Doktori (PhD) értekezés

Soproni Egyetem

Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar

Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola

Vezető: Prof. Dr. Németh Róbert

Doktori program: Menedzsment a faiparban

Tudományág: anyagtudomány és technológiák

DIGITÁLIS ÁTÁLLÁS LEHETŐSÉGEI A MAGYAR FAIPARI VÁLLALATOKNÁL, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A GYÁRTÁSOPTIMALIZÁCIÓRA

Készítette: Suriné Lengyel Veronika

Témavezetők: Dr. Magoss Endre és Dr. Kocsis Zoltán

Sopron

2022.

DIGITÁLIS ÁTÁLLÁS LEHETŐSÉGEI A MAGYAR FAIPARI VÁLLALATOKNÁL, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A GYÁRTÁSOPTIMALIZÁCIÓRA

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében
a Soproni Egyetem Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák
Doktori Iskolája

Menedzsment a faiparban programja

Írta:
Suriné Lengyel Veronika

Készült a Soproni Egyetem Cziráki József Doktori Iskola programja keretében

Témavezető: Dr. Magoss Endre
Elfogadásra javaslom (igen / nem)
(aláírás)

Témavezető: Dr. Kocsis Zoltán
Elfogadásra javaslom (igen / nem)
(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton …..... % -ot ért el,

Sopron, …..... …….....
a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen /nem)

Első bíráló (Dr. …..... ….....) igen /nem
(aláírás)

Második bíráló (Dr. …..... ….....) igen /nem
(aláírás)

(Esetleg harmadik bíráló (Dr. …..... ….....) igen /nem
(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján….....% - ot ért el

Sopron,

……..
a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése….....

……..
Az EDHT elnöke

NYILATKOZAT

Alulírott Suriné Lengyel Veronika, jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a(z) **Digitális átállás lehetőségei a magyar faipari vállalatoknál, különös tekintettel a gyártásoptimalizációra** című PhD értekezésem önálló munkám, az értekezés készítése során betartottam a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. törvény szabályait, valamint a Soproni Egyetem Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola által előírt, a doktori értekezés készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében.[1]

Kijelentem továbbá, hogy az értekezés készítése során az önálló kutatómunka kitétel tekintetében témavezető(i)met, illetve a programvezetőt nem tévesztettem meg.

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy az értekezést nem magam készítettem, vagy az értekezéssel kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Soproni Egyetem megtagadja az értekezés befogadását.

Az értekezés befogadásának megtagadása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Sopron, 2022.11.03

……..

doktorandusz

[1] 1999. évi LXXVI. tv. 34. § (1) A mű részletét – az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven – a forrás, valamint az ott megjelölt szerző megnevezésével bárki idézheti.
36. § (1) Nyilvánosan tartott előadások és más hasonló művek részletei, valamint politikai beszédek tájékoztatás céljára – a cél által indokolt terjedelemben – szabadon felhasználhatók. Ilyen felhasználás esetén a forrást – a szerző nevével együtt – fel kell tüntetni, hacsak ez lehetetlennek nem bizonyul.

Tartalomjegyzék:

Idegen kifejezések és rövidítések jegyzéke 3

Kivonat 5

Abstract 6

1. Bevezetés 7

1.1. A téma jelentősége 7

1.2. A választott téma indoklása 8

1.3. Célkitűzéseim 9

2. A témával összefüggő szakirodalmi áttekintés 10

2.1. Makroszintű összehasonlító elemzés 10

2.1.1. Boston Consulting Group (BCG) - Ipar 4.0 előrehaladás mértékének vizsgálata 10

2.1.2. World Economic Forum (WEF) 11

„The Global Competitiveness Report" - Globális versenyképeségi index [8] 11

2.1.3. Roland Berger Index – országok közötti összehasonlítás [9] 12

2.2. Micro szintű összehasonlító elemzés 13

2.2.1. Roland Berger European Industry 4.0 Readiness Index - vállalatok közötti összehasonlítás 13

2.2.2. Capgemini Maturity Modell – digitális érettség összehasonlítása 13

2.2.3. Fraunhofer Kutatás - termelési terület vizsgálata 15

2.2.4. VDMA (Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten) - érettségi modell 15

2.2.5. Dr. Viharos Zsolt János és szerzőtársai nem összehasonlító Ipar 4.0 érettség felmérése 16

2.3. Célkitűzések a szakirodalmi adatok tükrében 17

2.3.1. KPMG (Klynveld Peat Marwick Goerdeler cég) holisztikus felmérése 17

2.3.2. IFKA (Iparfejlesztési Közhasznú Nonprofit Kft.) - önértékelési modell 18

2.3.3. NTP (Nemzeti Technológiai Platform) felmérése 19

2.3.4. McKinsey modell [18] 20

3. Kiindulási adatok, fogalmak 21

3.1. Mi az Ipar 4.0? 21

3.2. Az Ipar 4.0 gyakorlati megvalósítása 22

3.3. Mi a folyamatszervezés? 23

4. A kutatás módszertana 27

4.1. Működési adatok 29

4.2. Munkatársak tevékenysége 29

4.3. Géppark 30

4.4. Potenciál azonosítás 30

4.5. A módszertan kiválasztása 32

5. Kutatási eredmények és kiértékelésük 34

5.1. Gyártás vizualizáció 37

5.2. Ellátási lánc kollaboráció 42

5.3. Ellátási lánc-, készlet- és termeléstervezés optimalizálás, vizualizáció 45

5.4. Karbantartás 47

5.5. Big Data megoldások 51

5.6. Energiamanagement 53

5.7. Robotizálás, automatizálhatóság 55
5.8. Kissorozatú gyártást támogatását célzó megoldások 57
5.9. IoT rendszerek (Internet of Things) 59
5.10. Általános észrevételek 61
6. A mintagyár 64
6.1. A ROTO cég 64
6.2. A TPM (Total Productive Maintenance) 65
6.3. TPM alapok 67
6.4. A TPM pillérei 69
6.5. A T-kártya rendszer 70
6.6. Az OEE (Overall Equipment Effectiveness) 70
6.6.1. Rendelkezésre állás 73
6.6.2. Sebesség 74
6.6.3. Minőség 74
7. Mintagyári adatok és kiértékelésük 75
7.1. Az Ipar 4.0 kutatás kiértékelése a Roto-nál 75
7.2. A Mintagyári állásidő adatok kiértékelése 76
7.2.1. Az OEE számítása 76
7.2.2. A géphibák alakulása 80
7.2.3. A géphiba-trend alakulásának magyarázata 81
7.2.4. A szerszámhibák alakulása 83
7.3. A folyamatos javítások időszaka 85
7.4. TPM vs. Ipar 4.0 86
8. Összefoglalás, tézisek 90
Köszönetnyilvánítás 92
Felhasznált irodalom 93
Ábrák jegyzéke 96
1. számú Melléklet 98

