fogja. Azt kell megfogalmazni, hogy ha egy adott hiba bekövetkezik,  
milyen hatással van a vevőre, mit fog a vevő észlelni. Tipikusan, pl.: nem működik  
(mechanizmus), nem záródik (ajtó), nem elég szilárd (székváz), nem esztétikus  
külső, kényelmetlen, korlátozottan használható.

5. A hiba okának (okainak) meghatározása:

A hiba mindig valami tervezési elégtelenség vagy technológiai fegyelemsértés mi-  
att következik be. Tipikusan: helytelen anyagspecifikáció, nem megfelelő anyag-  
választás, helytelen szerelési utasítás, nem elegendő ráhagyás, helytelen anyagvas-

tagság, rossz gépkarbantartási utasítás okozza. Egy- egy hibának több oka is lehet: Ishikawa elemzéssel feltárhatóak a számításba vehető hibaokok.

6. Ellenőrző intézkedések számbavétele:

A konstrukció felülvizsgálati tervben szereplő olyan vizsgálatok felsorolása, melyek az adott hibaok felismerésével kapcsolatosak (rajz felülvizsgálat, tűrés felülvizsgálat, összevetés szabványelőírásokkal, tervezési irányelvekkel, labormérések, anyagok műszaki jellemzőire, alkalmazástechnikai vizsgálatok, prototípus vizsgálat, stb.)

7. A láncolatok jelentőségének értékelése:

A konstrukció felülvizsgálatnak közvetlenül az adott hibaok megelőzésére kell irányulnia, nem pedig a hiba utólagos észlelésére. Az elemzéssel feltárt következmények súlyosságát, az egyes hibaokok miatti hibafellépések gyakoriságát, valamint az ellenőrző intézkedések hatékonyságát kell súlyozni. A súlyozás fontossági mérőszámok megállapítását jelenti. A fontossági mérőszámokat, melyek értéke 1-től 10-ig terjed, a szakértők rögzített irányelvek alapján, szubjektív értékítélettel határozzák meg.

A következő fejezetben bemutatásra kerül a tradicionális FMEA módszer 7. lépése, amelynek legfőbb feladata a tradicionális FMEA mérőszámainak meghatározása. Ezen mérőszámok bemutatása fontos, mert a tradicionális FMEA esetén a fontossági mérőszámok kapcsán számos döntéshelyzeti kérdésből levezethető pontatlanság, bizonytalanság és nem egyértelmű megfontolás tapasztalható, melyekre a dolgozat megoldási javaslatot fog adni. (Parányi, 2001; Garai, 2002; Bognár et al., 2010; Bognár et al. 2011)

### **3.2. A TRADICIONÁLIS FMEA FONTOS MÉRŐSZÁMAI**

Jelen fejezetnek az FMEA módszer során alkalmazott mutatószámok rendszerének bemutatása a célja a QS9000 ajánlása alapján. Függetlenül a konkrét QS9000 ajánlástól a többi lehetséges besorolás szerkezeti és elméleti megfontolásai is a bemutatandó példa szerint történnek.

## Gyakoriság

Ez a mutató határozza meg a hiba előfordulásának gyakoriságát (hibaakonként). Értékeléskor két dologra kell figyelemmel lenni:

- a hiba gyakoriságára;
- annak valószínűségére, hogy a megfogalmazott következménnyel a hiba eljut a véghez.

A hiba gyakoriságát az alábbi táblázat rangsorolja. Ez általában egy szubjektív érték, de fontos megjegyezni, hogy a gyakoriság objektívizálható a legkönnyebben (feltéve, ha rendelkezésre áll a priori információ a vizsgált jelenséggel kapcsolatban) a három mérőszám közül. Az értéke tradicionális FMEA esetén 1-10-ig mozoghat. A gyakoriság értékeire támpontot az alábbi táblázat ad. (Bognár et al., 2010)

**2. táblázat: Példa a hiba bekövetkezésének gyakoriságára, 2008**

| <b>Gyakoriság</b>    |                                                                                                                                                                                         |                  |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <b>Osztályozás</b>   | <b>Magyarázat</b>                                                                                                                                                                       | <b>Hibaarány</b> |
| 1<br>Elhanyagolható  | Előfordulás valószínűsége távoli.<br>A hiba bekövetkezése valószínűtlen.                                                                                                                | 1/1500000        |
| 2<br>Nagyon alacsony | Alacsony meghibásodási arány, dokumentációval ellátva.<br>Csak egyedi hibák fordulnak elő.                                                                                              | 1/150000         |
| 3<br>Alacsony        | Alacsony meghibásodási arány, alátámasztó dokumentáció nélkül.<br>Olyan korábbi folyamatokhoz hasonlítható, amelyeknél egyedi hibák előfordulnak.                                       | 1/15000          |
| 4<br>Közepes         | Eseti meghibásodások.<br>Olyan korábbi folyamatokhoz hasonlítható, amelyeknél előfordultak hibák, de nem nagy mennyiségben.                                                             | 1/2000           |
| 5<br>Közepes         | Viszonylag mérsékelt meghibásodási arány, alátámasztó dokumentummal.<br>Olyan korábbi folyamatokhoz hasonlítható, amelyeknél előfordultak hibák, de nem nagy mennyiségben.              | 1/400            |
| 6<br>Közepes         | Mérsékelt meghibásodási arány, alátámasztó dokumentum nélkül.<br>Olyan korábbi folyamatokhoz hasonlítható, amelyeknél előfordultak hibák, de nem nagy mennyiségben.                     | 1/80             |
| 7<br>Magas           | Viszonylag magas meghibásodási arány alátámasztó dokumentum nélkül.<br>Olyan korábbi folyamatokhoz hasonlítható, amelyeknél a hiba gyakran bekövetkezett.                               | 1/20             |
| 8<br>Magas           | Magas meghibásodási arány, alátámasztó dokumentum nélkül.<br>Olyan korábbi folyamatokhoz hasonlítható, amelyeknél a hiba gyakran bekövetkezett.                                         | 1/8              |
| 9<br>Nagyon magas    | Meghibásodás csaknem biztosan szavatossági adatokon, vagy tesztelésen alapszik.<br>A hiba majdnem elkerülhetetlen. Szinte biztos, hogy a hibák nagyobb mennyiségben fognak előfordulni. | 1/3              |
| 10<br>Nagyon magas   | Biztosan szavatossági adatokon vagy tesztelésen alapszik a meghibásodás.<br>A hiba majdnem elkerülhetetlen. Szinte biztos, hogy a hibák nagyobb mennyiségben fognak előfordulni.        | 1/2              |

Forrás: Down et al. (2008)

## Súlyosság

Ebben az esetben a kezelő által észlelt nem megfelelő működést kell pontozni. A súlyosság értékei már kifejezetten szubjektívnek tekinthetők, mivel a jelenség észlelése is más és más módszerrel, vizsgálattal történhet ebből fakadóan is nehéz eldönteni, hogy melyik az igazán súlyos és melyik a kevésbé súlyos hiba. Az alábbi táblázat a hiba súlyosságát mutatja be rangsorolva, ahol a hiba súlyosságát a hibahatásra vonatkozóan kell megadni. Az értéke szintén 1-10 között mozoghat. (Bognár et al., 2010)

**3. táblázat: Példa a súlyossági rangsorra, 2008**

| Súlyosság       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Osztályozás     | Magyarázat                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 1               | A vevő nem észleli a kedvezőtlen hatást vagy, hogy szignifikáns lenne.<br>Nem valószínű, hogy a hibának hatása van a termékre.<br>A vevő valószínűleg nem észleli a hibát.                                                                                                                     |
| 2<br>Csekély    | A vevő valószínűleg érez egy kis bosszúságot.<br>Kis zavart okoz a műveletben. Néhány terméken kisebb javítást kell végezni.<br>Csak kevés vevő észleli.                                                                                                                                       |
| 3               | A vevő bosszankodik a kis teljesítményromlás miatt.<br>Kis zavart okoz a következő műveletben. Javítás szükséges. Minden vevő észleli a hibát.                                                                                                                                                 |
| 4<br>Alacsony   | Vevő elégedetlenség a csökkent teljesítmény miatt.<br>Zavart okoz a következő műveletben. Nagyobb javítás szükséges.<br>Minden vevő észleli a hibát.                                                                                                                                           |
| 5               | Vevőt kellemetlenül érinti, vagy termelékenységét csökkenti a hatás folytonos romlása.<br>Gyártósor rövidebb leállását okozhatja. Nagyobb javítás szükséges.<br>A vevőt kis mértékben zavarja a hiba.                                                                                          |
| 6               | Szavatossági javítás, vagy gyártási, vagy szerelési panasz.<br>Gyártósor hosszabb leállását okozhatja. A termékek egy részét le kell selejtezni.<br>A vevőt zavarja a hiba.                                                                                                                    |
| 7               | Nagymértékű vevőelégedetlenség komponens meghibásodás miatt, de a funkció teljes elvesztése nélkül. Termelékenységet sérti a magas selejt és átdolgozási szint.<br>Zavart okoz a gyártásban. A terméket át kell válogatni, és egy részét le kell selejtezni.<br>Nagyfokú vevői elégedetlenség. |
| 8<br>Súlyos     | Igen nagyfokú elégedetlenség a funkció elvesztése miatt, de a biztonságra gyakorolt negatív hatás, vagy a kormányzati szabályozás megsértése nélkül.<br>Nagyobb zavart okoz a gyártásban. Az összes terméket le kell selejtezni.<br>Nagyfokú vevői elégedetlenség.                             |
| 9<br>Túl súlyos | A vevőt veszélyezteti a meghibásodás előtti figyelmeztetést adó biztonságos rendszerteljesítményre gyakorolt kedvezőtlen hatás, vagy a kormányzati szabályozás megsértése.<br>Törvényi előírásoktól való eltérést okoz.                                                                        |
| 10              | A vevőt veszélyezteti a meghibásodás előtti figyelmeztetés nélküli biztonságos rendszerteljesítményre gyakorolt kedvezőtlen hatás, vagy a kormányzati szabályozás megsértése.<br>Veszélyezteti a gépet és a dolgozót.                                                                          |

Forrás: Down et al. (2008)

## Detektálhatóság

A detektálhatóság annak a valószínűsége, hogy a hibát a minőség-ellenőrzés feltárja, és az nem jut el a vevőhöz. Itt fel kell tételezni, hogy a hibák fellépett, és meg kell becsülni a hiba- megállapítás képességét. A „becslés” szó magában hordozza azt, hogy ez a mérőszám is dominánsan szubjektív megfontolásokon alapuló értékeket vehet fel. Ezt erősíti az is, hogy a magyarázatban megjelennek, a talán, valószínű, lehetséges szavak. A súlyozásnál az előzőekkel ellentétben fordított rangsorolást kell alkalmazni. A hibák észlelésének, felfedezésének biztonságát kell értékelni fordított rangsorolással. Az értékek szintén 1-10 között mozoghat. (Bognár et al., 2010)

4. táblázat: Példa a detektálhatóságra, 2008

| Detektálhatóság          |                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Osztályozás              | Magyarázat                                                                                                                                                                                                   |
| 1<br>Biztos              | A potenciális meghibásodást biztosan megtalálják vagy megelőzik mielőtt a következő vevőt elérné.<br>A hibát biztosan felderítik. Poka Yoke – lehetetlen hibát elkövetni.                                    |
| 2<br>Nagyon magas        | A potenciális meghibásodást csaknem biztosan megtalálják vagy megelőzik mielőtt a következő vevőt elérné.<br>A hiba felfedezésének valószínűsége nagyon magas. Poka Yoke - többszintű.                       |
| 3<br>Magas               | Kicsi annak a valószínűsége, hogy a potenciális meghibásodás kimutatlanul elérje a következő vevőt.<br>Az ellenőrzés nagy valószínűséggel felderíti a hibát. Poka Yoke – hibamegelőzés (nem mehet át hibás). |
| 4<br>Közepesen magas     | Szabályozások kimutathatják a meghibásodást, vagy megelőzhetik, hogy a következő vevőt elérje.<br>Közepesen magas valószínűséggel fedezhető fel a hiba. Hibamegelőzés, következő műveletre nem mehet át.     |
| 5<br>Közepes             | Mérsékelt annak a valószínűsége, hogy a potenciális meghibásodás a következő vevőt elérje.<br>Közepes valószínűséggel fedezhető fel a hiba. Kártyás vagy minden darabos idomszeres ellenőrzés.               |
| 6<br>Alacsony            | Nem valószínű, hogy a szabályozások kimutatják vagy megelőzik, hogy a potenciális hiba elérje a következő vevőt.<br>A hiba felfedezésének valószínűsége kicsi. Minden darab megérintéses ellenőrzése.        |
| 7<br>Nagyon alacsony     | Kis valószínűségű, hogy a szabályozások kimutatják vagy megelőzik, hogy a potenciális hiba elérje a következő vevőt.<br>A hiba felfedezésének valószínűsége nagyon kicsi. Kettős vizuális ellenőrzés.        |
| 8<br>Csekély             | Igen kis valószínűségű, hogy a szabályozások kimutatják vagy megelőzik, hogy a potenciális meghibásodás elérje a következő vevőt.<br>Csekély valószínűséggel fedezhető fel a hiba. Vizuális ellenőrzés.      |
| 9<br>Nagyon csekély      | A jelenlegi szabályozások valószínűleg nem is detektálják a potenciális meghibásodást.<br>Nagyon csekély valószínűséggel deríthető fel a hiba. Közvetett ellenőrzés.                                         |
| 10<br>Majdnem lehetetlen | Abszolút biztos, hogy a jelenlegi szabályozások nem detektálják a potenciális meghibásodást.<br>Majdnem biztos, hogy a hiba nem fedezhető fel. A hiba nem ellenőrzött.                                       |

Forrás: Down et al. (2008)

Tehát az FMEA elemzés során feltárt valamennyi következményre, hibaokra és ellenőrzésmódra a fontossági mérőszámot a szakértők által adott 1-10 pontok átlagaként határozzuk meg. Ezek után következhet a mutatók számítása az értékeléshez. Minden egyes láncolatra egy-egy kockázati indexet (RPN- Risk Priority Number) határozhatunk meg:

$$RPN_{ijk} = O_{ijk} * S_{ijk} * D_{ijk}$$

Ahol:

O: hibaok előfordulás gyakorisága (Occurence)

S: a hiba következményeinek jelentősége (Severity)

D: észlelés hatékonysága (Detection) (Su – Chou, 2008)

Az RPN számot minden hibaok – következmény- és ellenőrzés láncolatra ki kell számítani, és azokat az RPN nagysága szerint sorba kell rendezni (hasonlóan a Pareto elemzéshez). Ezután a legmagasabb értékű hibákra javító intézkedést kell meghatározni. Mivel itt az értékelés kritériumai és célja is több tekintetben más, mint a Pareto hibaelemzés során, szükség lehet összesített kockázati mutatókra is.

Összetett kockázati mutatóról lévén szó, az egyes láncolatok fontosságában általában nagyobb fokú kiegyenlítettség mutatkozik, mint ahogy azt az egyszerű hibagyakoriság, illetve veszteségmérték Pareto-elemzésénél tapasztalhatjuk. Ennél fogva az az RPN érték, amely felett a hibákkal foglalkozni kell, nem kiugró módon jelentkezik. A gyakorlat azt igazolja, hogy 200 feletti érték semmiképpen nem megengedhető.

Bármely javító intézkedés célja az RPN érték csökkentése, mégpedig úgy, hogy az

- előfordulás
- következmény
- észlelés értékeit javítani kell. (Down et al., 2008; Ionescu – Visan, 2011)

Azaz az

- előfordulás gyakoriságának csökkentése,
- következmény súlyosságának csökkentése,
- ellenőrzés hatékonyságának növelése egyenként, vagy együttesen, az adott láncolat jelentőségének csökkenéséhez vezet.

Az adott hibaokból következő előfordulás gyakorisága a konstrukció felülvizsgálásával, a hibaok kiiktatásával csökkenthető. A következmény súlyosságának csökkentése csak lényeges átervezéssel lehetséges, mivel a meghibásodás vagy hibás működés hatásának kompenzálását kell megoldani. (Down et al., 2008; Hekmatpanah et al., 2011)

Az észlelés értékét a tervezés ellenőrzésének kibővítése javíthatja. A javító intézkedések jellegük szerint csoportosítva:

- kísérlettervezés
- a tervezés ellenőrzésének kibővítése
- konstrukciómódosítás
- anyagspecifikáció felülvizsgálata.

A gyakorlatban ki kell jelölni a végrehajtásért felelőseket és a határidőket. Ezután a bevezetett intézkedések hatását is fel kell mérni, a javított állapotra újra meg kell határozni az RPN értékeket – hogy igazolni lehessen az intézkedések hatékonyságát vagy elégtelenségét. (Down et al., 2008; Xiuxu – Xiaoli, 2010)

#### 4. A TRADICIONÁLIS FMEA MÓDSZER KRITIKÁJA A VEZETÉSTUDOMÁNY OLDALÁRÓL

A tradicionális FMEA módszernek több szempontrendszer szerint is azonosíthatóak a maga gyenge pontjai. A dolgozat feladata a módszer gyengeségeinek vezetéstudományi alapokon nyugvó azonosítása. Vezetéstudományi szempontból a módszerrel szemben megfogalmazott problémákat két fő csoportra lehet bontani, mégpedig módszertani és alkalmazási problémákra. (1. ábra) A következőkben áttekintésre kerülnek ezen kritikák.