Idegen kifejezések és rövidítések jegyzéke

AV	Advanced Planning, fejlett tervezés
AGV	Automatic Guided Vehicle, automatikus irányítású jármű
A	Availability, rendelkezésre állás (OEE-nél)
BCG	Boston Consulting Group
BI	Business Intelligence -Vállalatot átfogó adatokon alapuló döntési rendszer
Big Data	Nagy mennyiségű adat
BME	Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
CAD	Computer Aided Design, számítógéppel segített tervezés
CRP	Capacity Requirements Planning, kapacitás szükséglet tervező rendszer
DVSM	Dinamic Value Stream Mapping, szimulált értékáram térképezés
EDI	Electronic Data Interchange, elektronikus adatcsere
ERP	Enterprise resource planning, vállalati erőforrás tervezés
Fact. IT network	Vállalati számítógépes hálózat
GDP	Gross domestic product, bruttó hazai termék
IFKA	Iparfejlesztési Közhasznú Nonprofit Kft.
IoT	Internet of Things, dolgok internete
Ipar 4.0	A termelési folyamatok hatékony szervezése
ICT	Információ és Kommunikáció Technológia
IT	Információ technológia
IVSZ	Informatikai, Távközlési és Elektronikai Vállalkozások Szövetsége
K+F+I	Kutatás + Fejlesztés + Innováció
KKV	Kis- és Középvállalkozás
KPMG	Klynveld Peat Marwick Goerdeler - cég
M2M	Machinet to Machine, gép-gép kommunikáció
MES -	Manufacturing Execution System, termelés felügyeleti rendszer
NTP	Nemzeti Technológiai Platform - szövetség
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development, Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet
OEE	Overall Equipment Efficiency, géphatékonysági mutató
P	Performance, teljesítmény vagy sebesség (OEE-nél)
PLC	Programmable logic controller, programozható logikai kontroller
PLM	Product Lifecycle Management, termékéletgörbe menedzsment
QKL	Qualität Kost Lieferservice, Minőség Költség Szállító képesség

Q	Quality, minőség (OEE-nél)
RCM	Reliability Centered Maintenance
RI	Readiness Index, vállalatok közötti összehasonlítás
RFID	Radio Frequency IDentification, rádió frekvenciás azonosító
RPS	Roto Production System, Roto Termelési Rendszer
SCM	Supply Chain Management, szállítási lánc kollaboráció
GCI	Global Competitiveness Index, globális versenyképeségi index
TIER1	Tier1, Elsőkörös, vagy első szintű beszállító
TMK	Tervezett Megelőző Karbantartás
TPM	Total Productive Maintenance, teljeskörű hatékony karbantartás
TPS	Toyota Production System, Toyota Termelési Rendszer
TQM	Total Quality Maintenance
VAV	Value adding Variability, értékteremtő variációs képesség
VDMA	Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten, Német Gépgyártók Szövetsége
VMI	Vendor-managed inventory, beszállító által vezérelt raktárkészlet
VSM	Value Stream Mapping, értékáram térképezés
WEF	World Economic Forum - szervezet

Kivonat

Digitális átállás lehetőségei a magyar faipari vállalatoknál, különös tekintettel a gyártásoptimalizációra

Ipari szakértői munkám során néhány éve szoros kapcsolatba kerültem az Ipar 4.0 témakörrel, ahol érdekesnek, érdemesnek éreztem egy felmérés kidolgozását, mely választ adhat arra, hogyan azonosítható gyorsan az Ipar 4.0 fejlesztési potenciál, illetve, hogy milyen gyakorlati következtetései lehetnek egy ilyen alkalmazott kutatásnak.
Dolgozatom célja, hogy a több évre visszanyúló ipari szakértői tapasztalataimat és az alkalmazott kutatási módszereket egységbe foglalva hasznosítható eszközt adjak az ipari kollégák, illetve a vállalatok kezébe egy ún. Ipar 4.0 érettségi felmérés útján, a felsőoktatásban is felhasználható eredményekkel.
Első lépésként szakirodalmi kutatást végeztem, ennek mentén vázolom a releváns Ipar 4.0 érettséget felmérő eszközöket, illetve magyarázom meg választásomat az alkalmazott kutatási módszert illetően.
Ezt követően részletesen ismertetem a 21 termelő cégnél végzett kérdőíves kutatás eredményeit.

Az alkalmazott kutatás másik fő vonala egy, az Ipar 4.0 megoldásokat átfogóan már alkalmazó fémipari cég vizsgálata, akik faipari szektorba szállítanak ablak vasalatokat, tehát összekötő kapocs is van a vizsgált iparággal.
Az ő példájukon keresztül tudom számokkal is alátámasztani az Ipar 4.0 fejlesztések kézzelfogható, gyakorlati eredményeit.
Célom, hogy a dolgozattal kimutathatóvá, azaz alátámasztottá tegyem, hogy a folyamatszervezés az alapja egy későbbi sikeres Ipar 4.0 fejlesztésnek.

Abstract

The Possibilities of Digital Transition at the Hungarian Wood Industry Companies, with Special Regard to the Production Optimalization

I have been in close contact with Industry 4.0 during my advisory work over the past few years, and I surmised it would be both interesting and worthwhile to develop a survey to determine how the development potential of Industry 4.0 could be quickly identified and what practical conclusions such research could draw.

My dissertation objective is to utilize and unify my extensive practical and academic knowledge to provide professional colleagues with a useful tool in the form of an Ipar 4.0 maturity survey given to companies.

As a first step, I researched the literature and outlined the relevant Ipar 4.0 maturity assessment tools; in addition, I explain my choice of questionnaire survey.

Following this, I present the results of the questionnaire survey conducted at 21 manufacturing companies in detail.

The other focus of the dissertation is the examination of a metal industry company that supplies window fittings to the wood industry; thus, the connection to the studied industry is intact.

Through this example, I can confirm tangible, practical, and quantifiable results of Industry 4.0 developments.

My thesis goal is to make tangible and practical the notion that process management is always the basis for future successful Industry 4.0 developments.

1. Bevezetés

Néhány évvel ezelőtt ért utol az Ipar 4.0 hullám. Első hallásra nem értettem miről van szó pontosan, meglepett a kifejezés, ami egyrészt az iparra utalt, ugyanakkor változáskövető indexelést tartalmazott. Alig néhány hónap alatt szinte beszippantott a téma. Nem csak azért, mert gyakorlatilag másról sem lehetett hallani, mint a 4. Ipari Forradalomról, hanem azért is, mert ez a szemlélet teljesen beleillett a munkámba, ami egyben a hobbim és az életem is, azaz a folyamatszervezésbe.

1.1. A téma jelentősége

Az Industrie 4.0 elnevezés egy német projektből ered. A német kormány az ipar digitális átalakításának előmozdítását tűzte ki célul. A német Industrie 4.0 kifejezés angol megfelelője a nemzetközi szóhasználatba is átkerült. [1]

Az Ipar 4.0 „a termelési folyamatok olyan hatékony szervezését írja le, melynek keretében az eszközök önállóan kommunikálnak, és összehangoltan működnek az anyagáram mentén.” [2]

Az ipari forradalmak, mindig hosszabb előkészítő fázis után érik el azt a fejlettségi fokozatot, amely általában gyártási kapacitásban és/vagy gyártási minőségben, rugalmasságban jelent nagy előrelépést. „Az ipari automatizáció a hetvenes évektől kezdve folyamatos: a pontosságot, gyorsaságot igénylő műveleteknél, veszélyes feladatok ellátásában egyre inkább kiváltják a gépek az emberi munkaerőt... A fejlődés azonban szükségképpen a 21. században is folytatódik, hiszen a gépek, bár konkrét feladatok ellátására alkalmasak, a változó folyamatokhoz nehezen alkalmazkodnak. Az Ipar 4.0 tehát a rugalmasságra, adaptivitásra is igyekszik megoldást találni, amiben a mesterséges intelligencia jelenthet segítséget. A hangsúly ma már az automatizálás és az információtechnológia konvergenciáján van.” [3]
Tulajdonképpeni szakmai előéletem szorosan kapcsolódott az Ipar 4.0 bejelentéséhez vezető technológiai, technikai fejlesztő folyamatokhoz. Ma már nem kérdés, amit az IVSZ szakembere pár éve még meghökkentő vezérmondatként prezentált: „A digitalizáció természetes!” [4] Mi a folyamatszervezésben néhány éve még a „kockás papír” hívei voltunk. Abban az értelemben legalábbis, hogy ami analóg módon jól működik, azt érdemes digitalizálni. Ma már másként látom ezt a kérdéskört, nincs idő a kockás papírra! Olyan megoldások kellenek, amik papír nélkül is elénk vetítik a lehetséges előnyöket, amik rövidtávú eredménnyel kecsegtetnek. Ezt várják el az iparvállalatok, és ezt várjuk el mi, ipari szakértők is magunktól.

Időközben nem csak az Ipar 4.0 ért utol, hanem az a lehetőség is, amivel évek óta kacérkodtam, hogy a sok felgyülemlett tudást valahogy továbbadjam. Tanítani kezdtem a Soproni Egyetem Faipari Mérnöki és Kreatívipari Karán, a Faipari és Műszaki Intézet felkérésére. Az oktatás és a faipari környezet részben ismeretlen volt, hiszen gépészmérnökként dolgozok több, mint 20 éve. De csak részben, ugyanis volt lehetőségem a faiparban is kipróbálni magamat, igaz, ez a munka elsősorban a folyamatokhoz kötődött, nem a fához. Ahogy annak idején egyik munkahelyemen, egy faipari vállalat termelésvezetőjeként is, sokszor botlottam abba a mondatba, hogy „mert ez fa". Ami természetesen jogos, hiszen a technológiák, a gépek, a megmunkálások meghatározó eleme az alapanyag. Annak ismerete elengedhetetlen a sikeres vállalkozáshoz. Azonban mi elsősorban a folyamatokra koncentrálunk, és meggyőződésünk volt korábban is, hogy ebből a szempontból teljesen mindegy, hogy cipőt, kenyeret vagy bútort gyártunk. Olyan sokat hallottam azonban ennek a cáfolatát, hogy elbizonytalanodtam.

Így, amikor az egyetemen lehetőség nyílt Ipar 4.0 témában kutatni, szinte automatikusan megfogalmazódott a kérdés, vajon más lesz-e az eredmény a faipari vállalatok körében, mint pl. a fémiparban? De ne szaladjunk ennyire előre...

1.2. A választott téma indoklása

Alkalmazott kutatásom témája a faipari vállalatok digitális átállásának lehetőségei. Azt kívántam felmérni, milyen szinten vannak pillanatnyilag a faipari vállalatok, van-e igényük, lehetőségük továbblépni a digitalizálás területén, és milyen irányokban látható potenciál az egyes cégeknél.
Ugyanakkor kíváncsi voltam arra is, ahogy az előzőekben már előkerült, hogy a téma vizsgálata releváns iparági különbségekkel szolgál-e? Ezért nem kizárólag faipari vállalatok szerepelnek a kutatásban, hanem referenciaként egyéb iparág képviselői is, többek között fémipar, műanyag ipar és egy Ipar 4.0 Mintagyár is.
Az Ipar 4.0 fogalom egy más megfogalmazásban digitalizálást és automatizálást jelent az anyagáram mentén. Mindennek az alapja az algoritmizálhatóság. Azaz, azokat a folyamatokat lehet és kell automatizálni, amely algoritmusokkal korrektül leírhatók. Ennek feltétele a folyamat alapú szervezettség az üzem területén.
Természetesen figyelembe kell venni az ökonómiai szempontokat is, hogy egyáltalán megéri-e a digitalizálás? Ennek nyilván van gazdasági optimuma, amit a cégek saját gazdaságossági, megtérülési számításaik alapján mérlegelnek. Érdekes kutatási irány lehet az optimális cégméret vagy szervezettségi fok, ami felett a digitalizációs fejlesztések várhatóan kifizetődőek.
Figyelembe kell venni ugyanakkor az alábbi, szakértői meghatározást is:

„Az Ipar 4.0 az olyan, mint az eső: biztos, hogy jön, de azt még nem tudni, hogy egy olyan árvíz lesz belőle, ami az egész iparágat elsöpri, vagy a nyomán minden termőre fordul. Ezért elengedhetetlen, hogy a vállalatoknak legyen egy stratégiája, hogy hogyan kezelik ezt a helyzetet, mert aki ezzel nem foglalkozik, az halálra ítéli vállalatát a piaci versenyben.” [5]

1.3. Célkitűzéseim

Célom egyrészt, hogy az elvégzett kutatás eredményei alapján olyan következtetéseket vonjak le, amelyek alátámasztják vagy éppen cáfolják az Ipar 4.0 iparági sajátosságait.
Kimutassam a vállalatok Ipar 4.0 esélyeinek összefüggését esetlegesen mérettel, stratégiával vagy bármilyen más paraméterrel. Ez azért is fontos, mert a gyakorlatban ezen eredményekből definiálhatóak a megoldások és ezen keresztül az is, reális cél-e egy adott vállalat számára ezen megoldások alkalmazása.
Az Ipar 4.0 Mintagyár, a Roto Elzett Certa Kft. eredményein, adatain keresztül szerettem volna megvizsgálni, van-e gyakorlati összefüggés az Ipar 4.0 eszközök bevezetése és egy konkrét szakterület fejlődése között. Erre a vállalat karbantartási területét választottam, ahol volt szerencsém a karbantartási stratégia kiválasztásától kezdve az Ipar 4.0 eszközök bevezetéséig végig részt venni a fejlesztési projektben, és esetenként olyan megoldásokat javasolni, amely a folyamatszervező-mérnök szemszögéből fakad.

2. A témával összefüggő szakirodalmi áttekintés

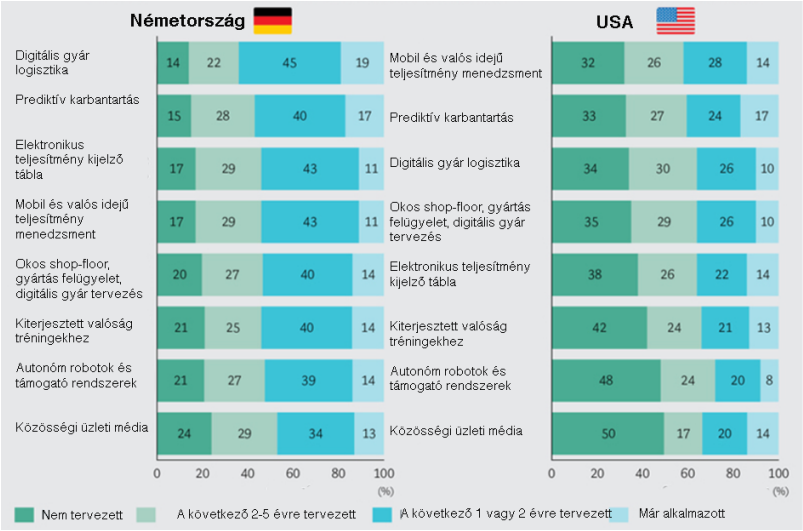
A szakirodalomban az Ipar 4.0 történetének rövidsége ellenére is nagyszámú publikáció található, olyan átfogó elemzés is, mint Dr. Viharos Zsolt János és szerzőtársai publikációja, mely összefoglalja az Ipar 4.0 felméréseket, modelleket, másrészt bemutatja saját javaslatát az Ipar 4.0 fejlettség mérésére. [6] De releváns kutatást foglal össze a BCG (Boston Consulting Group) ide vonatkozó publikációja is. [7]