1. ábra: A tradicionális FMEA kritikáinak csoportosítása

##### 4.1. A TRADICIONÁLIS FMEA MÓDSZERTANI PROBLÉMÁI

A tradicionális FMEA-t döntés elméleti szempontok szerint vizsgálva a következő észrevételek fogalmazhatók meg:

a, A különböző döntési osztályok keveredése:

Az FMEA módszer RPN számának kalkulálása során a korábban ismertetett három jellemző (gyakoriság, súlyosság, detektálhatóság) az esetek túlnyomó részében döntéstan szempontból más-más döntési osztályba sorolhatóak. A döntéstan több döntési osztályt különböztet meg. (Biztos, Bizonytalan, Kockázatos, Konfliktusos) Az FMEA mérőszámai dominánsan szubjektív értékeken alapulnak, még akkor is, ha minden egyes eseményt, már legalább egyszer észleltek, tényekkel támasztottak alá. Objektívizálásra csak abban az

esetben van lehetőség, amikor a priori információk állnak rendelkezésre a vizsgált jelenséggel kapcsolatban. Ez a feltétel sajnos sok esetben nem valósul meg, mivel például egy új termék tervezésekor nem áll rendelkezésre semmilyen információ a termékre vonatkozóan. Az FMEA mérőszámai közül a gyakoriság objektivizálható a legkönnyebben, mivel általában ott áll rendelkezésre a priori információ. (pl. zavarjelentések, amiből lehet következtetni a meghibásodások gyakoriságára, stb.) A tradicionális FMEA elemzés objektív és szubjektív valószínűségi változók környezetébe tartozó jelenségeket ugyanazon mérési módszerrel azonosít, holott a különböző döntési osztályokban, más-más technikákat kell alkalmazni.

b, Skálaelméleti problémák:

A tradicionális FMEA vizsgálata különböző skálaelméleti problémákat is felvet. Először is az RPN számot megadó három mérőszám – pont az objektivitás mértékének függvényében – mérésére alkalmazott mérési skálák különböző fejlettségi szintűek. Megfigyelve a skálákat szembevetjük, hogy a tradicionális FMEA arányskálát használ a különböző mérőszámok súlyozására akkor, ha a priori információk birtokában a meghibásodás előfordulásának valószínűsége kalkulálható. Ha nincs a priori információ, akkor sorrendi skálát lehet csak alkalmazni. Azonban a másik két mérőszám esetén az a priori információk értelmezése sem könnyű általában emellett nem is biztos hogy léteznek, így az egyes mérőszámokat dominánsan sorrendi skálán, kedvező esetben arányskálán mérnek. Ebből fakadóan az RPN szám konzisztens információkat tartalmazva, nagyon nehezen képzelhető el.

Másik komoly méréselméleti probléma, hogy a mérési skálák értékei előre definiáltak. A tradicionális FMEA előre definiálja az osztályozást, a meghatározásokat. Ebből számos értelmezési nehézség adódhat, mivel az FMEA-val kapcsolatos információk természetes nyelvben rögzítettek, tehát megengedi, hogy minden egyes résztvevő a saját szókincsét használja. Ez félreértésekhez vezethet, mivel a nyelvi kifejezések mindig szubjektív fogalmakat takarnak, mint pl. valószínű, nagyon magas, elhanyagolható, valamint nem lesz két olyan ember, aki ugyanazt érti egyazon meghatározás alatt. Ez a jelenség szubjektivitást erősítő komponensként értelmezhető. Ugyancsak a szubjektivitást erősíti az, hogy az egyes súlyszámok meghatározása olyan leírásokat tartalmaz, melyekről a szakértőknek nincs elérhető információjuk. (pl. 10-es súlyosság esetén az üzemesarnok pusztulása) Ezek alapján kijelenthető, hogy az előre definiált skálák önkényesek és korlátozzák a szakértők gondolkodásmódját.

#### 4.2. A TRADICIONÁLIS FMEA ALKALMAZÁSBELI PROBLÉMÁI

Mint ahogy azt korábban írtuk, a karbantartási stratégia a vezetői döntések kategóriájába sorolható. Így az FMEA is ide tartozik, mint a megelőző karbantartás egyik eszköze. Eből fakadóan tisztázni kell a menedzsment fogalmát. Griffin (Gaál, 2001) szerint az alábbi definíció szerint lehet értelmezni: *„A menedzsment egy szervezet emberi, pénzügyi, fizikai és információs erőforrásai tervezésének és a kapcsolódó döntések meghozatalának, az erőforrások szervezésének, vezetésnek és irányításnak folyamata a szervezet céljainak eredményes és hatékony megvalósítása érdekében.”* A definíció tartalmához kapcsolódó funkciók a következők: tervezés, szervezés, vezetés, motiválás, irányítás és ellenőrzés. Ezek alapján megállapítható, hogy a tradicionális FMEA-t is lehet ezen menedzsment-funkciók alapján vizsgálni.

A tradicionális FMEA menete röviden összefoglalva a következő: Az elemzés tárgyának összeállítása után, ki kell alakítani az elemzést végző csoportot. A szakértői csoporttal ezután egy szabadon választott csoportos döntéshozatali módszerrel össze kell állítani a hibaleltárt, valamint fel kell deríteni a hibák lehetséges következményeit és a hibák okait. Ezután a csoport meghatározza a súlyszámokat az RPN számot kitevő három mérőszámra vonatkozóan. (Gyakoriság, Detektálhatóság, Előfordulás)

a, Tervezés szempont:

Tervezési szempontból vizsgálva az FMEA-t, meghatározhatunk olyan elemeket, melyek akadályozhatják az FMEA elemzés sikerességét. Csoportmunkák során általános, hogy a sok interakció miatt, a lényegi munkára szánható idő rohamosan fogy, így az idő előrehaladtával a csapat tagjai felgyorsítják a munkafolyamatokat, melynek szinte biztos hozománya a hiányosan elvégzett elemzés, felületes értékelés.

b, Szervezés szempont:

A csoportmunka számos ismert pozitívummal és negatívummal bír az egyéni munkával szemben, de általános esetben a „több szem többet lát” elv mentén a csoportmunka irányába billen a mérleg. A kérdés csupán az, hogy „több szem tényleg többet lát-e”? A vezető a megfelelő embereket választotta ki a feladatra? Erre a kérdésre a tradicionális FMEA nem ad választ, így lehetséges, hogy nem éppen kompetens személyeket jelölnek ki a feladatra. Így csak a közös munkát koordináló vezetőn múlik, hogy milyen típusú, mekkora mennyiségű, milyen minőségű tudás halmozódik fel és képes szintetizálódni a csoportmunka eredményében.

c, Vezetés szempont:

Vezetés szempontból a nagyon fontos teendők a hangadók kiszűrése, valamint az ezredes hatás elkerülése. Mert hiába a „több szem többet lát” elv, ha a több szem által észlelt jelenségek nem kerülnek, nem kerülhetnek be a közös „tudáskasszába”. Nem elég csupán látni egy jelenséget biztosítani kell a látottak közös tudásbázisba történő bekerülésének lehetőségét. Kijelenthető, hogy a vezetés szempontnál említett gondolat itt is igaz, a közös munkát koordináló vezetőn múlik a csoportmunka eredménye.

d, Motiválás szempont:

A tradicionális FMEA ebből a szempontból is nagy hátrányban van a dolgozatban bemutatni kívánt módszerrel szemben. A tradicionális módszer nem motiválja az elemzésben részt vevő szakértőket, mivel nincs meghatározott mód a résztvevők értékelésére. Emiatt a csoport tagjainak nem áll érdekében teljesítményük maximumát nyújtani az elemzés során, így előfordulhat, hogy egy csapattag a háttérben „megbújva”, érdemi munka végzése nélkül abszolválja az elemzési eljárást.

e, Irányítás és ellenőrzés szempont:

Mint már ez előző pontban is kifejtésre került, a tradicionális FMEA módszer végzése során, nincs meghatározott módszer arra vonatkozóan, hogy felmérjük a résztvevő szakértők motivációját és kompetenciáját. Ebből kifolyólag előfordulhat, hogy a vezető által kijelölt „szakértői” csoport, demotivált, esetleg nem kompetens személyekből állnak.

#### 4.3. IRODALOMKUTATÁS

Az előző fejezetekben már bemutatásra kerültek a tradicionális FMEA eljárás kritikái. Mivel a kutatás célja egy teljesen új módszer kifejlesztése volt, így irodalomkutatást végeztem, hogy a tradicionális FMEA módszer gyengeségeit nagy mintán tudjam bemérni. A keresés befejeztével több száz dokumentum került feldolgozásra. A feldolgozás során az alábbi adatokat gyűjtöttem össze a különböző irodalmakról:

- A cikk szerzője és címe
- Módszer: Az RPN szám képzéséhez használt módszer neve. pl.: tradicionális, Fuzzy-módszer, QFD, stb.
- Objektív-e?: Itt arra kerestem a választ, hogy az RPN számot kitevő mérőszámok értékei objektív vagy szubjektív értékeken alapulnak-e az FMEA eljárás során.
- Összetevők száma: Hány mérőszám (összetevő) határozta meg az RPN számot?
- RPN tényezők neve: pl: gyakoriság, súlyosság, detektálhatóság, stb.
- Skálaterjedelem: Mekkora volt a különböző mérőszámok skálaterjedelme? (pl.: 1-5, 1-10, stb.)
- Terület: Az az iparági terület, amelyhez a cikk témája kapcsolódott.
- Megjelenés helye, éve
- ISBN/ISSN szám

A cikkek feldolgozásakor nagyon hamar szembetűnt, hogy az elit szakirodalomban minden módszer alapjául a tradicionális FMEA eljárást alkalmazták, majd csak a súlyszámok meghatározása után használtak további módszereket az RPN szám meghatározására.

Így volt ez Sharma et al. (2008) cikkében is, ahol az RPN számot alkotó három mérőszám – gyakoriság, súlyosság, detektálhatóság – súlyszámait a szakértői csoport határozta meg, majd Fuzzy-módszerrel, különböző műveletek elvégzése után képezték az RPN számot. Megvizsgálva a mérőszámok táblázatait észrevehetjük, hogy mint általában, a súlyosság és a detektálhatóság értékei szubjektívek. Így valószínűsíthető, hogy habár a Fuzzy-módszer igyekszik pozitív irányba terelni az elemzés sikerességét, az FMEA gyengeségei miatt nem éri el kívánt eredményt.

Hasonlóképpen járt el Guimaraes és Lapa (2006), akik HAZOP elemzést végeztek egy könnyűvízes reaktor esetén. Az eljárás alapja itt is egy tradicionális FMEA volt, amely ráadásul ugyanazt a mutatószám rendszert alkalmazta, mint az előbb említett másik szerző.

Seyed-Hosseini et al. (2006) cikkében a DEMATEL eljárást mutatta be, mely kezdeti lépéseit tekintve azonos a tradicionális FMEA módszerrel. Az RPN szám itt is a három mutatószám szorzataként keletkezik, de a szerzők objektív módon csak a hiba gyakoriságát határozták meg, a súlyosság és a detektálhatóság kérdésében maradtak a szubjektív megfontoláson alapuló értékeknél.

Megfigyelhető, hogy hiába a sok hibalehetőség, a tradicionális FMEA eljárás sok „betegsége”, sokan még is ezt használják. Ionescu és Visan (2011) tanulmányában, ahol a projekt és folyamat FMEA-ról esik szó, szintén a tradicionális FMEA eljárás lépéseit követik. Módszerük magában hordozza az FMEA eljárás összes gyengeségét, melyek biztosítható, hogy kihatással vannak az elemzés végeredményre, csökkentve ezzel a módszer sikerességét.

Egyetlen egy esetben volt megfigyelhető, hogy a mérőszámokat objektív értékek alapján határozták meg. Thivel et al. (2008) munkájuk során objektivizálták a három összetevő – a gyakoriság, a detektálhatóság és a súlyosság – skáláit, mellyel azután sikerrel csökkentették az FMEA gyengeségeiből adódó torzító hatásokat.

A tradicionális FMEA gyengeségeinek feltárásán túl további pozitívumként értékelhető, hogy az irodalomkutatás során sikerült azonosítani, hogy azt a logikát, amin a kifejlesztett módszer alapul, senki sem használta még FMEA elemzés során. Ebből adódóan a DOFMEA módszer totális újszerűsége is igazolható. A következőkben bemutatásra kerül az irodalomkutatás eredményét (évszám szerint növekvő sorrendben) összefoglaló táblázat – a dolgozat terjedelmi korlátait figyelembe véve – természetesen a teljesség igénye nélkül, majd a következő fejezetben ismertetem az FMEA módszer általam elgondolt új irányvonalát.

5. táblázat: Az irodalomkutatás eredményét összefoglaló táblázat 1/8.

| Szerző                                       | Cím                                                                                     | Módszer                                                  | Objektív-e | Összetevők (db) | RPN (tényezők)                                                                                                    | Skálaterjedelem | Terület     | Megjelenés helye                              | Évszám | ISBN/ISSN                                    |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------|-----------------------------------------------|--------|----------------------------------------------|
| S. Kmenta, K. Ishii                          | Scenario-Based FMEA: A life cycle cost perspective                                      | Scenario based /Tradicionális/                           | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D)                                                                | 1-10            | Autóipar    | ASME Design Engineering Technical Conferences | 2000   | ISBN-10: 0791835154; ISBN-13: 978-0791835159 |
| A. J. Breiing, A. M. Kunz                    | Critical consideration and improvement of the FMEA                                      | Tradicionális                                            | Nem        | 3               | Hiba előfordulásának valószínűsége (A); Következmények a vásárló számára (B); Hiba észlelésének valószínűsége (E) | 1-6             | Gépipar     | Proceedings of the TMCE 2002                  | 2002   | ISBN: 7560926827                             |
| K. Xu, L.C. Tang, M. Xie, S. L. Ho, M.L. Zhu | Fuzzy Assessment of FMEA for engine systems                                             | Fuzzy-módszer /Tradicionális/                            | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D)                                                                | 1-10            | Autóipar    | Reliability Engineering and System Safety     | 2002   | ISSN: 0951-8320                              |
| S. J. Rhee, K. Ishii                         | Using cost based FMEA to enhance reliability and serviceability                         | Cost based (with Monte Carlo simulation) /Tradicionális/ | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D)                                                                | 1-10            | Gépipar     | Advanced Engineering Informatics              | 2003   | ISSN: 1474-0346                              |
| A. C. F. Guimaraes, C. M. F. Lapa            | Fuzzy FMEA applied to PWR chemical and volume control system                            | Fuzzy-módszer /Tradicionális/                            | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D)                                                                | 1-10            | Vegyipar    | Progress in Nuclear Energy                    | 2004   | ISSN: 0149-1970                              |
| P. C. Teoh, K. Case                          | Failure modes and effects analysis through knowledge modelling                          | Knowledge modelling /Tradicionális/                      | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D)                                                                | 1-10            | Gépipar     | Journal of Materials Processing Technology    | 2004   | ISSN: 0924-0136                              |
| A. C. F. Guimaraes, C. M. F. Lapa            | Effects analysis fuzzy inference system in nuclear problems using approximate reasoning | Fuzzy-módszer /Tradicionális/                            | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D)                                                                | 1-10            | Energiaipar | Annals of Nuclear Energy                      | 2004   | ISSN: 0306-4549                              |
| L. Burgazzi                                  | Evaluation of uncertainties related to passive systems performance                      | HAZOP /Tradicionális/                                    | Nem        | 1               | Gyakoriság (O)                                                                                                    | 1-5             | Energiaipar | Nuclear Engineering and Design                | 2004   | ISSN: 0029-5493                              |

5. táblázat: Az irodalomkutatás eredményét összefoglaló táblázat 2/8.

| Szerző                                                 | Cím                                                                                                                                     | Módszer                       | Objektív-e | Összetevők (db) | RPN (tényezők)                                     | Skálaterjedelem    | Terület                        | Megjelenés helye                          | Évszám | ISBN/ISSN       |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------|-----------------|----------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------------------------------|--------|-----------------|
| T. A. Carbone; D. D. Tippet                            | Project Risk Management Using the Project Risk FMEA                                                                                     | Project Risk /Tradicionális/  | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10               | Program és Project Menedzsment | Engineering Management Journal            | 2004   | ISSN: 0960-7919 |
| P. A. A. Garcia, R. Schirru, P. F. Frutuoso E. Melo    | A fuzzy data envelopment analysis approach FMEA                                                                                         | Fuzzy-módszer /Tradicionális/ | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10               | Energiaipar                    | Progress in Nuclear Energy                | 2005   | ISSN: 0149-1970 |
| G. Cassanelli, G. Mura, F. Fantini, M. Vanzi, B. Plano | Failure Analysis-assisted FMEA                                                                                                          | Tradicionális                 | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10               | Autóipar                       | Microelectronics Reliability              | 2006   | ISSN: 0026-2714 |
| S. M. Seyed-Hosseini, N. Safaei, M. J. Asgharpour      | Reprioritization of failures in a system failure mode and effects analysis by decision making trial and evaluation laboratory technique | DEMATEL /Tradicionális/       | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10               | Autóipar                       | Reliability Engineering and System Safety | 2006   | ISSN: 0951-8320 |
| A. C. F. Guimaraes, C. M. F. Lapa                      | Hazard and operability study using approximate reasoning in light-water reactors passive systems                                        | HAZOP /Tradicionális/         | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | O: 0-4; S, D: 1-10 | Energiaipar                    | Nuclear Engineering and Design            | 2006   | ISSN: 0029-5493 |
| E. A. Wagar, M. Raz, B. Yasin                          | Patient Safety Partnership Projects in the Clinical Laboratory                                                                          | Tradicionális                 | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10               | Egészségügy                    | American Journal of Clinical Pathology    | 2006   | ISSN: 0002-9173 |
| P. Wilkinson                                           | The changing role of physical testing in vehicle development programmes                                                                 | QFD /Tradicionális/           | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10               | Autóipar                       | Journal of Terramechanics                 | 2007   | ISSN: 0022-4898 |
| A. C. F. Guimaraes, C. M. F. Lapa                      | Fuzzy inference to risk assessment on nuclear engineering systems                                                                       | Fuzzy-módszer /Tradicionális/ | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10               | Gépipar                        | Applied Soft Computing                    | 2007   | ISSN: 1568-4946 |

5. táblázat: Az irodalomkutatás eredményét összefoglaló táblázat 3/8.

| Szerző                                       | Cím                                                                                                    | Módszer                        | Objektív-e | Összetevők (db) | RPN (tényezők)                                     | Skálaterjedelem   | Terület                     | Megjelenés helye                                                              | Évszám | ISBN/ISSN               |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------|-----------------|----------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------|
| K. S. Chin, A. Chan, J. B. Yang              | Development of a fuzzy FMEA based product design system                                                | Fuzzy-módszer /Tradicionális/  | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10              | Autóipar                    | The International Journal of Advanced Manufacturing Technology                | 2007   | ISSN: 0268-3768         |
| J. Jeon, S. Hyland, C. M. Burns, K. Momtahan | Challenges with applying FMEA to the process for reading labels on injectable drug containers          | Tradicionális                  | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | O, S: 1-5; D: 1-4 | Egészségügy                 | Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society - 51st Annual meeting | 2007   | ISSN: 0-978-945289-30-2 |
| M. H. Korayem, A. Irvani                     | Improvement of 3P and 6R mechanical robots reliability and quality applying FMEA and QFD approaches    | QFD /Tradicionális/            | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10              | Robotika                    | Robotics and Computer-Integrated Manufacturing                                | 2008   | ISSN: 0736-5845         |
| P.-X. Thivel, Y. Bultel, F. Delpech          | Risk analysis of a biomass combustion process using MOSAR and FMEA methods                             | MOSAR /Tradicionális/          | Igen       | 3               | Gyakoriság (F); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-4               | Energiaipar                 | Journal of Hazardous Materials                                                | 2008   | ISSN: 0304-3894         |
| C. T. Su, C. J. Chou                         | A systematic methodology for the creation of Six Sigma projects: A case study of semiconductor foundry | Six Sigma, AHP /Tradicionális/ | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10              | Fémipar                     | Expert Systems with Applications                                              | 2008   | ISSN: 0957-4174         |
| R. K. Sharma, D. Kumar, P. Kumar             | Predicting uncertain behavior of industrial system using FM—A practical case                           | Fuzzy-módszer /Tradicionális/  | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10              | Papíripar                   | Applied Soft Computing                                                        | 2008   | ISSN: 1568-4946         |
| G. A. Keskin, C. Ozkan                       | An Alternative Evaluation of FMEA: Fuzzy ART Algorithm                                                 | Fuzzy-módszer /Tradicionális/  | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10              | Autóipar                    | Quality and Reliability Engineering International                             | 2008   | ISSN: 1099-1638         |
| F. R. S. dos Santos, S. Cabral               | FMEA and PMBOK applied to project risk management                                                      | PMBOK /Tradicionális/          | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10              | Szolgáltatás és Menedzsment | Journal of Information Systems and Technology Management                      | 2008   | ISSN: 1807-1775         |

5. táblázat: Az irodalomkutatás eredményét összefoglaló táblázat 4/8.

| Szerző                                                                                                                | Cím                                                                                                                         | Módszer                            | Objektív-e | Összetevők (db) | RPN (tényezők)                                            | Skálaterjedeleme               | Terület     | Megjelenés helye                                  | Évszám | ISBN/ISSN               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------|-----------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------|---------------------------------------------------|--------|-------------------------|
| R. de Queiroz Souza, A. J. Álvares                                                                                    | FMEA and FTA analysis for application of the reliability-centered maintenance methodology: Case study in hydraulic turbines | Tradicionális                      | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D)        | O, S: 1-10; D: 1-7             | Energiaipar | ABCM Symposium Series in Mechatronics - Vol. 3    | 2008   | ISBN: 978-85-85769-38-3 |
| J. F. van Leeuwen, M.J. Nauta, D. de Kaste, Y.M.C.F. Odekerken-Rombouts, M.T. Oldenhof, M.J. Vredenburg, D.M. Barends | Risk analysis by FMEA as an element of analytical validation                                                                | Tradicionális                      | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D)        | 1-10                           | Egészségügy | Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis | 2009   | ISSN: 0731-7085         |
| A. H. Hu, C. W. Hsu, T. C. Kuo, W. C. Wu                                                                              | Risk evaluation of green components to hazardous substance using FMEA and FAHP                                              | GC-RPN; FAHP (Tradicionális/       | Nem        | 3 (4)           | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) + S-GC | 1-10 (1-5-10); S-GC (1-5-7-10) | Műszeripar  | Expert Systems with Applications                  | 2009   | ISSN: 0957-4174         |
| L. H. Chen, W. C. Ko                                                                                                  | Fuzzy linear programming models for new product design using QFD with FMEA                                                  | QFD /Tradicionális/                | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D)        | 1-10                           | Műszeripar  | Applied Mathematical Modelling                    | 2009   | ISSN: 0307-904X         |
| M. Boldrin, A. De Lorenzi, A. Fiorentin, L. Grando, D. Marcuzzi, S. Peruzzo, N. Pomaro, W. Rigato, G. Seriani         | Potential failure mode and effects analysis for the ITER NB injector                                                        | Tradicionális                      | Nem        | 2               | Súlyosság (S); Detektálhatóság (D)                        | 1-10                           | Műszeripar  | Fusion Engineering and Design                     | 2009   | ISSN: 0920-3796         |
| M. Casamirra, F. Castiglia, M. Giardina, C. Lombardo                                                                  | Safety studies of a hydrogen refuelling station: Determination of the occurrence frequency of the accidental scenarios      | Tradicionális                      | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D)        | NA                             | Autóipar    | International Journal of Hydrogen Energy          | 2009   | ISSN: 0360-3199         |
| L. H. Chen, W. C. Ko                                                                                                  | Fuzzy approaches to quality function deployment for new product design                                                      | Fuzzy-módszer, QFD /Tradicionális/ | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D)        | 1-10                           | Műszeripar  | Fuzzy Sets and Systems                            | 2009   | ISSN: 0165-0114         |
| H. T. Liu                                                                                                             | The extension of fuzzy QFD: From product planning to part deployment                                                        | Fuzzy-módszer, QFD /Tradicionális/ | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D)        | NA                             | Gépipar     | Expert Systems with Applications                  | 2009   | ISSN: 0957-4174         |

5. táblázat: Az irodalomkutatás eredményét összefoglaló táblázat 5/8.

| Szerző                                            | Cím                                                                                                                                                                    | Módszer                               | Objektív-e | Összetevők (db) | RPN (tényezők)                                     | Skálaterjedeleme | Terület                     | Megjelenés helye                                                         | Évszám | ISBN/ISSN                               |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------|-----------------|----------------------------------------------------|------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------|
| K. H. Chang                                       | Evaluate the orderings of risk for failure problems using a more general RPN methodology                                                                               | DEMATEL /Tradicionális/               | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10             | Elektronika                 | Microelectronics Reliability                                             | 2009   | ISSN: 0026-2714                         |
| K. S. Chin, Y. M. Wang, G. K. K. Poon, J. B. Yang | Failure mode and effects analysis using a group-based evidential reasoning approach                                                                                    | Fuzzy-módszer /Tradicionális/         | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10             | Gépipar                     | Computers & Operations Research                                          | 2009   | ISSN: 0305-0548                         |
| Y. M. Wang, K. S. Chin, G. K. K. Poon, J. B. Yang | Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean                                                                               | Fuzzy-módszer /Tradicionális/         | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10             | Gépipar                     | Expert Systems with Applications                                         | 2009   | ISSN: 0957-4174                         |
| Y. M. Wang, K. S. Chin, G. K. K. Poon, J. B. Yang | Failure mode and effects analysis by data envelopment analysis                                                                                                         | DEA /Tradicionális/                   | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10             | Szolgáltatás és Menedzsment | Decision Support Systems                                                 | 2009   | ISSN: 0167-9236                         |
| T. C. Krehbiel, J. E. Eighme, P. G. Cottell       | Morgan Systems, Inc.: Application of Six Sigma to the finance function                                                                                                 | Six Sigma, PBL, DMAIC /Tradicionális/ | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10             | Szolgáltatás és Menedzsment | Journal of Accounting Education                                          | 2009   | ISSN: 0748-5751                         |
| Z. Bluvland, P. Grabov                            | Failure Analysis of FMEA                                                                                                                                               | CAPA /Tradicionális/                  | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10             | Egészségügy                 | Reliability and Maintainability Symposium                                | 2009   | ISSN: 0149-144X                         |
| A. Azadeh, V. Ebrahimpour, P. Bavar               | A Pump FMEA Approach to Improve Reliability Centered Maintenance Procedure: The Case of Centrifugal Pumps in Onshore Industry                                          | OREDA /Tradicionális/                 | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 0-1 (tizedesek)  | Olajipar                    | Proceedings of the 6th WSEAS International Conference on fluid mechanics | 2009   | ISSN: 1790-5095, ISBN: 978-960-474-40-6 |
| J. W. Crites, S. W. Kittinger                     | Use of Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) Methodology in Evaluation of Process Transfer of Ohmic Liftoff from Low-Pressure-Solvent to High-Pressure-NMP Liftoff | Tradicionális                         | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10             | Fémipar                     | CS MANTECH Conference                                                    | 2009   | ISBN: 189358013X, 9781893580138         |

5. táblázat: Az irodalomkutatás eredményét összefoglaló táblázat 6/8.

| Szerző                                                       | Cím                                                                                                                                              | Módszer                              | Objektív-e | Összetevők (db) | RPN (tényezők)                                     | Skálaterjedelem         | Terület                     | Megjelenés helye                                                           | Évszám | ISBN/ISSN                                    |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------|-----------------|----------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------|
| H. Arabian-Hoseynabadi, H. Oraee, P.J. Tavner                | Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) for wind turbines                                                                                      | Tradicionalis                        | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | S: 1-4; O: 1-5; D: 1-10 | Energiaipar                 | Electrical Power and Energy Systems                                        | 2010   | ISSN: 0142-0615                              |
| A. Hassan, A. Siadat, J. Y. Dantan, P. Martin                | Conceptual process planning – an improvement approach using QFD, FMEA, and ABC methods                                                           | QFD, QCCPP, CCP, ABC /Tradicionalis/ | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10                    | Szolgáltatás és Menedzsment | Robotics and Computer-Integrated Manufacturing                             | 2010   | ISSN: 0736-5845                              |
| K. H. Chang, T. C. Wen                                       | A novel efficient approach for DFMEA combining 2-tuple and the OWA operator                                                                      | OWA /Tradicionalis/                  | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10                    | Elektronikai ipar           | Expert Systems with Applications                                           | 2010   | ISSN: 0957-4174                              |
| M. E. Cournoyer, V. E. Garcia, U. F. Gallegos, D. W. Wilburn | Investigation of injury/illness data at a nuclear facility                                                                                       | OSHA /Tradicionalis/                 | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10                    | Energiaipar                 | Journal of Chemical Health & Safety                                        | 2010   | ISSN: 1871-5532                              |
| S. X. Zeng, C. M. Tam, V. W. Y. Tam                          | Integrating Safety, Environmental and Quality Risks for Project Management Using a FMEA Method                                                   | OHS /Tradicionalis/                  | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-5 (tizedesek)         | Szolgáltatás és Menedzsment | Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics                                 | 2010   | ISSN: 1392-2785                              |
| Z. Xiuxu, B. Xiaoli                                          | The Application of FMEA method in the risk management of medical device during the lifecycle                                                     | Tradicionalis                        | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10                    | Egészségügy                 | 2nd International Conference on E-Business and Information System Security | 2010   | ISBN: 978-1-4244-5895-0                      |
| T. H. Varzakas, I.G. Zakyntinos, S.I. Arvanitoyannis         | Application of failure mode and effect analysis (FMEA) and cause and effect analysis in conjunction with ISO2200 to a pistachio processing plant | HACCP /Tradicionalis/                | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10                    | Élelmiszeripar              | Options Méditerranéennes                                                   | 2010   | ISBN-10: 2853524396; ISBN-13: 978-2853524391 |
| T. H. Varzakas, I.G. Zakyntinos, S.I. Arvanitoyannis         | Application of failure mode and effect analysis (FMEA) and cause and effect analysis in conjunction with ISO22000 to an almond processing plant  | HACCP /Tradicionalis/                | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10                    | Élelmiszeripar              | Options Méditerranéennes                                                   | 2010   | ISBN-10: 2853524396; ISBN-13: 978-2853524391 |

5. táblázat: Az irodalomkutatás eredményét összefoglaló táblázat 7/8.

| Szerző                                                      | Cím                                                                                                                                                                                            | Módszer                                            | Objektív-e | Összetevők (db) | RPN (tényezők)                                     | Skálaterjedeleme        | Terület                     | Megjelenés helye                          | Évszám | ISBN/ISSN       |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------|-----------------|----------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|--------|-----------------|
| N. Xiao, H. Z. Huang, Y. Li, L. He, T. Jin                  | Multiple failure modes analysis and weighted risk priority number evaluation in FMEA                                                                                                           | WRPN /Tradicionális/                               | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10                    | Szolgáltatás és Menedzsment | Engineering Failure Analysis              | 2011   | ISSN: 1350-6307 |
| E. Bas                                                      | An investment plan for preventing child injuries using risk priority number of failure mode and effects analysis methodology and a multi-objective, multi-dimensional mixed 0-1 knapsack model | Multi-objective, multi-dimensional /Tradicionális/ | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | S (AIS): 1-6; O,D: 1-10 | Egészségügy                 | Reliability Engineering and System Safety | 2011   | ISSN: 0951-8320 |
| D. Regazzoni, D. Russo                                      | TRIZ tools to enhance risk management                                                                                                                                                          | Tradicionális                                      | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10                    | Elektronikai ipar           | Procedia Engineering                      | 2011   | ISSN: 1877-7058 |
| A. C. Kutlu, M. Ekmekcioglu                                 | Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP                                                                                                                 | Fuzzy-módszer, AHP /Tradicionális/                 | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10                    | Szolgáltatás és Menedzsment | Expert Systems with Applications          | 2011   | ISSN: 0957-4174 |
| H. C. Liu, L. Liu, Q. H. Bian, Q. L. Lin, N. Dong, P. C. Xu | Failure mode and effects analysis using fuzzy evidential reasoning approach and grey theory                                                                                                    | Fuzzy-módszer /Tradicionális/                      | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10                    | Szolgáltatás és Menedzsment | Expert Systems with Applications          | 2011   | ISSN: 0957-4174 |
| Z. Zhang, X. Chu                                            | Risk prioritization in failure mode and effects analysis under uncertainty                                                                                                                     | Fuzzy-módszer /Tradicionális/                      | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10                    | Gépipar                     | Expert Systems with Applications          | 2011   | ISSN: 0957-4174 |
| J. Yang, H. Z. Huang, L. P. He, S. P. Zhu, D. Wen           | Risk Evaluation in Failure Mode and Effects Analysis of Aircraft Turbine Rotor Blades Using Dempster-Shafer Evidence Theory under Uncertainty                                                  | D-S /Tradicionális/                                | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10                    | Gépipar                     | Engineering Failure Analysis              | 2011   | ISSN: 1350-6307 |

**5. táblázat: Az irodalomkutatás eredményét összefoglaló táblázat 8/8.**

| Szerző                                                    | Cím                                                                                                                                                                                      | Módszer       | Objektív-e | Összetevők (db) | RPN (tényezők)                                     | Skálaterjedelem | Terület                     | Megjelenés helye                                            | Évszám | ISBN/ISSN       |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------|-----------------|----------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------|--------|-----------------|
| G. Armitage, I. Hodgson, J. Wright, K. Bailey, E. Mkhwana | Exploring the delivery of antiretroviral therapy for symptomatic HIV in Swaziland: threats to the successful treatment and safety of outpatients attending regional and district clinics | Tradicionális | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10            | Egészségügy                 | BMJ Quality & Safety                                        | 2011   | ISSN: 2044-5415 |
| M. Hekmatpanah, A. Fadavinia                              | The Evaluation and Application of FMEA in Sepahan Oil Co                                                                                                                                 | Tradicionális | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10            | Olajipar                    | World Academy of Science, Engineering and Technology        | 2011   | ISSN: 1307-6884 |
| M. Hekmatpanah, A. Shahin, N. Ravichandran                | The application of FMEA in the oil industry in Iran: The case of four litre oil canning process of Sepahan Oil Company                                                                   | Tradicionális | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10            | Olajipar                    | African Journal of Business Management                      | 2011   | ISSN: 1993-8233 |
| M. Namdari, Sh. Rafiee, A. Jafari                         | Using the FMEA method to Optimize fuel consumption in Tillage by Moldboard Plow                                                                                                          | Tradicionális | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10            | Olajipar                    | International Journal of applied engineering research       | 2011   | ISSN: 0976-4259 |
| A. Kumar, M.P. Poonia, U. Pandel, A.S. Jethoo             | FMEA: Methodology, Design and Implementation in a Foundry                                                                                                                                | Tradicionális | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10            | Fémipar                     | International Journal of Engineering Science and Technology | 2011   | ISSN: 0975-5462 |
| D. Čatić, S. Arsovski, B. Jeremić, J. Glišović            | FMEA in product development phase                                                                                                                                                        | Tradicionális | NA         | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10            | Szolgáltatás és Menedzsment | 5th International Quality Conference                        | 2011   | ISSN: 1800-6450 |
| N. Ionescu, A. Visan                                      | Methodology of using FMEA in product development                                                                                                                                         | Tradicionális | Nem        | 3               | Gyakoriság (O); Súlyosság (S); Detektálhatóság (D) | 1-10            | Szolgáltatás és Menedzsment | Academic journal of manufacturing engineering               | 2011   | ISSN: 1583-7904 |

## 5. DÖNTÉS-ORIENTÁLT FMEA MÓDSZER BEMUTATÁSA

Napjainkra a hibamód és hatáselemzés általánosan alkalmazott technika lett, az üzleti élet széles spektrumát lefedve a terméktervezéstől a minőségbiztosításon keresztül a karbantartás támogatásáig. Kijelenthető, hogy a módszer általános ismertséggel bír a műszaki emberek körében, nagyon gyakran, egyes munkakörökben szinte nap, mint nap alkalmazzák. Éppen ezért a cél egy olyan FMEA módszer kialakítása volt, amelyet a hatékonyság jellemez mind a költségek, mind a minőség, mind pedig az erőforrások allokációja tekintetében.