Az eddigi felmérések, túlnyomórészt tanácsadó cégek által összeállított kutatásokat tartalmaznak, a következők szerint:

2.1. Makroszintű összehasonlító elemzés

2.1.1. Boston Consulting Group (BCG) - Ipar 4.0 előrehaladás mértékének vizsgálata [7]

2016. márciusában a BCG internetes felmérést végzett nagyvállalatoknál, hogy milyen előrehaladást értek el az Ipar 4.0 területén. A felmérés résztvevői német és amerikai vállalatok vezetői voltak. A felmérés célja az volt, hogy értékelje a vállalatok előre haladásának mértékét az Ipar 4.0 megvalósításában, felmérje a legfontosabb kihívásokat, és azonosítsa a végrehajtás hatékonyabbá tételét. A felmérés az Ipar 4.0 képességekre és az új Ipar 4.0 technológiák bevezetéséhez szükséges beruházásokra is kiterjedt. Az 1. ábra mutatja az összesített válaszokat az Ipar 4.0 eszközökre vonatkozólag. A „már alkalmazott” válaszlehetőség ekkor még csupán 20% alatt volt. Érdekes, és nemzeti sajátosságokra enged következtetni az is, hogy a német és amerikai válaszok sorrendje eltér, azaz nem azonos eszközöket éreztek fontosnak a különböző nemzeti kultúrák, értékrendek, a bevezetés során.

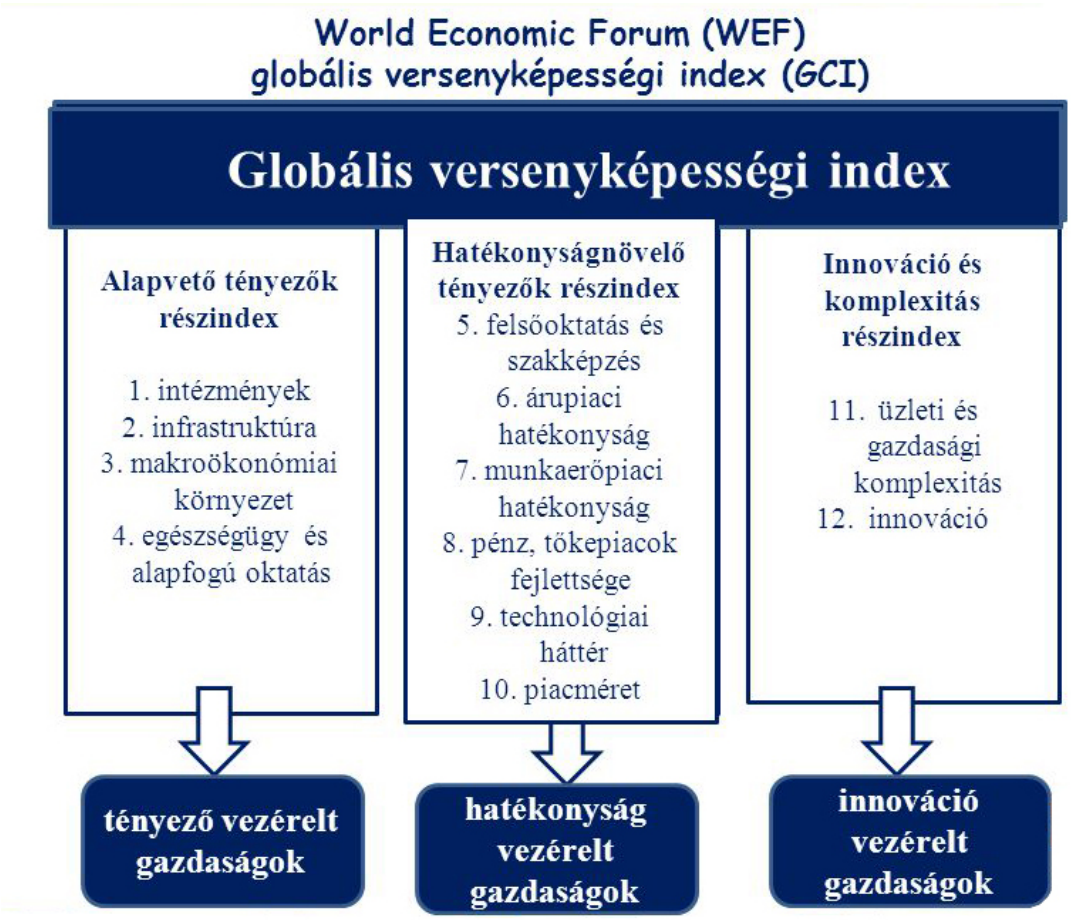


1. ábra: BCG - Ipar 4.0 előrehaladás mértékének vizsgálata [7]

2.1.2. World Economic Forum (WEF)

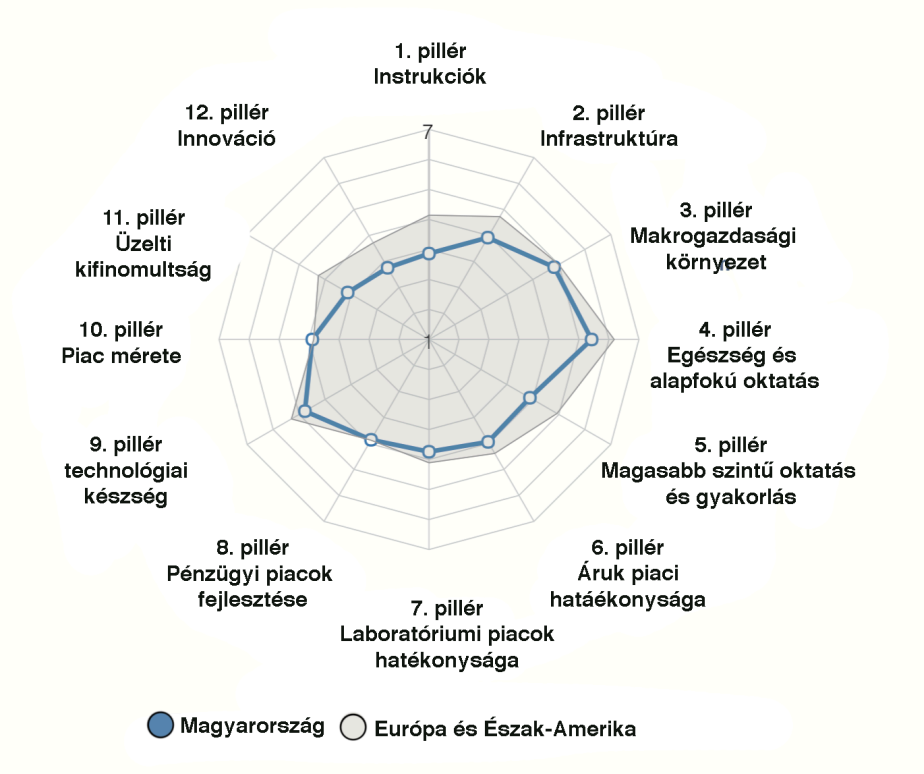
„The Global Competitiveness Report” - Globális versenyképeségi index [8]

Ez egy származtatott rangsor, ágazatra, a K+F+I (Kutatás + Fejlesztés + Innováció) -re és a digitalizációra vonatkozó kritériumok alapján. 12 pillérben foglalja össze azon feltételeket, melyek alapján egy ország leírható, lásd 2. ábra.