Nem lehet megkerülni a kérdést, hogy a hibamód és hatáselemzést helyes módszertani megfontolások mellett vezetik-e le, az elemzés meghozza-e a kívánt eredményt és hűen tükrözi-e azt a képet, ami a valóságot elfogadható mértékben megközelíti. Gyakorlati és elméleti szempontból is fontosak azok a kérdések, hogy a hibamód és hatáselemzést egyénileg vagy csoportosan végzik, hogy szubjektív objektív, szintetikus vagy az imént felsoroltak valamilyen közös részeként írható le a tudás, ami dominál az eredmények mögött. Ezen kérdések feszegetése az elemzés szempontjából jelentős, befolyásoló erejük nehezen elvitatható.

Napjainkban a hibamód és hatáselemzés gyakorlati alkalmazása dominánsan csoportmunka keretein belül zajlik. A csoportmunka számos ismert pozitívummal és negatívummal bír az egyéni munkával szemben, de általános esetben a „több szem többet lát” elv mentén a csoportmunka irányába billen a mérleg. A kérdés csupán az, hogy „több szem tényleg többet lát”? A válasz egyértelműen az igaz irányába mutat. A komoly probléma ott gyökerezik, ha a több szem által észlelt jelenségek nem kerülnek, nem kerülhetnek be a közös „tudáskasszába”. Nem elég csupán látni egy jelenséget, biztosítani kell a látottak közös tudásbázisba történő bekerülésének lehetőségét.

A fenti okfejtés egyik végkifejleteként fontos tudatosítani azt a gondolatot, hogy a sikeres, valóságot jól közelítő FMEA elemzés elvégzéséért a csoportmunkát koordináló vezető nagy felelősséggel bír. A közös munkát koordináló vezetőn múlik, hogy milyen típusú, mekkora mennyiségű, milyen minőségű tudás halmozódik fel és képes szintetizálódni a csoportmunka eredményében.

Ma a hibamód és hatáselemzés gyakorlati alkalmazása szomorú képet mutat. A szakemberek kiválóan ismerik magát a módszert, jól ismerik az RPN számot alkotó súlyszámok rendszerét, viszonylag jól tudják értelmezni a súlyosság, gyakoriság, detektálható-

ság, helyenként az egyéb kategóriákhoz tartozó számszerűsített értékeket, de egy ponton komoly hiányosságokat, valamint módszertanilag kártékony torzulásokat láthatunk az általános gyakorlatot megfigyelve.

A hibamód és hatáselemzés egy többtényezős döntési problémára egy megoldási lehetőség. A döntés fókuszában egy rendszer, termék, stb. különböző paramétereinek feljavítása áll, amihez súlyozni kell az értékeléshez azonosított különböző változókat. A többtényezős döntések megoldásában a csoportmunka bizonyíthatóan jobb eredményt ér el az egyéni munkánál. Abban az esetben viszont, ha csoportmunkában zajlik a megoldás keresése, figyelembe kell venni számos szempontot, amelyek a „jó döntés” meghozatalához elengedhetetlenek. Ezek a teljesség igénye nélkül a csoport összetétele, a csoport érettsége, a csoport kiugró elemei, a csoport tudásának eloszlása a tagok között. stb.

A vállalati életben általában pont ezekre a kérdésekre nem jut idő. A DOFMEA módszer azonban nem is követeli meg ezen szempontok érvényesülését. A módszer működik a csoporttagok érdemi munkáját tekintve önállóan is, mialatt a csoport vezetője koordinálhatja a munka előrehaladását. Fontos kiemelni, hogy a DOFMEA-ban nincsenek előre beazonosított skálák, ezáltal a szakértők gondolkodásmódját semmi sem korlátozza, így megszűnnek a tradicionális módszernél felvetett módszertani problémák. A DOFMEA módszer kifejlesztésében éppen ezért a többtényezős döntéseket támogató módszerek (például AHP, KIPA, stb.) felhasználása kifejezetten indokolt. A kutatás során a könnyebb áttekinthetőség és egyszerűbb szerkezet miatt a KIPA módszerre esett a választás, mely módszer eljárásmenetét az 5. lépésig követjük a DOFMEA elemzés során.

## 5.1. A KIPA-MÓDSZER

*„A KIPA módszer a Budapesti Műszaki Egyetem Ipari Üzemgazdaságtan Tanszékén folyó kutatások eredménye és elnevezése a kutatásokat végző szerzők nevének kezdőbetűiből alkotott betűnév: KIndler – PApp. Alapgondolatait tekintve a MARSAN és ELECTRE módszerek logikáját. Alapgondolatait tekintve a MARSAN és ELECTRE módszerek logikáját követi, azonban több eljárás lépéseit lényegesen továbbfejlesztették. A KIPA módszer heterogén komplex rendszerek összemérésére is alkalmas.” (Kindler – Papp, 1977)*

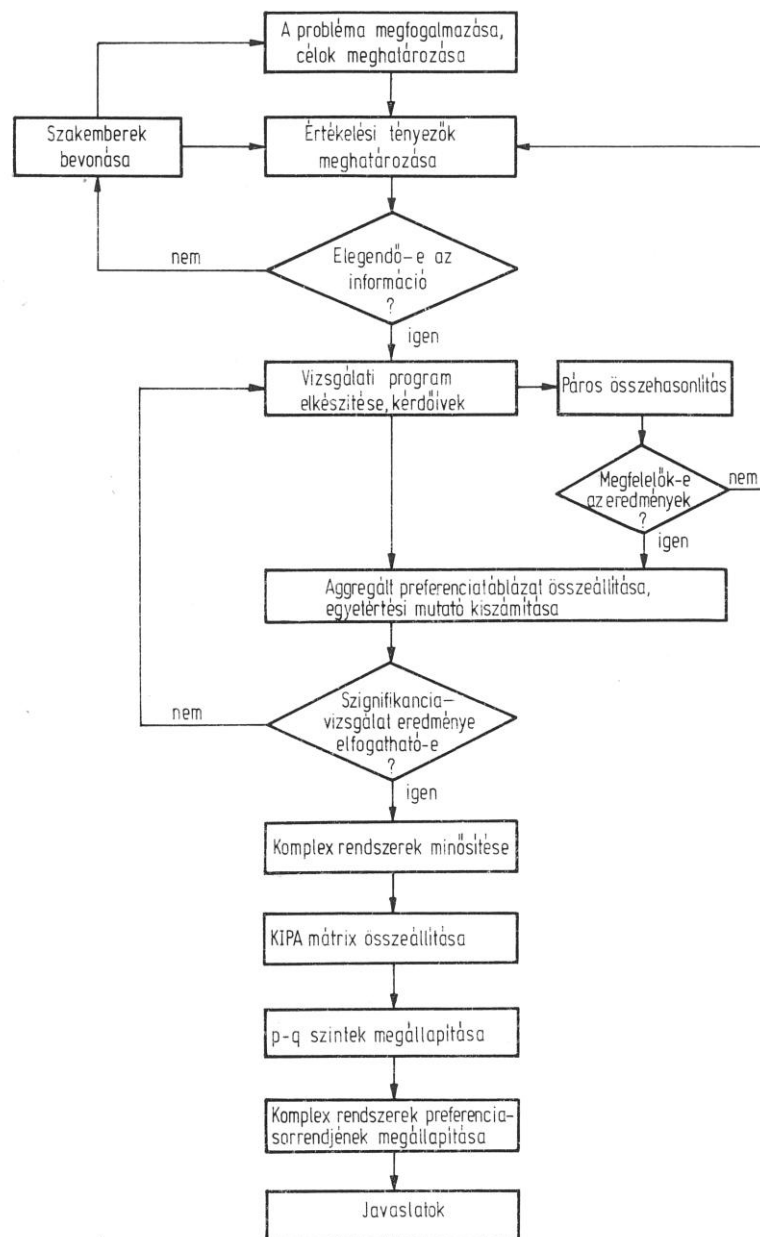
A KIPA módszer gyakorlati használatának tapasztalatai kedvezőek. Ennek valószínű oka az, hogy a módszer logikája világos, az eljárás lépései kidolgozottak és többségük elméletileg is megalapozott. A módszer másik előnye a rugalmassága, vagyis az alapvető logikai felépítés és módszertani elvek megtartásával az egyes eljárások és technikák rugalmasan alakíthatók az adott probléma feltételeihez és körülményeihez. Ennél fogva azt mondhatjuk, hogy a módszernek annyi változata lehetséges, ahány alkalmazása.

A módszer a probléma megfogalmazásával, a célok kijelölésével és az összemérendő komplex rendszerek halmazának meghatározásával indul. Ebben a szakemberek csoportjának szakértői véleményére kell támaszkodni. A szakértői csoport összeállításánál a következő szempontokat kell figyelembe vennünk:

- A csoport legyen reprezentatív, vagyis nem szabad a csoportot egyoldalúan összeállítani.
- A csoport tagjai legyenek függetlenek abban az értelemben, hogy ne legyenek kiteve jelentékeny ellentétes irányú befolyásolásnak.
- A csoport legyen megfelelő nagyságú, hogy az esetleges későbbi kiesések után is megmaradjon összetételében is a csoport reprezentativitása.

A szakértői csoportok legnagyobb szerepe az értékelési tényezők meghatározásában van. Szükségünk van szakemberek kiegészítő, módosító véleményére még akkor is, ha az értékelési tényezők egy részét a szakirodalomból megállapíthatjuk. A szakemberek véleményének megállapításában felhasználhatjuk valamelyik csoportos alkotó technikát.

Az alábbi ábrán a KIPA – módszer folyamatábrája látható:



2. ábra: A KIPA módszer folyamatábrája

Forrás: Kindler – Papp (1977)

Az értékelési tényezőket kritikus figyelemmel kell megszűrni, különös figyelmet fordítva az esetleges szinonimákra, az egyes értékelési tényezők közötti összefüggésekre és az eljárási kezelhetőség szempontjaira. Az értékelési tényezők összegyűjtésének és kritikai vizsgálatának jó eljárását dolgozták ki gépi rendszerekre Kassay módszerében. Megfelelő feltételek esetében használhatjuk a faktoranalízist is. A KIPA módszer gyakorlati alkalmazásai során azonban főként a heurisztikus aggregálást használják tekintettel arra,

hogy sok esetben nem állnak fenn az igényesebb eljárások használatához szükséges feltételek. (Kindler – Papp, 1977)

#### **5.1.1. KIPA-módszer lépései**

A módszer az eddig feltárt összemérési probléma valamennyi információját hasznosítja. A módszer eljárási lépései a következők:

1. Feltételezve, hogy ismerjük az összemérendő komplex rendszerek halmazát, először az értékelési tényezőket kell meghatározni. Ehhez különféle eljárásokat használhatunk (pl.: brainstorming, Pareto-elemzés, Harris-rendszerű felmérés, stb...)
2. Elvégezzük az értékelési tényezők súlyozását. A KIPA módszerben elsősorban a Guilford-féle eljárást használjuk. Ehhez elkészítjük az értékelési tényezőkből alkotható párokat. A párokat véletlenszerűen, vagy a Ross-féle eljárással rendezzük el. Az elkészített preferenciafelmérő íveket kitöltetjük a kiválasztott döntéshozókkal.
3. A kitöltött preferenciaíveket a preferenciátáblázat (gyakorta preferenciamátrixnak is nevezik) segítségével dolgozzuk fel. Kiszámítjuk a konzisztenciamutatókat, majd a konzisztenciamutatók eloszlása nyomán vagy előzetesen megállapított küszöbszám alapján kiszűrjük a nem megfelelő következetességű válaszadók preferenciaíveit.
4. A szűrés után fennmaradt egyedi preferenciátáblázatokat aggregáljuk és kiszámítjuk a Kendall-féle egyetértési együtthatót. Ha az egyetértés mértéke elfogadható, azaz eléri vagy meghaladja a kitűzött kritikus értéket, akkor a Guilford-féle eljárással megállapítjuk az értékelési tényezők súlyszámát.
5. A súlyszámok megállapítása után megszerkesztjük az értékelési tényezők mérésének skáláit.
6. Ezután elkészítjük a KIPA módszer alaptáblázatát, amelyik az összemérendő komplex rendszerek értékelési tényezőként való minősítését, illetve mérését jelenti az előbbi skálákon és a kapott eredmények táblázatos formában való rendezését is.

7. Az alaptáblázatból megállapíthatjuk, hogy a komplex rendszerek között az egyes értékelési tényezők szerint milyenek a preferenciaviszonyok. A komplex rendszerek közötti preferencia-sorrendeket az egyes értékelési tényezők szerint tehát meghatározhatjuk.

A teljesen kitöltött KIPA mátrix szintetizáltan tartalmazza a döntéshez szükséges információkat számszerű formában. (Kindler – Papp, 1977)

#### **5.1.2. A felhasznált módszertan értékelése**

A KIPA módszer alkalmazásának tapasztalatai igencsak kedvezőek. Feltehetően ennek is köszönhető a módszer terjedése az összemérési módszerekkel foglalkozó szakemberek között. A módszer számos nagy előnnyel rendelkezik, melyek a következők:

- A feltárt problémák valamennyi elemét figyelembe veszi.
- Széles körben alkalmazható, jól programozható.
- Kitűnő áttekintést nyújt és valóban rendszerszemléletű.
- Más módszereknél erősebb és az összemérhetőséget expliciten mutatja.
- A kompromisszumok alakulása jól nyomon követhető.

Egyetlen hátránya, hogy az értékelési skálák kidolgozása elméletileg hézagos. Ez további kutatómunkát kíván, amivel feltehetőleg csökkenteni lehet az információvesztést. (Kindler – Papp, 1977)

## 5.2. DOFMEA ELJÁRÁS ALKALMAZÁSÁNAK LÉPÉSEI

A DOFMEA elvi vázlata az alábbiak szerint alakul:

1, Az elemzés tárgyának összeállítása: termék vagy folyamat.

2, Az elemzést végző csoport kialakítása:

Az elemzést végző csoport összeállítását az 5.1. fejezetben (KIPA-módszer) már tárgyalt szabályok szerint érdemes elvégezni, melyek a következők:

- A csoport legyen reprezentatív
- A csoport tagjai legyenek függetlenek
- A csoport legyen megfelelő nagyságú

3, Hibaleltár összeállítása:

Hibának nevezzük, amikor nem, vagy hiányosan teljesül egy funkció. A hibák előfordulhatnak normál működés, használat mellett és különleges esetekben és helyzetekben is. Abból kell kiindulni, hogy a hiba egyáltalán előfordulhat, bár nem okvetlenül fog fellépni. A hibaleltár összeállításához bázisként javasolható a korábbi gyártmányok és más cégek hasonló termékeire vonatkozó gyártási, garanciális, élettartam- és megbízhatósági problémáira vonatkozó minőség információk felhasználása. Gépek esetén felhasználhatók a zavarjelentések, valamint a karbantartási utasítások, tervek is. Figyelembe kell venni azokat a potenciális hibákat is, amelyek változó (esetleg rendkívüli) körülmények között és bizonyos sajátos használati mód esetén fordulnak elő.

4, A hiba lehetséges következményeinek azonosítása:

A hibának minden esetben van következménye. Ez jelentkezhet a következő műveletnél, de a felhasználónál is. Ebben a fázisban fel kell tételezni, hogy a lehetséges hiba bekövetkezett. Következményeit úgy kell értékelni, ahogy azt a felhasználó észlelné. A leírásban félreérthetetlenül kifejezésre kell juttatni a hiba kihatását a rendszerre.

5, A hiba okok feltárása:

A hiba mindig valamilyen tervezési vagy technológiai ok miatt következik be. Egy-egy hibának több oka is lehet. Törekedni kell arra, hogy az összes lehetséges okot feltárjuk. A hiba okokat, amennyire csak lehetséges körül kell írni, hogy a megfelelő ellenintézkedést annak minden nagyságrendű kihatására meg lehessen tenni.

#### 6, Ellenőrzési eszközök és módszerek feltárása:

Az ellenőrzés feladata a hibának, illetve a hiba okának az észlelése. Minden lehetséges, az ellenőrzést szolgáló tevékenységet fel kell sorolni.

#### 7, Páralkotás – Kérdőívezés:

A hibákat – melyet a KIPA módszer értékelési tényezőknek nevez – össze kell gyűjteni, majd Ross (1939) optimális párelrendezésre kifejlesztett módszerével párokba kell rendezni őket. A rendezett párokból preferenciafelmérő íveket készítenünk, majd ezt a páros összehasonlítást elvégeztetjük a csoport tagjaival.

#### 8, Feldolgozás:

A kitöltött preferenciaíveket egy preferenciatáblázat segítségével feldolgozzuk. Kiszámítjuk a konzisztenciamutatókat, mellyel kiszűrhetőek a csoportból a nem megfelelő következetességű válaszadók preferenciaívei.

#### 9, Kiértékelés – RPN szám meghatározás:

A szűrés után fennmaradt egyedi preferenciatáblázatokat aggregáljuk, majd a Guilford-féle (1936) eljárás segítségével, különböző statisztikai és matematikai megfontolásokból elvégzett lépések után meghatározzuk a súlyszámokat. Ezt követően meghatározzuk a beavatkozási küszöbszintet és zárjuk az elemzést a beavatkozás esetén előírt feladatok csatolásával.

A DOFMEA elemzés végterméke szintén RPN szám. Az RPN számok minden jellemzőjünkben azonosak a tradicionális hibamód és hatáselemzés RPN számaival, a minőségi különbség az RPN számok kialakításának folyamatában van.

### 5.3. A DOFMEA MÓDSZER ÉRTÉKELÉSE

A DOFMEA módszernek számos előnye van a tradicionális hibamód és hatáselemzéshez képest. A módszer nagymértékben támogatja a súlyszámok értékéről meghozandó döntést, mind objektív, mind szubjektív valószínűségi kategória fennállása esetén. Nincsenek önkényes, előre meghatározott skálák, így a szakértők gondolkodásmódját nem korlátozza semmi, megszűnnek a döntéstani problémák.

A módszer működik a csoporttagok érdemi munkáját tekintve önállóan is, mialatt a csoport vezetője koordinálhatja a munka előrehaladását. Emellett kevesebb az interakció, mint a tradicionális hibamód és hatáselemzés esetében, hiszen a kezdeti lépéseket leszámítva az elemzés előrehaladtával a csapattagok egyedül dolgoznak. (Páros összehasonlítás)

A DOFMEA kiszűri az elemző csoport adottságaiból fakadó hátrányokat, vagyis nem érvényesülnek a hangadók, nem lehet háttérbe vonulni, megszűnik az ezredes hatás, nem maradhat egyetlen szubjektív megítélés sem a fejekben. A módszer segítségével ki tudjuk szűrni azokat is, akiknek a tudása nem ér el egy minimális szintet az elemzendő objektum, jelenség kapcsán.

Fontos továbbá, hogy az eljárás integrálja a csoport tudását, hiszen nem mindegy, hogy mekkora mennyiségű, milyen minőségű tudás halmozódik fel és képes szintetizálódni a csoportmunka eredményében. A DOFMEA az ellenőrzés lehetőségéből fakadóan mindenkit motivál a feladat elvégzésére, az előzőekben már említett szűrési lehetőség miatt. További előnye még a módszernek, hogy könnyen algoritmizálható, így egy számítógépes program segítségével könnyen, gyorsan elvégezhető.

Hátrányként a módszer időigényességét rónám fel, mivel a DOFMEA hosszadalmas dokumentálása gondot jelenthet, főként akkor, ha nem áll rendelkezésünkre megfelelő számítástechnikai infrastruktúra. Az időegység kapcsán megemlítendő az eljárással járó magasabb költségek, amely egyrészt abból adódik, hogy a módszer időigénye miatt, több munkaórát vesz igénybe az elkészítése, másrészt pedig abból, hogy a szakértői csapat tagjait hosszabb időre vonja ki a termelésből, ez pedig többletköltséggént jelentkezhet.

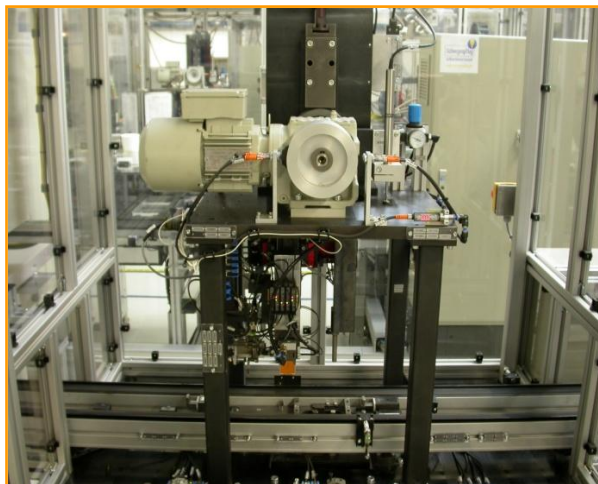
## 6. DOFMEA ALKALMAZÁSÁNAK BEMUTATÁSA EGY VÁLLALATI PÉLDÁN KERESZTÜL

A tanulmány egy vállalati példán keresztül enged betekintést nyerni a módszer alkalmazásába. A kutatásba egy veszprémi székhelyű multinacionális vállalatot sikerült bevonni, amely cég túlnyomórészt tömegszerelésben állítja elő autóiipari termékeit. A vizsgálat során egy automata gyártósori berendezést vettünk górcső alá.

Ez az automata gyártósor ún. sensor clustert gyárt. A sensor cluster – mint az ESP funkcionális egysége – méri a jármű függőleges tengelye körüli elfordulását. Ezen túl továbbítja a jármű mozgása folyamán a hosszirányú és keresztirányú gyorsulási adatokat. Mindezen információkat az ECU a dinamikus menettulajdonságok kiszámításánál, az ESP rendszer szabályzásnál használja fel. Mivel ez egy aktív biztonsági eszköz, így rendkívül fontos a precíz és hibátlan összeszerelés, mivel a szenzor meghibásodása emberéleteket is követelhet.



1. kép: Sensor cluster



2. kép: A vizsgált gyártósori berendezés

A vizsgált berendezés négy alrendszerre bontható, melyek szorosan kapcsolódnak egymáshoz. Mivel a gépsoron tömeges mennyiségben haladnak át a félkész-termékek, már egy műszak alatt is jelentős lehet a termelésekiesés, ha egy kulcsfontosságú elem meghibásodik. A berendezés feladata, hogy a panelt a műanyag házba helyezze, majd bepréselje azt. Ehhez, mint már említettem nagyfokú

precizitás kell nyújtania, mint a félkész-termékek fizikális koordinációját, mind a préseléshez használt erő konstans mértékét illetően. A 2. képen a vizsgált berendezés szemléltetésre alkalmas fotója látható. A kutatás során erre a berendezésre készítettük el a DOFMEA elemzést, melynek menetét a következő fejezetben ismertetem.

### 6.1. A DOFMEA A GYAKORLATBAN

A módszer gyakorlati alkalmazását az 5.2. fejezetben tárgyalt lépések alapján végeztem el. A szakértői csoport összeállításánál a már leírt szempontokat alkalmaztam. A vizsgált gyártósori berendezés karbantartási kérdéseiben a vállalat által releváns tudással rendelkezőnek minősített összes szakembert bevontam az elemzés elvégzésébe. Az elemzésben így 7 fő vett részt: a karbantartás vezető, két karbantartó mérnök, két folyamat mérnök, egy SC gyártósor mérnök és egy senior gyártósor mérnök. Első körben elkészítettük a hibaleltárt, meghatároztuk a hibák lehetséges okait és következményeit. Hogy alaposak legyünk, a hibaleltár összeállításához felhasználtuk a gyártósor karbantartási tervét és karbantartási utasításait, valamint áttanulmányoztuk az elmúlt években generálódott zavarjelentéseket, melyeket az SAP-ből kerestünk vissza a vizsgált berendezésre vonatkozóan.

A vizsgált berendezés esetén relevánsan felmerülő meghibásodások számát a szakértők 55-ben határozták meg. A berendezés elvi dekomponálása műszakilag és megbízhatóság elméleti szempontok alapján lehetséges volt, így négy alrendszeret különítettünk el. A négy alrendszerhez külön-külön köthető meghibásodások száma 17, 15, 14 és 9 voltak. Ezután meghatároztam a létrehozható párokat az alábbi képlet segítségével:

$$m = \frac{n \times (n-1)}{2}, \text{ ahol } m \text{ a létrehozható párok, } n \text{ a hibatípusok számát jelöli.}$$

Az alábbi táblázatban látható egy példa a Ross-féle párlerendezésre, ahol az  $E_i$  jelek az egyes hibatípusokat jelentik.

| 1. | 2. (folyt. 1.) | 3. (folyt. 2.) | 4. (folyt. 3.) |
|----|----------------|----------------|----------------|
| E1 | E1             | E1             | E1             |
| E9 | E2             | E3             | E4             |
| E8 | E9             | E2             | E3             |
| E7 | E8             | E9             | E2             |
| E6 | E7             | E8             | E9             |
| E3 | E4             | E5             | E4             |
| E4 | E5             | E6             | E5             |
| E5 | E6             | E7             | E6             |
| E6 | E7             | E8             | E7             |

3. ábra: Kilenc hibatípus elrendezése a Ross-féle optimális párelrendezés felhasználásával

Forrás: Kindler – Papp (1977)

Mivel az RPN szám három szám szorzataként adódik, ezért mind a gyakoriság, a súlyosság és a detektálhatóság esetére el kell végezni a páros összehasonlítást. A páros összehasonlítás manuálisan és szoftveres támogatás megléte mellett akár digitálisan is elvé-

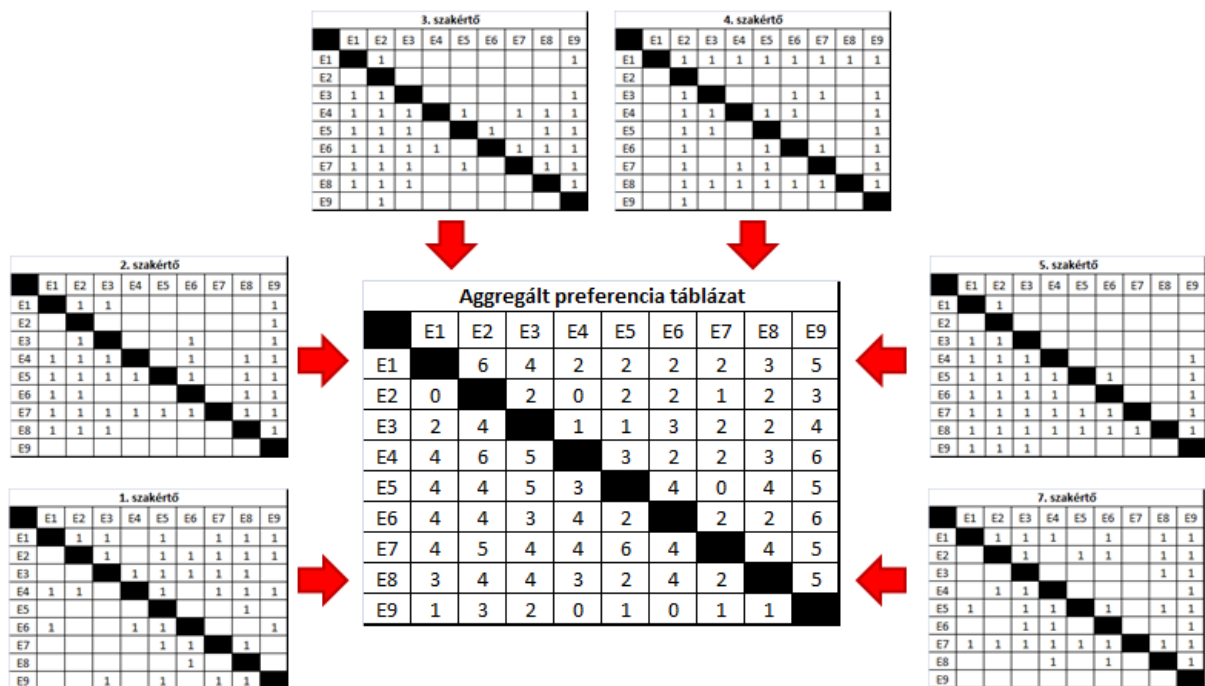
gezhető. A páros összehasonlítás során a párok közül egyértelműen meg kell jelölni az egyiket, mint adott kérdésben relevánsabb, jobb, fontosabb, stb. elemet. Az előző ábrán látott megjelenítés esetén, manuális kitöltés mellett a relációs jel alkalmazása, vagy karikázás lehet az egyértelmű azonosítás módja. A párokba rendezés után az elkészült kérdőíveket átadtam a szakértői csoport tagjainak, melynek kitöltésére 10 munkanap állt rendelkezésükre.

A páros összehasonlítást követően a továbbiakban következő számszerűsíthető paraméterek kalkulálásához mátrixos formába kellett rendezni a párokat, minden egyéni (tehát 7) esetben. A korábban hivatkozott eljárás segítségével megállapítható, az egyéni preferencia mátrixokból, hogy mely, az elemzésben részt vett szakember volt kellően konzisztens az adott kérdésben ahhoz, hogy véleménye figyelembe vehető legyen a további elemzés során. Ezt az alábbi formula alapján számoltam ki:

$$K = 1 - \frac{2+d}{n^2-4n}, \text{ ahol } d \text{ az inkonzisztens körhármasok száma, melyet az alábbi képlet}$$

$$\text{segítségével határozhatunk meg: } d = \frac{n(n-1)(2n-1)}{12} - \frac{\sum a^2}{2}$$

A konzisztencia mutatók kiszámolása után, előzetesen megállapított küszöbszám alapján kiszűrtem a nem megfelelő következetességű válaszadókat, majd a megtartott egyéni preferencia mátrixokat aggregáltam, az alábbi ábrán látható módon.



4. ábra: Az aggregált preferencia táblázat összeállítása

Az ábrán látható, hogy jelen esetben csak hat egyéni preferenciatáblázatból képeztem az aggregált preferencia táblázatot, mivel egy szakértő esetében kimutatható volt, hogy nem konzisztensen alkotta meg a véleményét. Az egyéni preferencia táblázatok céljaiban lévő 1-es jelentése, hogy az adott sorban lévő hibatípus fontosabb az adott oszlopban lévő hibatípusnál az RPN szám valamelyik tényezőjére feltett kérdés esetében.

Az aggregált preferencia táblából nyert információkat – itt most nem részletezett matematikai és statisztikai lépéseket követve – a standardizált normális eloszlás u értékeivé transzformáltam, amihez a standardizált normális eloszlásfüggvény számértékei szolgáltak alapul. A standard normális eloszlású táblázat alapján meghatározott u értékek egyúttal az intervallumskála értékeit is jelentik. Így a folyamat záró lépéseként egy skálatranszformációval 1-10-ig terjedő skálára transzformáltam a kapott értékeket. Amikor mindhárom komponens súlyszámai megvoltak, akkor összeszorozva őket meghatároztam az RPN számokat. Az elvégzett DOFMEA elemzés eredménye a 2. számú mellékletben található meg.

## **6.2. A VIZSGÁLT BERENDEZÉS TRADICIONÁLIS FMEA ELEMZÉSE**

A DOFMEA elemzés végeztével a szakértői csoportot felkértem, hogy végezzék el az FMEA elemzést az általuk alkalmazott módon. Mivel a kutatásba bevont veszprémi autógyártási vállalatnál eltöltött idő során lehetőségem volt betekinteni a gyártási folyamatokba, valamint az általuk alkalmazott FMEA módszer menetébe, így tudtam, hogy adottak a feltételek egy tradicionális FMEA elvégzéséhez.

Autógyártási vállalat révén az FMEA elemzés során 10x10x10 RPN értékeket használnak. A vállalati előírások szerint, tízes pontozású RPN esetén a beavatkozási küszöbérték a 100-as értéknél van.

Tehát,  $RPN = S \times O \times D = 10 \times 10 \times 10 = 1000$ .

A beavatkozási küszöb: 100

Az FMEA módszer során alkalmazott mutatószámok rendszere a következő volt:

Gyakoriság:

A hiba gyakoriságát az alábbi táblázat rangsorolja. Ez általában szubjektív érték, de jelen esetben, mivel a vállalatnál rendelkezésre álltak a priori információk, így az alábbi táblázat már objektív szempontok alapján határozza meg a gyakoriság értékeit.

6. táblázat: A vállalatnál alkalmazott gyakorisági rangsor

| Gyakoriság     | Valószínű hibaarány  | Érték |
|----------------|----------------------|-------|
| Majdnem biztos | Nagyobb, mint 50%    | 10    |
| Majdnem biztos | Nagyobb, mint 33%    | 9     |
| Magas          | Nagyobb, mint 12%    | 8     |
| Magas          | Nagyobb, mint 5%     | 7     |
| Jelentős       | 1/80-nál nagyobb     | 6     |
| Jelentős       | 1/400-nál nagyobb    | 5     |
| Jelentős       | 1/2000-nél nagyobb   | 4     |
| Alacsony       | 1/15000-nél nagyobb  | 3     |
| Kicsi          | 1/150000-nél nagyobb | 2     |
| Nincs          | 1/1500000-nél kisebb | 1     |

Súlyosság:

Az alábbi táblázat a hiba súlyosságát mutatja be rangsorolva, ahol a hiba súlyosságát az állásidőre vonatkozóan kell megadni. Látható, hogy a súlyosság értékei itt objektívnek tekinthetők, mivel pl. az SAP-ből nyerhető információk segítségével könnyen meghatározható a hiba súlyossága.

7. táblázat: A vállalatnál alkalmazott súlyossági rangsor

| Súlyosság       | Állásidő          | Érték |
|-----------------|-------------------|-------|
| Nagyon magas    | Több, mint 24 óra | 10    |
| Nagyon magas    | Több, mint 12 óra | 9     |
| Magas           | Több, mint 6 óra  | 8     |
| Mérsékelt       | 5-6 óra           | 7     |
| Mérsékelt       | 4-5 óra           | 6     |
| Alacsony        | 3-4 óra           | 5     |
| Nagyon alacsony | 2-3 óra           | 4     |
| Kicsi           | 1-2 óra           | 3     |
| Nagyon kicsi    | 0,1-1 óra         | 2     |
| Nincs           | 0-0,5 óra         | 1     |

Detektálhatóság:

A detektálhatóság annak valószínűsége, hogy a hibát a minőség-ellenőrzés feltárja és az nem jut el a vevőhöz. A súlyozásnál az előzőekkel ellentétben fordított rangsorolást alkalmaznak. Mint, ahogy a táblázatból kiolvasható, ez a mérőszám a vállalat esetében szubjektív megfontolásokon alapuló értékeket vesz fel.

8. táblázat: A vállalatnál alkalmazott detektálhatósági rangsor

| Detektálhatóság    | Kritérium                                                             | Érték |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------|
| Majdnem lehetetlen | Nem tudjuk felfedezni a hibát a jelenlegi ellenőrzéssel.              | 10    |
| Nagyon nehéz       | Valószínűleg nem tudjuk felfedezni a hibát a jelenlegi ellenőrzéssel. | 9     |
| Nehéz              | Kis valószínűséggel tudjuk a hibát kiszűrni.                          | 8     |
| Nehéz              | Nem biztosan tudjuk a hibát kiszűrni.                                 | 7     |
| Nehéz              | Nem biztosan tudjuk a hibát kiszűrni.                                 | 6     |
| Közepesen nehéz    | Valószínűleg kiszűrjük a hibát.                                       | 5     |
| Közepesen nehéz    | Valószínűleg kiszűrjük a hibát.                                       | 4     |
| Könnyű             | Nagy valószínűséggel kiszűrjük a hibát.                               | 3     |
| Nagyon könnyű      | Majdnem biztosan kiszűrjük a hibát.                                   | 2     |
| Biztos             | Biztosan kiszűrjük a hibát.                                           | 1     |

A táblázatokat megvizsgálva kitűnik, hogy a vállalatnál már próbálkoztak a RPN számot meghatározó mérőszámok rendszerének objektivizálásával. A gyakoriság és a súlyosság már kimondottan objektív értékeket vesz fel, míg a detektálhatóság értékei még mindig szubjektív megfontolásokon alapulnak.