2. ábra: A globális versenyképességi indexrendszer [8]

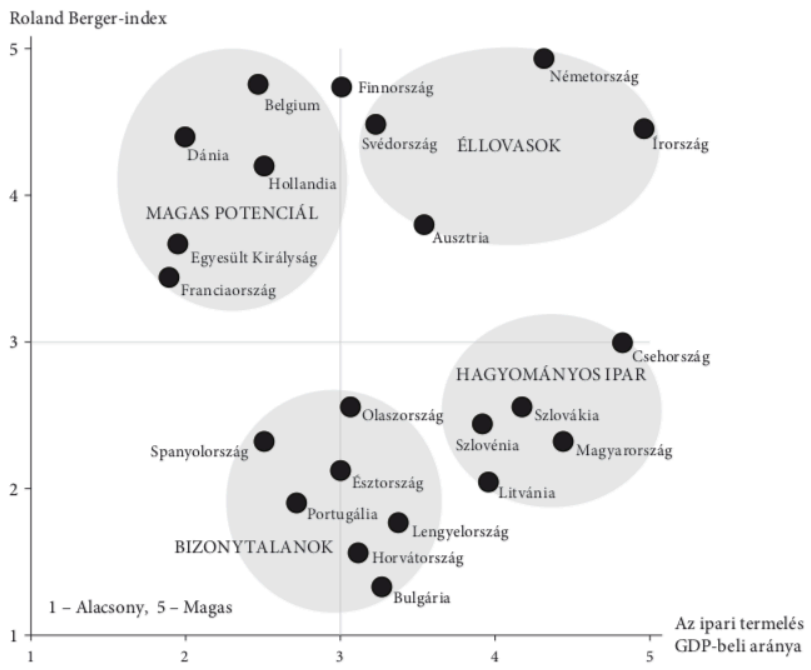
Az index alapján az egyes országok értékelhetőek, és besorolhatóak egymáshoz képest. Magyarország értékelése a versenyképességi index alapján a 3. ábrán látható.



3. ábra: A globális versenyképességi index Magyarországra [8]

2.1.3. Roland Berger Index – országok közötti összehasonlítás [9]

Roland Berger 2014-ben makroszintű Ipar 4.0 érettségi mutatót dolgozott ki, amely magában foglalja, hogy a gyártási folyamatok mennyire kifinomultak a nemzetgazdaságban, mi az automatizáltság foka, mennyire innovatív a munkaerő és milyen az innováció iránti hozzáállása. A hozzáadott értéket, a nyitottságot, az innovációs hálózatot és az internetes kifinomultságot is figyelembe vették az index kiszámítása során. Az eredményeket egy diagramban ábrázolták, ahol a függőleges tengely képviselte az index mértékét, míg a vízszintes tengely képviselte a GDP (%) gyártási arányát. A 4. ábra mutatja, hogy Roland Berger az európai országokat négy klaszterbe sorolta be: bizonytalanok, hagyományos ipar, magas potenciál és éllovasok kategóriákba.



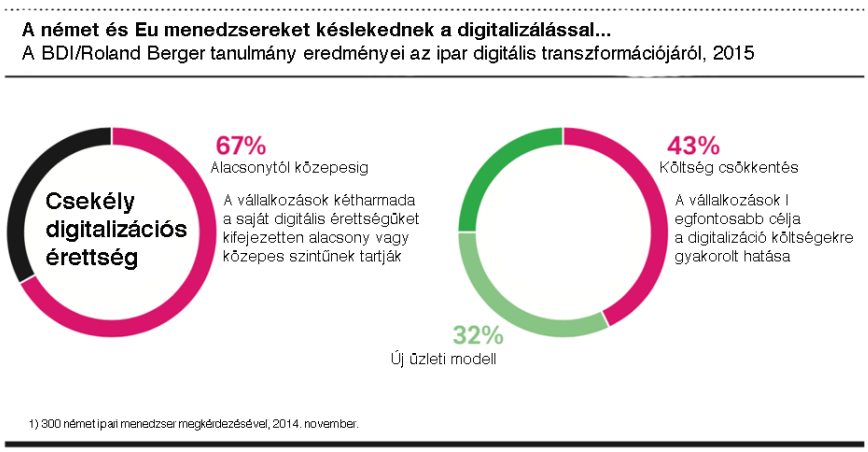
4. ábra: A Roland Berger Index az európai országokat négy klaszterre osztja [9]

Többek között ezt a modellt használta Nagy Judit egyik cikkében is, ahol Magyarországon működő vállalatokat sorolt be Ipar 4.0 fejlettségük szerint [10].

2.2. Micro szintű összehasonlító elemzés

2.2.1. Roland Berger European Industry 4.0 Readiness Index - vállalatok közötti összehasonlítás

A makro modell, amit a 2.1.2. pontban ismertettem, vállalatok összehasonlítására is alkalmas [11]. Az 5. ábra egy 2014 novemberi felmérést mutat német és EU menedzserek körében.



1. ábra: Roland Berger kutatás – Az Ipar digitális átállása [11]

2.2.2. Capgemini Maturity Modell – digitális érettség összehasonlítása

A 2012-ben indult kutatás fő kérdése: A gyártók készen állnak-e a digitális átállásra? [12] Ekkor azonban a vállalatok még nem voltak érettek a kérdésre.

2014-re a helyzet megváltozott, a gyártók túlnyomó többsége felismerte a digitalizálás szükségességét, és elismerte, hogy a digitális átalakítás elengedhetetlen a fenntartható versenyképesség biztosításához és a nyereséges növekedés egyik legfontosabb mozgatórugója. A tanulmány azt mutatja, hogy a digitális átalakulás stratégiai fontosságúvá vált a feldolgozóipar számára.

A 6. ábrán látható modell két dimenzió mentén (digitális képességek és vezetési gyakorlat) összesen 4 csoportba osztja a vállalatokat.

2. ábra: Az ipar digitális érettség modellje [12]

A függőleges tengelyen az látható (digitális képességek), hogy az alapvető folyamatok mennyire digitalizáltak, és hogyan használják egymás után a digitális technológiákat, például a robotikát, a tárgyak internetét, a műszaki intelligenciákat, az adatelemzést.

A vízszintes tengely pedig azt mutatja (vezetési gyakorlat), sikerült-e az átalakulásnak konkrét haszonnal járnia, mint például a gyártók intelligens-gyári jövőképe, irányítása és munkaerő digitális kompetenciái.