Az elemzést a szakértői csoport a tradicionális FMEA, előzőekben már tárgyalt lépései szerint végezték el a vizsgált berendezésre, eredménye pedig az 1. számú mellékletben található meg.

### **6.3. A TRADICIONÁLIS FMEA ÉS A DOFMEA ELEMZÉS EREDMÉNYEINEK ÖSSZEHA- SONLÍTÓ VIZSGÁLATA**

A mellékletben található FMEA táblázatokat megvizsgálva az alábbi következtetések vonhatók le a módszerekkel kapcsolatban.

Már első látásra kitűnik, hogy a DOFMEA elemzés eredményei sokkal szigorúbbak a tradicionális FMEA eredményeinél. Ez adódik abból, hogy míg a DOFMEA eljárás alatt minimális az eredmény torzulásának lehetősége, addig a tradicionális hibamód és hatás-elemzésnél rengeteg dolog torzíthatja az eredményt. Ezeket a problémákat a 4. fejezetben részletesen is kifejtettem.

A beavatkozási küszöbérték a 100-as értéknél volt. A táblázatokból kiolvasható, hogy míg a tradicionális hibamód és hatáselemzés csak egyetlen egy esetben, addig a DOFMEA eljárás harminchárom esetben rendelne el azonnali intézkedést. A döntésorien-tált hibamód és hatáselemzéssel kapott eredmény, a vállalat által rendelkezésemre bocsá-tott információk, dokumentumok (pl.: zavarjelentések, karbantartási utasítások, stb.) sze-rint lényegesen realisabb képet fest a vizsgált berendezésről.

Példaként megemlíteném az „Indexbolzen megvezetése elkoszolódott”, valamint a „Gumi tappancs meghibásodott” hibamódot, mely a DOFMEA elemzés során 623 illetve 487 pontot kapott, a tradicionális FMEA 8 és 6 pontjával szemben. Ez az eltérés szintén a tradicionális hibamód és hatáselemzés feltárt gyengeségeiből adódhat. A zavarjelentéseket vizsgálva ez a két hiba viszonylag gyakran előjött és mivel mindkét hiba a gép leállítását okozza, véleményem szerint felül kellene vizsgálni a jelenleg alkalmazott hibamód és ha-táselemzés módszerét.

Logikus megoldás az lenne, ha a vizsgálat során felhasználásra kerülnének az elvég-zett DOFMEA során kapott eredmények is, mert mint az összehasonlításból is kiderül, a döntésorientált hibamód és hatáselemzés döntéstani megalapozottságát tekintve korrek-tebb eredményeket ad, mint a tradicionális FMEA.

## 7. ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen kutatás rá kívánt mutatni arra, hogy a mai versenyhelyzetben egyre fontosabbá váló gondolatra, hogy a gazdasági életben alkalmazott módszereket a lehetőségekhez mérten mindig a legegyszerűbben kell felhasználni és nem szabad visszariadni az egyes módszerek közötti szinergiák keresésétől sem. A bemutatott módszerrel egy teljes rendszer karbantartását is lehet támogatni.

A hibamód és hatáselemzést a döntéshozatali megfontolások bázisán levezetve, jelentős mértékben növelhető az RPN számokban szintetizálódó egyéni vélemények, szubjektív megítélések hozzáadott értéke. A módszer ily módon történő alkalmazása a klasszikus hibamód és hatáselemzéshez képest pont a másik irányból közelíti meg az RPN számok rendszerét. Míg a klasszikus esetben előre definiált jellemzők teljesülése szerint sorolnak be hibatípusokat az egyes kategóriákba, a döntéshozatali alapokon történő megközelítés esetén nincsenek kategóriák, minden súlyszám az egyes hibatípusok többihez viszonyított jellemzői alapján alakul ki. Teszi mindezt az elemzést végző szakemberek maximális bevonása és a nem konzisztens vélemények kiszűrése mellett, ami már önmagában nagy minőségi ugrás, a klasszikus esethez képest.

A kutatás során összegyűjtöttem a témába vágó nemzetközi szakirodalmakat, melyek feldolgozása nagyban segített a tradicionális FMEA eljárás problémáinak feltárásában. A dolgozatban beszámoltam az irodalomkutatás során szerzett tapasztalatokról, majd bemutattam a fejlesztett módszert és annak alkalmazását vállalati környezetben.

Fontos megjegyezni, hogy a dolgozat leadásának pillanatában a módszer kifejlesztése még nem teljesen kész. További kutatást igényel például, hogy a valóságban a berendezések karbantartási szükségletei a DOFMEA vagy a tradicionális FMEA szerint alakulnak tovább. A kutatási eredmények validálása szintén további jelentős méretű kutatásokat kíván majd meg a jövőben.

*Ennek ellenére remélem, hogy a kutatómunkám egy napon új irányvonalat adhat majd a hibamód és hatáselemzést végző szakemberek számára.*

## IRODALOMJEGYZÉK

- Abdul-Nour, G. – Beaudoin, H. – Ouellet, P. – Rochette, R. – Lambert, S. (1998): A reliability based maintenance policy; A case study. (*Computer & Industrial Engineering*, 591-594.o., ISSN 0360-8352)
- Arabian-Hoseynabadi, H. – Oraee, H. – Tavner, P.J. (2010): Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) for wind turbines. (*Electrical Power and Energy Systems*, 817-824.o., ISSN 0142-0615)
- Armitage, G. – Hodgson, I. – Wright, J. – Bailey, K. – Mkhwana, E. (2011): Exploring the delivery of antiretroviral therapy for symptomatic HIV in Swaziland: threats to the successful treatment and safety of outpatients attending. (*BMJ Quality & Safety*, 52-59.o., ISSN 2044-5415)
- Azadeh, A. – Ebrahimipour, V. – Bavar P. (2009): A Pump FMEA Approach to Improve Reliability Centered Maintenance Procedure: The Case of Centrifugal Pumps in Onshore Industry. (*Proceedings of the 6th WSEAS International Conference on fluid mechanics*, 38-45.o., ISSN 1790-5095)
- Bas, E. (2011): An investment plan for preventing child injuries using risk priority number of failure mode and effects analysis methodology and a multi-objective, multi-dimensional mixed 0-1 knapsack model. (*Reliability Engineering and System Safety*, 748-756.o., ISSN 0951-8320)
- Bluvland, Z. – Grabov, P. (2009): Failure Analysis of FMEA. (*Reliability and Maintainability Symposium*, ISSN 0149-144X)
- Bognár Ferenc – Balogh Ágnes – Szentes Balázs – Thurzó Péter (2010): Csoportos döntéshozatali módszerek alkalmazhatósága az FMEA elemzés során. (*A karbantartás kihívása – A tudástőke felértékelődése*, Veszprém, 237-254.o., ISBN 978-963-9696-95-2)
- Bognár Ferenc – Kosztyán Zsolt Tibor – Kiss Judit – Gáspár Miklós (2011): Karbantartási folyamatok tervezése, mint többtényezős döntési probléma!? (*Új utak és kihívások a karbantartásban*, Veszprém, 191-204.o., ISBN 978-615-5044-16-8)
- Boldrin, M. – Lorenzi, A. De – Fiorentin, A. – Grando, L. – Marcuzzi, D. – Peruzzo, S. – Pomaro, N. – Rigto, W. – Serianni, G. (2009): Potential failure mode and effects analysis for the ITER NB injector. (*Fusion Engineering and Design*, 466-469.o., ISSN 0920-3796)
- Boros Tiborné (1998): A korszerű gépkarbantartás elvei és feladatai. (*Üzemfenntartás – Karbantartás*, 1998/2., 3-6.o., ISSN 0209-7281)
- Breiling, A. J. – Kunz, A. M. (2002): Critical consideration and improvement of the FMEA. (*Proceedings of the TMCE 2002*, 519-530.o., ISBN 7560926827)
- Burgazzi, L. (2004): Evaluation of uncertainties related to passive systems performance. (*Nuclear Engineering and Design*, 93-106.o., ISSN 0029-5493)

- Cabral, S. – Santos, F. R. S. dos (2008): FMEA and PMBOK applied to project risk management. (*Journal of Information Systems and Technology Management*, 347-364.o., ISSN 1807-1775)
- Carbone, T. A. – Tippet, D. D. (2004): Project Risk Management Using the Project Risk FMEA. (*Engineering Management Journal*, 28-35.o., ISSN 0960-7919)
- Casamirra, M. - Castiglia, F. - Giardina, M. – Lombardo, C. (2009): Safety studies of a hydrogen refuelling station: Determination of the occurrence frequency of the accidental scenarios. (*International Journal of Hydrogen Energy*, 5846-5854.o., ISSN 0360-3199)
- Cassanelli, G. – Mura, G. – Fantini, F. – Vanzi, M. – Plano, B. (2006): Failure Analysis-assisted FMEA. (*Microelectronics Reliability*, 1795-1799.o., ISSN 0026-2714)
- Ćatić, D. – Arsovski, S. – Jeremić, B. – Glišović, J. (2011): FMEA in product development phase. (*5th International Quality Conference*, 679-686.o., ISSN 1800 – 6450)
- Chang, K. H. (2009): Evaluate the orderings of risk for failure problems using a more general RPN methodology. (*Microelectronics Reliability*, 1586-1596.o., ISSN 0026-2714)
- Chang, K. H. – Wen, T. C. (2010): A novel efficient approach for DFMEA combining 2-tuple and the OWA operator. (*Expert Systems with Applications*, 2362-2370.o., ISSN 0957-4174)
- Chen, L. H. – Ko, W. C. (2009): Fuzzy linear programming models for new product design using QFD with FMEA. (*Applied Mathematical Modelling*, 633-647.o., ISSN: 0307-904X)
- Chen, L. H. – Ko, W. C. (2009): Fuzzy approaches to quality function deployment for new product design. (*Fuzzy Sets and Systems*, 2620-2639.o., ISSN 0165-0114)
- Chin, K. S. – Chan, A. – Yang, J. B. (2007): Development of a fuzzy FMEA based product design system. (*The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 633-649.o., ISSN 0268-3768)
- Chin, K. S. – Wang, Y. M. – Poon, G. K. K. – Yang, J. B. (2009): Failure mode and effects analysis using a group-based evidential reasoning approach. (*Computers & Operations Research*, 1768-1779.o., ISSN 0305-0548)
- Cournoyer, M. E. – Garcia, V. E. – Gallegos, U. F. – Wilburn, D. W. (2010): Investigation of injury/illness data at a nuclear facility. (*Journal of Chemical Health & Safety*, 1-9.o., ISSN 1871-5532)
- Crites, J. W. – Kittinger, S. W. (2009): Use of Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) Methodology in Evaluation of Process Transfer of Ohmic Liftoff from Low-Pressure-Solvent to High-Pressure-NMP Liftoff. (*CS MANTECH Conference*, ISBN 189358013X, 9781893580138)

- Down, Michael – Brozowski, Lawrence – et al. (2008): Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) – Fourth Edition. (General Motors Corporation, ISBN 978-1-60535-136-1)
- Ferber István (1994): Az FMEA – ismeret hozzáférhetővé tétele. (*Minőségirányítás – Műszaki ellenőrzés*, 1999/4., 20-23.o., ISSN 1417-8281)
- Füstös Sándor (1981): A korszerű üzemfenntartás rendszere. (Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 77-80.o., ISBN 963-10-3856-4, ISSN 0324-4210)
- Gaál Zoltán (2001): Általános menedzsment. (Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 2001, VE 1/2001)
- Gaál Zoltán (2003): Tudásbázisú karbantartás. (Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 2003, 9-26.o., 63-110.o., 129-152.o., ISBN 963-9495-19-0)
- Gaál Zoltán – Kovács Zoltán (1999): Megbízhatóság, karbantartás. (Veszprémi Egyetemi Kiadó, 1999, 205-236.o., ISBN 963-7332-26-X)
- Garai Tamás (2000): Az FMEA alkalmazása a megelőző karbantartásban. (*Üzemfenntartás – Karbantartás*, 2000/6., 6-9.o., ISSN 0209-7281)
- Garai Tamás (2002): Megbízhatóságra orientált karbantartás. (*Üzemfenntartás – Karbantartás*, 2002/3., 3-11.o., ISSN 0209-7281)
- Garai Tamás (2002): FMEA: megelőzi a hibákat, fokozza a biztonságot, növeli a vevőelégedettséget. (*Minőségirányítás – Műszaki ellenőrzés*, 2002/8., 33-36.o., ISSN 1417-8281)
- Garai Tamás (2003): FMEA: segédeszköz a projektmenedzsmenthez. (*Minőségirányítás – Műszaki ellenőrzés*, 2003/6., 30-35.o., ISSN 1417-8281)
- Garai Tamás (2004): FMEA a gyártóberendezések tervezésében. (*Minőségirányítás – Műszaki ellenőrzés*, 2004/4., 21-24.o., ISSN 1417-8281)
- Garcia, P. A. A. – Schirru, R. – Frutuoso, P. F. – Melo, E. (2005): A fuzzy data envelopment analysis approach FMEA. (*Progress in Nuclear Energy*, 359-373.o., ISSN 0149-1970)
- Gittlár Ferencné (2002): Az üzemfenntartási ismeretek szerepe a rendelkezésre állás növelésében. (*Üzemfenntartás – Karbantartás*, 2002/12., 23-29.o., ISSN 0209-7281)
- Guimaraes, A. C. F. – Lapa, C. M. F. (2004): Fuzzy FMEA applied to PWR chemical and volume control system. (*Progress in Nuclear Energy*, 191-212.o., ISSN 0149-1970)
- Guimaraes, A. C. F. – Lapa, C. M. F. (2004): Effects analysis fuzzy inference system in nuclear problems using approximate reasoning. (*Annals of Nuclear Energy*, 107-115.o., ISSN 0306-4549)
- Guimaraes, A. C. F. – Lapa, C. M. F. (2006): Hazard and operability study using approximate reasoning in light-water reactors passive systems. (*Nuclear Engineering and Design*, 1256-1263.o., ISSN 0029-5493)

- Guimaraes, A. C. F. – Lapa, C. M. F. (2007): Fuzzy inference to risk assessment on nuclear engineering systems. (*Applied Soft Computing*, 17-28.o., ISSN 1568-4946)
- Hassan, A. – Siadat, A. – Dantan, J. Y. – Martin, P. (2010): Conceptual process planning – an improvement approach using QFD, FMEA, and ABC methods. (*Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 392-401.o., ISSN 0736-5845)
- Hekmatpanah, M. – Fadavinia, A. (2011): The Evaluation and Application of FMEA in Sepahan Oil Co. (*World Academy of Science, Engineering and Technology*, 283-288.o., ISSN 1307-6884)
- Hekmatpanah, M. – Shahin, A. – Ravichandran, N. (2011): The application of FMEA in the oil industry in Iran: The case of four litre oil canning process of Sepahan Oil Company. (*African Journal of Business Management*, 3019-3027.o., ISSN 1993-8233)
- Hu, A. H. – Hsu, C. W. – Kuo, T. C. – Wu, W. C. (2009): Risk evaluation of green components to hazardous substance using FMEA and FAHP. (*Expert Systems with Applications*, 7142-7147.o., ISSN 0957-4174)
- Ionescu, N. – Visan, A. (2011): Methodology of using FMEA in product development. (*Academic Journal of Manufacturing Engineering*, 70-77.o., ISSN 1583-7904)
- Jeon, J. – Hyland, S. – Burns, C. M. – Momtahan, K. (2007): Challenges with applying FMEA to the process for reading labels on injectable drug containers. (*Proceedings of the human factors and ergonomics society - 51st Annual meeting*, 735-739.o., ISSN 0-978-945289-30-2)
- Keskin, G. A. – Ozkan, C. (2008): An Alternative Evaluation of FMEA: Fuzzy ART Algorithm. (*Quality and Reliability Engineering International*, 647-661.o., ISSN 1099-1638)
- Kindler József – Papp Ottó (1977): Komplex rendszerek vizsgálata – Összemérési módszerek. (Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 74-75.o., 103-115.o., 151-174.o., ISBN 963-10-1830-X)
- Kmenta, S. – Ishii, K. (2000): Scenario-Based FMEA: A life cycle cost perspective. (*ASME Design Engineering Technical Conferences*, 1-11.o., ISBN-10 0791835154; ISBN-13 978-0791835159)
- Korayem, M. H. – Iravani, A. (2008): Improvement of 3P and 6R mechanical robots reliability and quality applying FMEA and QFD approaches. (*Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 472-487.o., ISSN 0736-5845)
- Kovács Zoltán (2008): Termelésmenedzsment. (Pannon Egyetemi Kiadó, Veszprém, 251-302.o., 460-471.o., ISBN 963-9220-76-0)
- Krehbiel, T. C. – Eighme, J. E. – Cottell, P. G. (2009): Morgan Systems, Inc.: Application of Six Sigma to the finance function. (*Journal of Accounting Education*, 104-123.o., ISSN 0748-5751)