2.2.3. Fraunhofer Kutatás - termelési terület vizsgálata

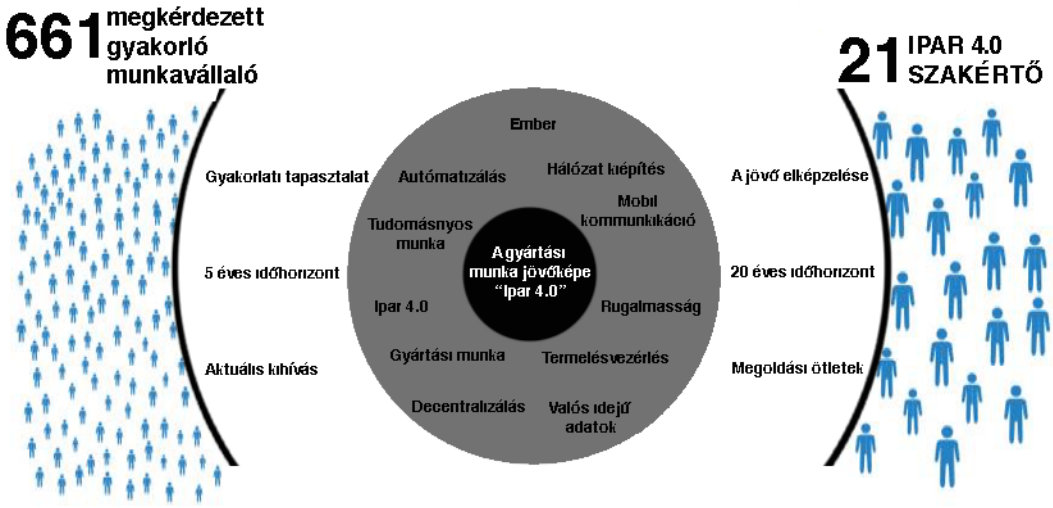
A tanulmány a következő kulcskérdésekre keres választ:

- Milyen termelési munkát várnak el a német gyártók?
- Milyen új technikai megoldások állnak rendelkezésre a termelési terület számára, például a mobil eszközök, a kiber-fizikai rendszerek és a közösségi média területéről?
- Hogyan befolyásolja a megatrend a termelési munka rugalmasságát?

Ez a tanulmány szolgáltat alapot az Ipar 4.0 stratégia kidolgozásához, és így támogatja a vállalatokat az Ipar 4.0 úton.

A tanulmány célközönsége a feldolgozóipar és a technológia-orientált szektorok szereplői. Különösen a menedzserek, a szakemberek és a tanácsadók, valamint minden olyan személy, aki érdeklődik a németországi termelési munka jövőjének alakítása iránt, vagy aki segíteni szeretné annak alakítását. [13]

Nem összehasonlító, inkább interjún alapuló modell, felépítését a 7. ábra mutatja.



3. ábra: Fraunhofer felmérés [13]

2.2.4. VDMA (Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten) - érettségi modell

Az érettségi modell az Ipar 4.0 négy dimenzióján alapul, melyeket a németországi Industrie 4.0 Platform 2015-ben állapított meg (okos gyár, okos szervezet, okos termék, adat vezérelt döntések). A VDMA műhelye két további, általánosan alkalmazható dimenziót azonosított Ezek a stratégia és a

szervezet, illetve az alkalmazottak. Mindent összevetve a modell hat dimenziót vizsgál, mely a 8. ábrán látható [14].

4. ábra: VDMA érettségi modell [14]

2.2.5. Dr. Viharos Zsolt János és szerzőtársai nem összehasonlító Ipar 4.0 érettség felmérése

A „Non-comparative, Industry 4.0 Readiness Evaluation for Manufacturing Enterprises" felmérés összefoglaló [6] , a fentiektől teljesen eltérő megközelítést javasol, miszerint nem összehasonlító elemzéssel kisebb energiaráfordítással, hamarabb elérhető az az eredmény, mennyire készek a vállalkozások a digitalizációra, illetve az Ipar 4.0 megoldásokra.

A megközelítés 6 fő szempontrendszer, 3 technikai szempont és 2 mérési szempont szerint épül fel:

Fő szempontok a nem összehasonlító Ipar 4.0 érettség értékeléshez:

- Stratégia,
- Vezetés,
- Ajánlott termékek és szolgáltatások,
- Ügyfelek,
- Vállalati kultúra,
- Emberek.

Technikai szempontok a nem összehasonlító Ipar 4.0 érettség értékeléshez:

- Termeléstámogatás,
- Termelés végrehajtása,
- Digitális gyártás.

Mérési szempontok:

A mérési módszer egy kérdőív, amelyben a fent felsorolt fő szempontok alapján számos kérdést és témát dolgoznak fel az elemzett cég kulcsfontosságú, jellemzően funkcionális és általános vezetői segítségével. Minden kérdést a diszkrét skála két szempontból mér:

- Teljesítési szint értékelése,
- A sikeres bevezetés relevanciájának értékelése.

Végrehajtás:

A mérési módszer kvalitatív értékeket eredményez, azaz a kérdező személyes interjúi kiterjesztik (jelentősen) a numerikus méréseket. [6]

2.3. Célkitűzések a szakirodalmi adatok tükrében

Az általam kidolgozandó kutatási módszer célkitűzése is a 2.2.5 pontban ismertetett irányelvet képviseli. Olyan kérdőíves felmérést definiáltam, amely csak önmagához képest kell, hogy értékelje a vállalatot, tehát úgynevezett önértékelésről beszélhetünk. Ilyen kérdőívekre, illetve modellekre is találunk példát a szakirodalomban, melyeket az alábbi alfejezetekben közlök:

2.3.1. KPMG (Klynveld Peat Marwick Goerdeler cég) holisztikus felmérése

A holisztika a teljességre való törekvést jelenti. Eredeti értelmében, mint gyógyítási mód figyelembe veszi a páciens értelmi, fizikai és szociális állapotát is. Ennek megfelelően tekinti a KPMG modell a vállalatot, mint szerves egészt. 6 dimenziós besorolás, ezek a dimenziók:

- stratégia,
- technológia,
- rizikó management,
- emberek,
- működési kiválóság,
- ügyfél tapasztalat. [15]

[15]

5. ábra: KPMG holisztikus modell [15]

A 6 dimenzió alapján szisztematikus kérdéscsoportok tárják fel a vállalkozás pillanatnyi helyzetét, Ipar 4.0 potenciáljait.

A 9. ábra jobb oldalán található szcenáriók pedig eszközök, a kérdőív alapján feltárt fejlesztési lehetőségek megvalósítására az összes dimenzió mentén.

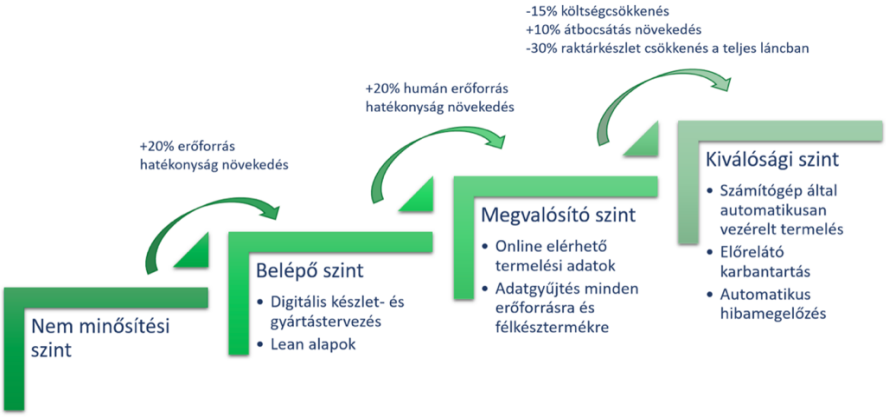
A kérdőív a dimenziók mentén vizsgálja tehát, mely szcenárió alkalmas az adott terület digitalizálására, melyek azok, amelyeket az adott vállalkozás már használ, és melyek azok, amikre, mint potenciálra tekinthetünk.