- Kumar, A. – Poonia, M.P. – Pandel, U. – Jethoo, A.S. (2011): FMEA: Methodology, Design and Implementation in a Foundry. (*International Journal of Engineering Science and Technology*, 5288-5297.o., ISSN 0975-5462)
- Kutlu, A. C. – Ekmekçioğlu, M. (2011): Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP. (*Expert Systems with Applications*, 1-7.o., ISSN 0957-4174)
- Leeuwen, J. F. van – Nauta, M. J. – Kaste, D. de – Odekerken-Rombouts, Y. M. C. F. – Oldenhof, M.T. – Vredenburg, M.J. – Barends, D.M. (2009): Risk analysis by FMEA as an element of analytical validation. (*Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 1085-1087.o., ISSN 0731-7085)
- Liu, H. C. – Liu, L. – Bian, Q. H. – Lin, Q. L. – Dong, N. – Xu, P. C. (2011): Failure mode and effects analysis using fuzzy evidential reasoning approach and grey theory. (*Expert Systems with Applications*, 4403-4415.o., ISSN 0957-4174)
- Liu, H. T. (2009): The extension of fuzzy QFD: From product planning to part deployment. (*Expert Systems with Applications*, 11131-11144.o., ISSN 0957-4174)
- McDermott, Robin E. – Mikulak, Raymond J. – Beauregard, Michael R. (1996): The basics of FMEA. (Productivity Inc., ISBN 0-527-76320-9)
- Namdari, M. – Rafiee, Sh. – Jafari, A. (2011): Using the FMEA method to Optimize fuel consumption in Tillage by Moldboard Plow. (*International Journal of Applied Engineering Research*, 734-742.o., ISSN 0976-4259)
- Parányi György (2001): Minőséget-gazdaságosan. (Műszaki Tankönyvkiadó, Budapest, 127-129.o., 431-487.o., 564-567.o., ISBN 963-16-3033-1, ISSN 1419-4376)
- Parányi György (2004): Az FMEA-ról – Illúziók nélkül célirányosan. (*Magyar Minőség*, XVI. évf. 8. szám 2004/12, 21-26.o., ISSN 1416-9576)
- Parányi György (2004): FMEA – A valószínűsíthető hibák és okainak feltárása. (*Magyar Minőség*, XVI. évf. 8. szám 2004/12, 27-28.o., ISSN 1416-9576)
- Queiroz Souza, R. de – Álvares, A. J. (2008): FMEA and FTA analysis for application of the reliability-centered maintenance methodology: Case study in hydraulic turbines. (*ABCM Symposium Series in Mechatronics - Vol. 3*, 803-812.o., ISBN 978-85-85769-38-3)
- Regazzoni, D. – Russo, D. (2011): TRIZ tools to enhance risk management. (*Procedia Engineering*, 40-51.o., ISSN 1877-7058)
- Rhee, S. J. – Ishii, K. (2003): Using cost based FMEA to enhance reliability and serviceability. (*Advanced Engineering Informatics*, 179-188.o., ISSN 1474-0346)
- Schmidt János (1998): Üzemfenntartás menedzsment. (*Üzemfenntartás – Karbantartás*, 1998/2., 19-24.o., ISSN 0209-7281)
- Schmidt János (1998): A megbízhatóság orientált üzemfenntartás, mint gazdasági tényező. (*Üzemfenntartás – Karbantartás*, 1998/9., 3-8.o., ISSN 0209-7281)

- Seyed-Hosseini, S. M. – Safaei, N. – Asgharpour, M. J. (2006): Reprioritization of failures in a system failure mode and effects analysis by decision making trial and evaluation laboratory technique. (*Reliability Engineering and System Safety*, 872-881.o., ISSN 0951-8320)
- Sharma, R. K. – Kumar, D. – Kumar, P. (2008): Predicting uncertain behavior of industrial system using FM – A practical case. (*Applied Soft Computing*, 96-109.o., ISSN 1568-4946)
- Su, C. T. – Chou, C. J. (2008): A systematic methodology for the creation of Six Sigma projects: A case study of semiconductor foundry. (*Expert Systems with Applications*, 2693-2703.o., ISSN 0957-4174)
- Stamatis, D. H. (2003): Failure and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution. (American Society of Quality, ISBN 0-87389-598-3)
- T&T Quality Engineering Kft. (2008): Hibamód és hatáselemzés (FMEA). (T&T Quality Engineering Kft., Budapest)
- Teoh, P. C. – Case, K. (2004): Failure modes and effects analysis through knowledge modelling. (*Journal of Materials Processing Technology*, 253-260.o., ISSN 0924-0136)
- Thivel, P.-X. – Bultel, Y. – Delpech, F. (2008): Risk analysis of a biomass combustion process using MOSAR and FMEA methods. (*Journal of Hazardous Materials*, 221-231.o., ISSN 0304-3894)
- Varzakas, T. H. – Zakyntinos, I.G. – Arvanitoyannis, S.I. (2010): Application of failure mode and effect analysis (FMEA) and cause and effect analysis in conjunction with ISO2200 to a pistachio processing plant. (*Options Méditerranéennes*, 281-287.o., ISBN-10 2853524396; ISBN-13 978-2853524391)
- Varzakas, T. H. – Zakyntinos, I.G. – Arvanitoyannis, S.I. (2010): Application of failure mode and effect analysis (FMEA) and cause and effect analysis in conjunction with ISO22000 to an almond processing plant. (*Options Méditerranéennes*, 289-297.o., ISBN-10 2853524396; ISBN-13 978-2853524391)
- Wagar, E. A. – Raz, M. – Yasin, B. (2006): Patient Safety Partnership Projects in the Clinical Laboratory. (*American Journal of Clinical Pathology*, S53-S60.o., ISSN 0002-9173)
- Wang, Y. M. – Chin, K. S. – Poon, G. K. K. – Yang, J. B. (2009): Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean. (*Expert Systems with Applications*, 1195-1207.o., ISSN 0957-4174)
- Wang, Y. M. – Chin, K. S. – Poon, G. K. K. – Yang, J. B. (2009): Failure mode and effects analysis by data envelopment analysis. (*Decision Support Systems*, 246-256.o., ISSN 0167-9236)
- Wilkinson, P. (2007): The changing role of physical testing in vehicle development programmes. (*Journal of Terramechanics*, 15-22.o., ISSN 0022-4898)

- Xiao, N. – Huang, H. Z. – Li, Y. – He, L. – Jin, T. (2011): Multiple failure modes analysis and weighted risk priority number evaluation in FMEA. (*Engineering Failure Analysis*, 1162-1170.o., ISSN 1350-6307)
- Xiuxu, Z. – Xiaoli, B. (2010): The Application of FMEA method in the risk management of medical device during the lifecycle. (*2nd International Conference on E-Business and Information System Security*, ISBN 978-1-4244-5895-0)
- Xu, K. – Tang, L.C. – Xie, M. – Ho, S.L. – Zhu, M.L. (2002): Fuzzy Assessment of FMEA for engine systems. (*Reliability Engineering and System Safety*, 17-29.o., ISSN 0951-8320)
- Yang, J. – Huang, H. Z. – He, L. P. – Zhu, S. P. – Wen, D. (2011): Risk Evaluation in Failure Mode and Effects Analysis of Aircraft Turbine Rotor Blades Using Dempster-Shafer Evidence Theory under Uncertainty. (*Engineering Failure Analysis*, 1-30.o., ISSN 1350-6307)
- Zeng, S. X. – Tam, C. M. – Tam, V. W. Y. (2010): Integrating Safety, Environmental and Quality Risks for Project Management Using a FMEA Method. (*Engineering Economics*, 44-52.o., ISSN 1392-2785)
- Zhang, Z. – Chu, X. (2011): Risk prioritization in failure mode and effects analysis under uncertainty. (*Expert Systems with Applications*, 206-214.o., ISSN 0957-4174)

## **MELLÉKLETEK**

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| 1. melléklet: Tradicionális FMEA táblázata..... | 56 |
| 2. melléklet: DOFMEA táblázata .....            | 57 |

| Tradicionális FMEA - Sensorcluster - AG70 Bepréselő (SAP: 701595) |                                                  |                                              |                                            |                                      |                             |           |   |                                             |                                                                        |                                             |                                                         |                  |   |   |    |    |      |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------|---|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------|---|---|----|----|------|
| Continental®<br>TEVES                                             |                                                  |                                              |                                            |                                      |                             |           |   |                                             |                                                                        |                                             |                                                         |                  |   |   |    |    |      |
| Rendszer                                                          | Funkció                                          | Funkcionális hiba<br>(hibajelenség)          | Hibazonosító                               | Hibamód (hiba oka)                   | Következmények              | D         | O | S                                           | RPN                                                                    | Aktuális<br>intézkedések                    | Ajánlott<br>intézkedések                                | Javított állapot |   |   |    |    |      |
| D'                                                                |                                                  |                                              |                                            |                                      |                             |           |   |                                             |                                                                        |                                             |                                                         |                  |   |   | O' | S' | RPN' |
| AG 70 Bepréselő [10]                                              | Palettaemelés [10.10]                            | Palettaemelő nem működik<br>[10.10.10]       | 1                                          | Munkahenger meghibásodott            | Gép leáll                   | 2         | 2 | 2                                           | 8                                                                      | Munkahenger ellenőrzése, javítása           |                                                         |                  |   | 0 |    |    |      |
|                                                                   |                                                  |                                              | 2                                          | Mágnesszelep meghibásodott           | Gép leáll                   | 7         | 1 | 4                                           | 28                                                                     | Mágnesszelep ellenőrzése, javítása          |                                                         |                  |   | 0 |    |    |      |
|                                                                   |                                                  |                                              | 3                                          | Mágnesszelep vezérlése meghibásodott | Gép leáll                   | 8         | 1 | 4                                           | 32                                                                     | Mágnesszelep vezérlés ellenőrzése, javítása |                                                         |                  |   | 0 |    |    |      |
|                                                                   |                                                  |                                              | 4                                          | Fojtószelepek meghibásodtak          | Gép leáll                   | 4         | 2 | 3                                           | 24                                                                     | Fojtószelep ellenőrzése, javítása           |                                                         |                  |   | 0 |    |    |      |
|                                                                   |                                                  |                                              | 5                                          | A megvezetések szorulnak             | Gép leáll                   | 3         | 2 | 4                                           | 24                                                                     | Megvezetések ellenőrzése, tisztítása        |                                                         |                  |   | 0 |    |    |      |
|                                                                   |                                                  |                                              | 6                                          | Palettaérzékelők nem működnek        | Gép leáll                   | 2         | 2 | 2                                           | 8                                                                      | Érzékelők működésének ellenőrzése, javítása |                                                         |                  |   | 0 |    |    |      |
|                                                                   |                                                  |                                              | 7                                          | Munkahenger meghibásodott            | Gép leáll                   | 2         | 2 | 2                                           | 8                                                                      | Munkahenger ellenőrzése, javítása           |                                                         |                  |   | 0 |    |    |      |
|                                                                   |                                                  |                                              | 8                                          | Mágnesszelep meghibásodott           | Gép leáll                   | 7         | 1 | 4                                           | 28                                                                     | Mágnesszelep ellenőrzése, javítása          |                                                         |                  |   | 0 |    |    |      |
|                                                                   |                                                  |                                              | 9                                          | Mágnesszelep vezérlés meghibásodott  | Gép leáll                   | 8         | 1 | 4                                           | 32                                                                     | Mágnesszelep vezérlés ellenőrzése, javítása |                                                         |                  |   | 0 |    |    |      |
|                                                                   |                                                  |                                              | 10                                         | Fojtószelepek meghibásodtak          | Gép leáll                   | 4         | 2 | 3                                           | 24                                                                     | Fojtószelep ellenőrzése, javítása           |                                                         |                  |   | 0 |    |    |      |
|                                                                   |                                                  |                                              | 11                                         | A megvezetések szorulnak             | Gép leáll                   | 3         | 2 | 4                                           | 24                                                                     | Megvezetések ellenőrzése, tisztítása        |                                                         |                  |   | 0 |    |    |      |
|                                                                   |                                                  |                                              | 12                                         | Véghelyzet érzékelő meghibásodott    | Gép leáll                   | 2         | 2 | 2                                           | 8                                                                      | Érzékelő beállítása, cseréje                |                                                         |                  |   | 0 |    |    |      |
|                                                                   |                                                  |                                              | 13                                         | Alsóház steckerméret kicsi           | Selejt termék               | 4         | 1 | 6                                           | 24                                                                     | Alapanyag bemérése                          |                                                         |                  |   | 0 |    |    |      |
|                                                                   | 14                                               |                                              | Alsóház steckere nem megfelelő a házra     | Selejt termék                        | 7                           | 1         | 6 | 42                                          | Alapanyag bemérése                                                     |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   | 15                                               |                                              | Alátámasztó pozíciója nem jó               | Selejt termék                        | 5                           | 1         | 4 | 20                                          | Táplócsapok meglétének ellenőrzése, esetlegesen pótlása                |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   | 16                                               |                                              | Palettakiemelő nem vízszintes              | Selejt termék, Gép leáll             | 7                           | 1         | 8 | 56                                          | Vízszint ellenőrzése a sárgával jelölt helyen, vízszint beállítása     |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   | 17                                               |                                              | Ütközők pozíciója nem megfelelő            | Selejt termék                        | 6                           | 1         | 3 | 18                                          | Ütközők ellenőrzése                                                    |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   |                                                  |                                              |                                            |                                      |                             |           |   |                                             |                                                                        |                                             |                                                         |                  |   |   |    |    |      |
|                                                                   |                                                  | Panelmozgatás [10.20]                        | Nem veszi fel a panelt<br>[10.20.10]       | 1                                    | Panel beszorult a palettába | Gép leáll | 2 | 2                                           | 4                                                                      | 16                                          | Rögzítőfűlek, tartóbakok, csapok ellenőrzése a palettán |                  |   |   | 0  |    |      |
|                                                                   | 2                                                | Panel kimozdult a helyéről                   |                                            | Gép leáll                            | 1                           | 4         | 1 | 4                                           | Rögzítőfűlek, tartóbakok, csapok ellenőrzése a palettán                |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   | 3                                                | Panel kimozdult a helyéről (valahol a soron) |                                            | Gép leáll                            | 1                           | 4         | 1 | 4                                           | Palettaemelők, ütközők, szállítószalagok ellenőrzése az egész soron    |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   | 4                                                | Vákuum generátor meghibásodott               |                                            | Gép leáll                            | 2                           | 3         | 2 | 12                                          | Vákuum generátor ellenőrzése, javítása                                 |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   | 5                                                | Vákuum cső meghibásodott                     |                                            | Gép leáll                            | 4                           | 3         | 2 | 24                                          | Vákuumcső ellenőrzése, javítása/cseréje                                |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   | 6                                                | Gumitappancs meghibásodott                   |                                            | Gép leáll                            | 2                           | 3         | 1 | 6                                           | Gumitappancs ellenőrzése, javítása/cseréje                             |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   | 7                                                | Préselőfej levegőjáratok eltömődtek          |                                            | Gép leáll                            | 4                           | 3         | 2 | 24                                          | Préselőfej levegőjáratok tisztítása                                    |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   | 8                                                | Nem megfelelő felvételi pozíció              |                                            | Gép leáll                            | 5                           | 2         | 4 | 40                                          | Panelmegfogó működésének ellenőrzése; pozíció ellenőrzése, beállítása  |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   | 9                                                | "X"- "Z" munkahenger nem jól működik         |                                            | Selejt termék, Gép leáll             | 3                           | 1         | 4 | 12                                          | Munkahenger ellenőrzése, javítása                                      |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   | 10                                               | Fojtószelepek meghibásodtak                  |                                            | Gép leáll                            | 4                           | 2         | 3 | 24                                          | Fojtószelepek ellenőrzése, javítása/beállítása                         |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   | 11                                               | Mágnesszelepek meghibásodtak                 |                                            | Gép leáll                            | 7                           | 1         | 4 | 28                                          | Mágnesszelep ellenőrzése, javítása                                     |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   | 12                                               | Mágnesszelep vezérlése meghibásodott         |                                            | Gép leáll                            | 8                           | 1         | 4 | 32                                          | Mágnesszelep vezérlés ellenőrzése, javítása                            |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   | 13                                               | Véghelyzet érzékelő meghibásodott            |                                            | Gép leáll                            | 2                           | 2         | 2 | 8                                           | Véghelyzet érzékelők ellenőrzése, javítása/cseréje                     |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   | 14                                               | Pozíciók nem megfelelőek                     |                                            | Selejt termék                        | 2                           | 2         | 3 | 12                                          | Pozíciók beállítása                                                    |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   |                                                  |                                              |                                            |                                      |                             |           |   |                                             |                                                                        |                                             |                                                         |                  |   |   |    |    |      |
|                                                                   | Bepréselés [10.30]                               | Nem préseli be a panelt<br>[10.30.10]        | 1                                          | Motor meghibásodott                  | Gép leáll                   | 1         | 1 | 5                                           | 5                                                                      | Motor ellenőrzése, javítása                 |                                                         |                  |   | 0 |    |    |      |
| 2                                                                 |                                                  |                                              | Motor vezérlése meghibásodott              | Gép leáll                            | 3                           | 1         | 5 | 15                                          | Motor vezérlésének ellenőrzése, javítása                               |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
| 3                                                                 |                                                  |                                              | Érzékelők meghibásodtak                    | Gép leáll                            | 2                           | 2         | 3 | 12                                          | Érzékelők ellenőrzése, javítása                                        |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
| 4                                                                 |                                                  |                                              | Excenter meghibásodott                     | Gép leáll                            | 4                           | 1         | 5 | 20                                          | Excenter ellenőrzése, javítása                                         |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
| 5                                                                 | Lineáris megvezetés meghibásodott                |                                              | Gép leáll                                  | 3                                    | 1                           | 3         | 9 | Lineáris megvezetés ellenőrzése, tisztítása |                                                                        |                                             |                                                         | 0                |   |   |    |    |      |
|                                                                   | Bepréselés minősége nem megfelelő<br>[10.30.20]  | 6                                            | Zászlók meghibásodtak                      | Selejt termék                        | 2                           | 3         | 2 | 12                                          | Zászlók, szarak tisztítása; szükség esetén cseréje                     |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   |                                                  | 7                                            | Optikai szálak meghibásodtak               | Selejt termék, Gép leáll             | 3                           | 3         | 3 | 27                                          | Optikai szálak ellenőrzése, javítása                                   |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   |                                                  | 8                                            | Optikai kiértékelő meghibásodott           | Gép leáll                            | 5                           | 1         | 3 | 15                                          | Optikai kiértékelő egységek ellenőrzése, javítása                      |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   |                                                  | 9                                            | Indexbolzen meghibásodott                  | Selejt termék                        | 1                           | 3         | 1 | 3                                           | Indexbolzen csere; szükség esetén csiszolás                            |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   |                                                  | 10                                           | Alsóház nem vízszintes                     | Selejt termék                        | 6                           | 1         | 4 | 24                                          | Alsóház vízszintesességének ellenőrzése, beállítása                    |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   |                                                  | 11                                           | Bepréselő fej pozíciója nem jó             | Selejt termék                        | 6                           | 1         | 5 | 30                                          | Bepréselő fej pozíciójának ellenőrzése, beállítása                     |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   |                                                  | 12                                           | Alapanyag nem jó                           | Selejt termék                        | 8                           | 1         | 6 | 48                                          | Alapanyag ellenőrzése                                                  |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   |                                                  | 13                                           | Fojtószelepek meghibásodtak                | Gép leáll                            | 4                           | 2         | 3 | 24                                          | Fojtószelepek ellenőrzése, javítása; pozicionálási sebesség beállítása |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   |                                                  | 14                                           | Indexbolzen megvezetése elkoszolódott      | Selejt termék, Gép leáll             | 2                           | 4         | 1 | 8                                           | Indexbolzen megvezetésének tisztítása                                  |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   |                                                  | 15                                           | Rugók meghibásodtak                        | Gép leáll                            | 3                           | 3         | 2 | 18                                          | Rugók ellenőrzése, kivágott alsóházzal próbák elvégzése                |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
|                                                                   |                                                  |                                              |                                            |                                      |                             |           |   |                                             |                                                                        |                                             |                                                         |                  |   |   |    |    |      |
|                                                                   |                                                  | Út és erőmérés [10.40]                       | Út-erőmérő rendszer nem működik [10.40.10] | 1                                    | Számtógép meghibásodik      | Gép leáll | 1 | 1                                           | 8                                                                      | 8                                           | Számtógép ellenőrzése, javítása; alkatrészek cseréje    |                  |   |   | 0  |    |      |
| 2                                                                 |                                                  |                                              |                                            | Monitor meghibásodik                 | Gép leáll                   | 2         | 1 | 8                                           | 16                                                                     | Monitor ellenőrzése, javítása               |                                                         |                  |   | 0 |    |    |      |
| 3                                                                 |                                                  |                                              |                                            | Mérőkártya meghibásodik              | Gép leáll                   | 5         | 2 | 9                                           | 90                                                                     | Mérőkártya ellenőrzése, javítása            |                                                         |                  |   | 0 |    |    |      |
| 4                                                                 |                                                  |                                              |                                            | Útmérő meghibásodik (nem mér)        | Selejt termék, Gép leáll    | 6         | 1 | 8                                           | 48                                                                     | Útmérő ellenőrzése, javítása                |                                                         |                  |   | 0 |    |    |      |
| 5                                                                 | Útmérő pontatlanul mér                           |                                              |                                            | Selejt termék                        | 8                           | 2         | 8 | 128                                         | Útmérő ellenőrzése, beállítása                                         |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
| 6                                                                 | Erőmérő meghibásodik (nem mér)                   |                                              |                                            | Selejt termék, Gép leáll             | 7                           | 1         | 8 | 56                                          | Erőmérő ellenőrzése, javítása                                          |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
| 7                                                                 | Erőmérő pontatlanul mér                          |                                              |                                            | Selejt termék                        | 8                           | 1         | 8 | 64                                          | Erőmérő ellenőrzése, beállítása                                        |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
| 8                                                                 | Bus rendszer meghibásodik                        |                                              |                                            | Gép leáll                            | 1                           | 2         | 5 | 10                                          | Bus rendszer ellenőrzése, újraindítása                                 |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |
| 9                                                                 | Út- és erőmérő (kiértékelő) program meghibásodik |                                              |                                            | Selejt termék, Gép leáll             | 8                           | 1         | 8 | 64                                          | Windows/program újraindítása; újrategyeleltetés                        |                                             |                                                         |                  | 0 |   |    |    |      |