2.3.2. IFKA (Iparfejlesztési Közhasznú Nonprofit Kft.) - önértékelési modell

A kormányzati támogatásokhoz belépőnek készült felmérés, amelyben szakértőként részt is vettem. A kérdőíves felmérés szintén dimenziókat határoz meg, de a minősítési dimenziók itt maguk a vállalati részlegek:

- vállalat vezetés,
- minőség management,
- termelés,
- karbantartás,
- IT infrastruktúra,
- logisztika,
- termelés tervezés.

Ezek mentén építi fel a kérdésrendszert, amivel a vállalatok érettségi szintjét 4 lépcsőben határozza meg. Az érettségi modell a 10. ábrán látható:



6. ábra: Ipar 4.0 érettségi modell [16]

2.3.3. NTP (Nemzeti Technológiai Platform) felmérése

A 11. ábra mutatja a Nemzeti Technológiai Platform Ipar 4.0 stratégiájának modelljét. Kérdőívet állítottak össze, mely elsősorban a meglévő és tervezett technológiákat vizsgálja a 11. ábrán látható pillérek és dimenziók alapján. [17] A vállalatokat online válaszok alapján értékelték, hogy milyen fejlesztési potenciállal rendelkeznek saját megítélésük szerint.

Üzlet	Társadalom, szabályozás, fenntarthatóság	Technológia	Dimenzió / Pillér
KKV-k üzleti és működési modelljének megújítása	Felmérés és nézet formálás	Célzott ipari digitalizációs fejlesztési programok	**Digitalizáció és vállalkozásfejlesztés**
Vállakozások, ipari szereplők, klaszterek	Koncentrált stratégiai projektek, beszállítói programok	Hatékonyság és kapacitás növelés	**Gyártás és logisztika megvalósítása**
Vállalati képzések	I4.0 szemléletű elméleti és gyakorlati ismeretek a szakképzésben és felsőoktatásban	Infrastruktura fejlesztés az I4.0 szemléletű képzések elterjesztése érdekében	**Munkaerőpiaci fejlesztések**
Új üzleti modellek és K+F+I inkubációs tevékenység	Tudományos szféra megerősítése, Ipar 4.0 K+F+I programok	Gyártás és hozzá kapcsolódó K+F szolgáltatások	**Kutatás-fejlesztés, innováció**
Ipar 4.0 digitális hálózatépítő platformja	Szabályozás eszközrendszere	Technológia és (IKT) infrastruktura fejlesztés	**Ökoszisztéma**

7. ábra: A stratégia pillérszerkezete, NTP [17]

2.3.4. McKinsey modell [18]

A 12. ábrán látható ún. digitális iránytű a McKinsey tanácsadó cégtől származik. Az iránytű nyolc alapérték kategóriából, és 26 praktikus Ipar 4.0 szintből áll. Többfunkciós beszélgetéseket alkalmaz, amelyek segítenek a vállalatoknak megtalálni azokat a szinteket, amelyek a legmegfelelőbbek saját problémáik megoldására.

8. ábra: Ipar 4.0 irányok a McKinsey modellben [18]

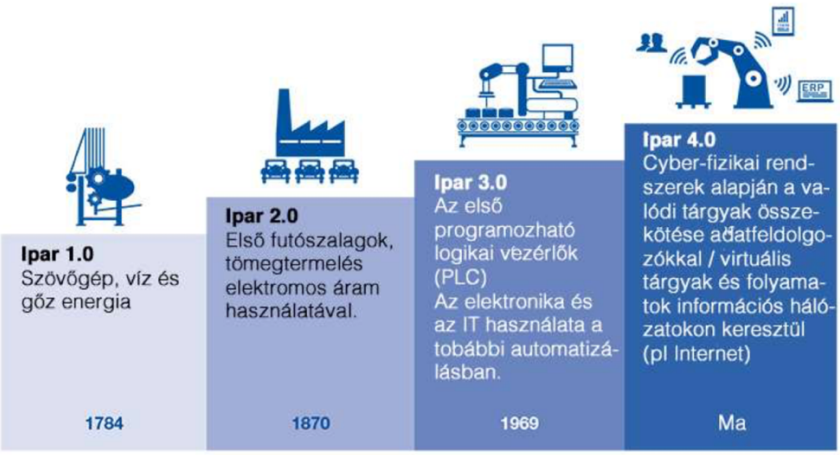
A szakirodalom vizsgálatát követően dőlt el, hogy az értékelő kérdőívet a folyamatszervező gyakorlatban szokásos logika mentén kell felépíteni (lásd később), alkalmazva az ún. grading értékelési módot is. Ez azt jelenti, hogy a kérdésekre fejlettségi szintekre lebontva válaszokat definiáltam, mely leírja a vállalat adott területi helyzetét. Legközelebb elképzelésemhez a KPMG holisztikus modellje állt. A KPMG azonban elsősorban nagyvállalatokra koncentrál. A faiparban kevés a nagyvállalat, ugyanakkor a meghatározó vállalati méret a KKV (kis- és középvállalkozás). Ennek megfelelően változott a szempontrendszer, de a holisztikus megközelítés kutatásomban is meghatározó jelentőségű maradt.

Az új megközelítés szerint, ahogy Dr. Viharos Zsolt János és szerzőtársai cikkében is láttuk [6] nem összehasonlító elemzéssel, kisebb energiaráfordítással, hamarabb elérhető az eredmény, mennyire készek a vállalkozások a digitalizációra, illetve az Ipar 4.0 megoldásokra.

3. Kiindulási adatok, fogalmak

3.1. Mi az Ipar 4.0?

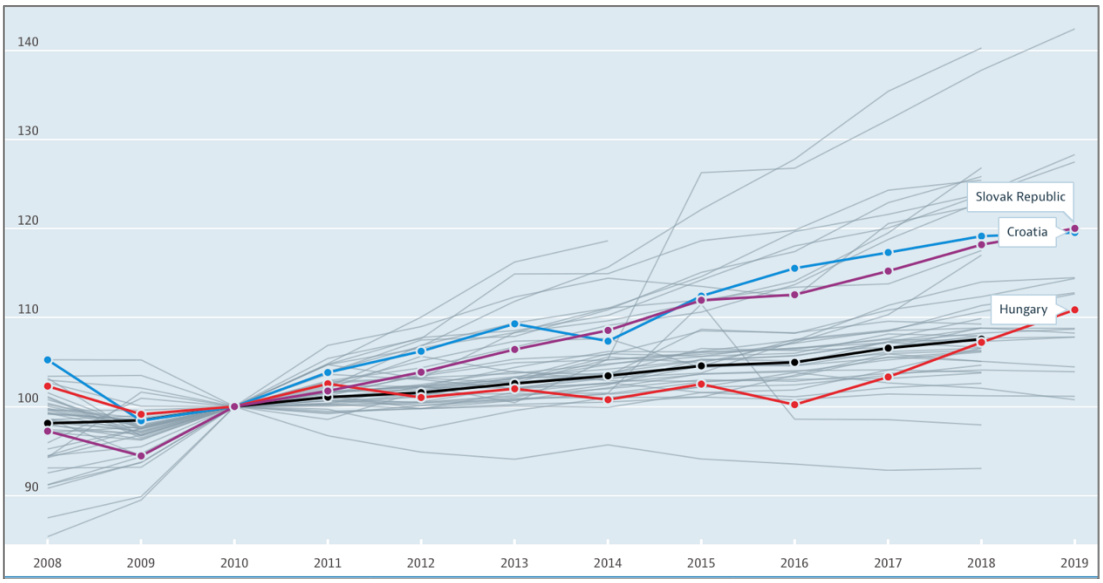
„A termelési folyamatok olyan hatékony szervezését írja le melynek keretében az eszközök önállóan kommunikálnak, és összehangoltan működnek az anyagáram mentén.” [2]