| DOFMEA - Sensorcluster - AG70 Bepréslő (SAP: 701595) |                                                  |                                             |                                   |                                                   |                                             |                             |                               |           |     |                                                                        |                          |                                                         |                                                      |    |      |  |   |   |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------|-----|------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----|------|--|---|---|
| Continental®<br>TEVES                                |                                                  |                                             |                                   |                                                   |                                             |                             |                               |           |     |                                                                        |                          |                                                         |                                                      |    |      |  |   |   |
| Rendszer                                             | Funkció                                          | Funkcionális hiba<br>(hibajelenség)         | Hibazonosító                      | Hibamód (hiba oka)                                | Következmények                              | D                           | O                             | S         | RPN | Aktuális<br>intézkedések                                               | Ajánlott<br>intézkedések | Javított állapot                                        |                                                      |    |      |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             |                                   |                                                   |                                             |                             |                               |           |     |                                                                        |                          | D'                                                      | O'                                                   | S' | RPN' |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             |                                   |                                                   |                                             |                             |                               |           |     |                                                                        |                          |                                                         |                                                      |    |      |  |   |   |
| AG 70 Bepréslő [10]                                  | Palettaemelés [10.10]                            | Palettaemelő nem működik<br>[10.10.10]      | 1                                 | Munkahenger meghibásodott                         | Gép leáll                                   | 4,9                         | 4,1                           | 10        | 201 | Munkahenger ellenőrzése, javítása                                      |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 2                                 | Mágnesszelep meghibásodott                        | Gép leáll                                   | 10                          | 2,5                           | 4,3       | 108 | Mágnesszelep ellenőrzése, javítása                                     |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 3                                 | Mágnesszelep vezérlése meghibásodott              | Gép leáll                                   | 8,7                         | 2,7                           | 4,3       | 101 | Mágnesszelep vezérlés ellenőrzése, javítása                            |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 4                                 | Fojtószelepek meghibásodtak                       | Gép leáll                                   | 6,1                         | 5,7                           | 4,5       | 156 | Fojtószelep ellenőrzése, javítása                                      |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 5                                 | A megvezetések szorulnak                          | Gép leáll                                   | 2,8                         | 6,1                           | 8,7       | 149 | Megvezetések ellenőrzése, tisztítása                                   |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 6                                 | Palettaérzékelők nem működnek                     | Gép leáll                                   | 1,5                         | 9,5                           | 5,4       | 77  | Érzékelők működésének ellenőrzése, javítása                            |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 7                                 | Munkahenger meghibásodott                         | Gép leáll                                   | 3,7                         | 3,3                           | 9         | 110 | Munkahenger ellenőrzése, javítása                                      |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 8                                 | Mágnesszelep meghibásodott                        | Gép leáll                                   | 8,7                         | 1,4                           | 4,5       | 55  | Mágnesszelep ellenőrzése, javítása                                     |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 9                                 | Mágnesszelep vezérlés meghibásodott               | Gép leáll                                   | 7                           | 1                             | 4,3       | 30  | Mágnesszelep vezérlés ellenőrzése, javítása                            |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 10                                | Fojtószelepek meghibásodtak                       |                                             | 7,8                         | 4,4                           | 3,4       | 117 | Fojtószelep ellenőrzése, javítása                                      |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 11                                | A megvezetések szorulnak                          | Gép leáll                                   | 4,9                         | 5,2                           | 6,2       | 158 | Megvezetések ellenőrzése, tisztítása                                   |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 12                                | Véghelyzet érzékelő meghibásodott                 | Gép leáll                                   | 1                           | 7,3                           | 5,6       | 41  | Érzékelő beállítása, cseréje                                           |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 13                                | Alsóház steckerméret kicsi                        | Selejt termék                               | 4,5                         | 9,5                           | 1         | 43  | Alapanyag bemérése                                                     |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 14                                | Alsóház steckere nem megfelelőes a házra          | Selejt termék                               | 7,4                         | 10                            | 5,2       | 385 | Alapanyag bemérése                                                     |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 15                                | Alátámasztó pozíciója nem jó                      | Selejt termék                               | 4,5                         | 7,3                           | 3,8       | 125 | Táplócsapok meglétének ellenőrzése, esetlegesen pótlása                |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 16                                | Palettakiemelő nem vízszintes                     | Selejt termék, Gép leáll                    | 7,8                         | 9,8                           | 7,3       | 558 | Vízszint ellenőrzése a sárgával jelölt helyen, vízszint beállítása     |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 17                                | Ütközők pozíciója nem megfelelő                   | Selejt termék                               | 6,1                         | 6,8                           | 4,1       | 170 | Ütközők ellenőrzése                                                    |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | Panelmozgatás<br>[10.20]          | Nem veszi fel a panelt<br>[10.20.10]              | 1                                           | Panel beszorult a palettába | Gép leáll                     | 3,6       | 6,1 | 3,3                                                                    | 73                       | Rögzítőfűlek, tartóbakok, csapok ellenőrzése a palettán |                                                      |    |      |  | 0 |   |
| 2                                                    | Panel kimozdult a helyéről                       |                                             |                                   |                                                   | Gép leáll                                   | 1,0                         | 7,7                           | 4,0       | 31  | Rögzítőfűlek, tartóbakok, csapok ellenőrzése a palettán                |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
| 3                                                    | Panel kimozdult a helyéről (valahol a soron)     |                                             |                                   |                                                   | Gép leáll                                   | 2,6                         | 8,9                           | 4,4       | 102 | Palettaemelők, ütközők, szállítószalagok ellenőrzése az egész soron    |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
| 4                                                    | Vákuum generátor meghibásodott                   |                                             |                                   |                                                   | Gép leáll                                   | 10,0                        | 1,8                           | 1,8       | 32  | Vákuum generátor ellenőrzése, javítása                                 |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
| 5                                                    | Vákuum cső meghibásodott                         |                                             |                                   |                                                   | Gép leáll                                   | 9,5                         | 3,5                           | 1,0       | 33  | Vákuumcső ellenőrzése, javítása/cseréje                                |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
| 6                                                    | Gumitappancs meghibásodott                       |                                             |                                   |                                                   | Gép leáll                                   | 6,3                         | 10,0                          | 7,7       | 487 | Gumitappancs ellenőrzése, javítása/cseréje                             |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
| 7                                                    | Préseelőfej levegőjáratok eltömődtek             |                                             |                                   |                                                   | Gép leáll                                   | 8,1                         | 4,5                           | 2,2       | 78  | Préseelőfej levegőjáratok tisztítása                                   |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
| 8                                                    | Nem megfelelő felvételi pozíció                  |                                             |                                   |                                                   | Gép leáll                                   | 5,9                         | 6,2                           | 8,1       | 296 | Panelmegfogó működésének ellenőrzése; pozíció ellenőrzése, beállítása  |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
| 9                                                    | "X"- "Z" munkahenger nem jól működik             |                                             |                                   |                                                   | Selejt termék, Gép leáll                    | 7,2                         | 3,8                           | 10,0      | 276 | Munkahenger ellenőrzése, javítása                                      |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
| 10                                                   | Fojtószelepek meghibásodtak                      |                                             |                                   |                                                   | Gép leáll                                   | 8,1                         | 4,6                           | 5,8       | 216 | Fojtószelepek ellenőrzése, javítása/beállítása                         |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
| 11                                                   | Mágnesszelepek meghibásodtak                     |                                             |                                   |                                                   | Gép leáll                                   | 8,6                         | 1,0                           | 5,8       | 50  | Mágnesszelep ellenőrzése, javítása                                     |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
| 12                                                   | Mágnesszelep vezérlése meghibásodott             |                                             |                                   |                                                   | Gép leáll                                   | 10,0                        | 1,2                           | 4,8       | 55  | Mágnesszelep vezérlés ellenőrzése, javítása                            |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
| 13                                                   | Véghelyzet érzékelő meghibásodott                |                                             |                                   |                                                   | Gép leáll                                   | 3,6                         | 5,6                           | 6,2       | 125 | Véghelyzet érzékelők ellenőrzése, javítása/cseréje                     |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
| 14                                                   | Pozíciók nem megfelelőek                         |                                             |                                   |                                                   | Selejt termék                               | 6,8                         | 5,8                           | 9,2       | 362 | Pozíciók beállítása                                                    |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             |                                   |                                                   |                                             |                             |                               |           |     |                                                                        |                          |                                                         |                                                      |    |      |  |   |   |
|                                                      | Bepréslés [10.30]                                |                                             |                                   |                                                   | Nem préseel be a panelt<br>[10.30.10]       | 1                           | Motor meghibásodott           | Gép leáll | 2,6 | 1                                                                      | 3,1                      | 8                                                       | Motor ellenőrzése, javítása                          |    |      |  |   | 0 |
|                                                      |                                                  |                                             |                                   |                                                   |                                             | 2                           | Motor vezérlése meghibásodott | Gép leáll | 8,9 | 1,6                                                                    | 6,3                      | 90                                                      | Motor vezérlésének ellenőrzése, javítása             |    |      |  |   | 0 |
|                                                      |                                                  | 3                                           | Érzékelők meghibásodtak           | Gép leáll                                         |                                             | 3,1                         | 5,4                           | 7,3       | 122 | Érzékelők ellenőrzése, javítása                                        |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  | 4                                           | Excenter meghibásodott            | Gép leáll                                         |                                             | 2,6                         | 1,5                           | 3,1       | 12  | Excenter ellenőrzése, javítása                                         |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  | 5                                           | Lineáris megvezetés meghibásodott | Gép leáll                                         |                                             | 10                          | 4,2                           | 9,5       | 399 | Lineáris megvezetés ellenőrzése, tisztítása                            |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  | Bepréslés minősége nem megfelelő [10.30.20] | 6                                 | Zászlók meghibásodtak                             | Selejt termék                               | 4,1                         | 7,7                           | 6,8       | 215 | Zászlók, szárak tisztítása; szükség esetén cseréje                     |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 7                                 | Optikai szálak meghibásodtak                      | Selejt termék, Gép leáll                    | 5                           | 5,9                           | 8,9       | 263 | Optikai szálak ellenőrzése, javítása                                   |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 8                                 | Optikai kiértékelő meghibásodott                  | Gép leáll                                   | 1                           | 3,6                           | 1         | 4   | Optikai kiértékelő egységek ellenőrzése, javítása                      |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 9                                 | Indexbolzen meghibásodott                         | Selejt termék                               | 5,5                         | 7,4                           | 10        | 407 | Indexbolzen csere; szükség esetén csiszolás                            |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 10                                | Alsóház nem vízszintes                            | Selejt termék                               | 6                           | 5,1                           | 4,7       | 144 | Alsóház vízszintesességének ellenőrzése, beállítása                    |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 11                                | Bepréslő fej pozíciójának ellenőrzése, beállítása | Selejt termék                               | 4,5                         | 5,7                           | 4,7       | 121 | Bepréslő fej pozíciójának ellenőrzése, beállítása                      |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 12                                | Alapanyag nem jó                                  | Selejt termék                               | 4,5                         | 6,3                           | 3,7       | 105 | Alapanyag ellenőrzése                                                  |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 13                                | Fojtószelepek meghibásodtak                       | Gép leáll                                   | 8,4                         | 4,4                           | 1         | 37  | Fojtószelepek ellenőrzése, javítása; pozicionálási sebesség beállítása |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 14                                | Indexbolzen megvezetése elkoszolódott             | Selejt termék, Gép leáll                    | 7                           | 10                            | 8,9       | 623 | Indexbolzen megvezetésének tisztítása                                  |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             | 15                                | Rugók meghibásodtak                               | Gép leáll                                   | 9,5                         | 6,4                           | 7,3       | 444 | Rugók ellenőrzése, kivágott alsóházzal próbák elvégzése                |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             |                                   |                                                   |                                             |                             |                               |           |     |                                                                        |                          |                                                         |                                                      |    |      |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             |                                   | Út és erőmérés<br>[10.40]                         | Út- erőmérő rendszer nem működik [10.40.10] | 1                           | Számlógép meghibásodik        | Gép leáll | 2,0 | 6,7                                                                    | 5,6                      | 76                                                      | Számlógép ellenőrzése, javítása; alkatrészek cseréje |    |      |  |   | 0 |
| 2                                                    | Monitor meghibásodik                             | Gép leáll                                   |                                   |                                                   |                                             | 1,0                         | 2,2                           | 1,0       | 2   | Monitor ellenőrzése, javítása                                          |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
| 3                                                    | Mérőkártya meghibásodik                          | Gép leáll                                   |                                   |                                                   |                                             | 7,0                         | 4,5                           | 9,0       | 285 | Mérőkártya ellenőrzése, javítása                                       |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
| 4                                                    | Útmérő meghibásodik (nem mér)                    | Selejt termék, Gép leáll                    |                                   |                                                   |                                             | 5,0                         | 8,3                           | 2,6       | 107 | Útmérő ellenőrzése, javítása                                           |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
| 5                                                    | Útmérő pontatlanul mér                           | Selejt termék                               |                                   |                                                   |                                             | 10,0                        | 7,6                           | 6,9       | 525 | Útmérő ellenőrzése, beállítása                                         |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
| 6                                                    | Erőmérő meghibásodik (nem mér)                   | Selejt termék, Gép leáll                    |                                   |                                                   |                                             | 1,0                         | 7,0                           | 5,2       | 37  | Erőmérő ellenőrzése, javítása                                          |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
| 7                                                    | Erőmérő pontatlanul mér                          | Selejt termék                               |                                   |                                                   |                                             | 8,0                         | 10,0                          | 7,3       | 580 | Erőmérő ellenőrzése, beállítása                                        |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
| 8                                                    | Bus rendszer meghibásodik                        | Gép leáll                                   |                                   |                                                   |                                             | 8,0                         | 7,0                           | 6,5       | 361 | Bus rendszer ellenőrzése, újraindítása                                 |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
| 9                                                    | Út- és erőmérő (kiértékelő) program meghibásodik | Selejt termék, Gép leáll                    |                                   |                                                   |                                             | 3,0                         | 1,0                           | 10,0      | 30  | Windows/program újraindítása; újratelepítés                            |                          |                                                         |                                                      |    | 0    |  |   |   |
|                                                      |                                                  |                                             |                                   |                                                   |                                             |                             |                               |           |     |                                                                        |                          |                                                         |                                                      |    |      |  |   |   |