9. ábra: Az ipar "forradalmai" [19]

Míg az első ipari forradalmak (13.ábra) robbanásszerű változással jártak, addig az Ipar 4.0-nak nevezett időszak, azaz a negyedik ipari forradalom körülöttünk zajlik, fejlődik. Ezt a digitalizálás és automatizálás időszakának is nevezzük. Nem egyik napról a másikra változik az életünk, hanem egy folyamat részesei vagyunk. Ami a téma különlegességét adja, hogy az eddigieknél jóval erősebben jelentkezik az igény olyan ICT (Információ és Kommunikáció Technológiai) eszközök alkalmazására, amelyek döntési folyamatokat képesek támogatni, monitorozást és beavatkozást tesznek lehetővé, adaptív hibamegelőzési technikákat tartalmaznak.

A Magyar Nemzeti Bank Inflációs jelentése alapján a termelékenység, mely a GDP és a foglalkoztatottak munkaóráinak hányadosa, Magyarországon viszonylag alacsonyabb szintet mutat. OECD adatok a 14. ábrán láthatóak, a fekete vonal mutatja az átlag értéket. Bár sokan sokféle következtetéssel élnek, ez a mutató egyértelműen jelzi a vállalatok automatizáltsági szintjét. Ebből viszont az következik, hogy Magyarországon az automatizáltsági szint is alacsonyabb, mint sok európai országban. Emiatt is fontos foglalkoznunk a témával, mert, ha nem törekszünk az Ipar 4.0 eszköztár kiépítésére, ez a hátrányunk folyamatosan nőni fog. Ugyanakkor a munkaerő piaci helyzet már nem indokolja, hogy az olcsó, alacsony képzettségű munkákat tartsuk hazánkban.



10. ábra: Óránként GDP termelés OECD alapján [20]

3.2. Az Ipar 4.0 gyakorlati megvalósítása

A Magyar Állam pályázatokkal és szakmai képzéssel kívánja támogatni a KKV-kat, akik szeretnének az Ipar 4.0 fejlesztésekkel foglalkozni, digitalizációs, automatizációs törekvéseik vannak. A pályázatokat az IFKA (Iparfejlesztési Közhasznú Nonprofit Kft.) és az IVSZ (Informatikai, Távközlési és Elektronikai Vállalkozások Szövetsége) koordinálja. Éppen a kézzelfoghatóság érdekében nevesítettek ún. szcenáriókat, melyeket digitalizációs eszköztárnak is nevezhetünk, amivel konkrét ajánlások, kézzelfogható megoldások adhatók a vállaltok kezébe. Ezen szcenáriók:

- Gyártás vizualizáció, MES – Manufacturing Execution System (Termelési- és erőforrásadatok valós idejű gyűjtése és megjelenítése);
- Ellátási lánc vizualizáció (gyáron belül és az ellátási lánc szereplőinél az aktuális és várható készletek mennyiségének, valamint a készletek helyének, státuszának optimális esetben valós idejű megjelenítése);
- Ellátási lánc kollaboráció termelési tervek, készletadatok megosztása révén, lehetőség szerint szabványos elektronikus adatcserével: VMI (Vendor-Managed Inventory – Szállító Vezérelt Készlet), CRP (Capacity Requirements Planning – Kapacitásigény Tervezés), EDI (Electronic Data Interchange – Elektronikus Adatcsere);
- Big Data megoldások: nagy mennyiségű adat feldolgozása, elemzése, következtetések levonása, visszacsatolás a gyártás és minőségbiztosítás területén;

- Ellátási lánc-, készlet- és termeléstervezés optimalizálás: a piaci igények kielégítéséhez szükséges optimális készlet-, beszerzési és termelési tervek készítése ERP (Enterprise Resource Planning – Vállalati Erőforrás Tervezés), azaz Integrált Vállalatirányítási rendszer, SCM (Supply Chain Management – Szállítási Lánc Kollaboráció), Advanced Planning (Fejlett Tervezés) rendszerek segítségével;
- Kis sorozatú- és egyedi gyártást támogató megoldások;
- Prediktív karbantartás;
- Intelligens energiafelhasználás (korszerű energia monitoring és vezérlő rendszerek, fogyasztási csúcsok kisimítása, gépek készenléti állapotba állítása, hulladékhő hasznosítása;
- Robotokkal támogatott gyártás, kollaboratív robotok;
- Korszerű raktár- és gyártáslogisztikai megoldások, autonóm robotok;
- Additív gyártástechnológiák, 3D nyomtatás;
- Kiterjesztett valóság alkalmazása karbantartásban, távoli segítségnyújtásban;
- Factory IT network (vállalati számítógépes hálózat), Internet of Things (dolgok internete), M2M (gép-gép kommunikáció);
- Cybersecurity (Kiberbiztonság);
- Számítógépes termék tervezés: CAD (Computer Aided Design – Számítógéppel Segített Tervezés), PLM (Product Lifecycle Management – Termékéletgörbe Menedzsment).

3.3. Mi a folyamatszervezés?

„Amikor a BME gépészmérnöki karán folyamat szervezésből diplomát szereztem igazán, mint mindenki más, egy Szuperhősökkel teli világról álmodtam, és azt reméltem én leszek az egyike ezen Szuperhősöknek.” [21]

Így kezdődik első publikációm. Arról értekezek benne, hogy miért kell a folyamatszervezés a Szuperhősök helyett, hogyan oldjuk meg a körülöttünk tornyosuló probléma rengeteget és mindenekelőtt hogyan fogjunk hozzá.

Komoly meglepetést okoztam a BME-n megjelent szakmai kiválóságok körében. Első körben nem találták tudományosan átütő erejűnek a témát, ugyanakkor már akkor világos volt számukra, mit is akartam, ezzel a meghökkentő előadással egy alapvetően gyártással foglalkozó konferencián. „Hogy a legújabb gépeket, berendezéseket tervezőknek is gondolnia kell azokra, akik aztán azt a napi életben használni fogják. Gondolják végig a folyamatot és azt, hogy az innováció hogyan fogja befolyásolni a gyártás egészét vagy a gyárban dolgozók életét. Menjenek oda, nézzék meg, álljanak be egy fél órára a gyártósorok mellé, és így sokkal élethűbb képet fognak kapni arról, hogy mire is van valójában szükség a gyártóüzemben. Mert a folyamatokba illeszthető okos, jól átgondolt és modern fejlesztések

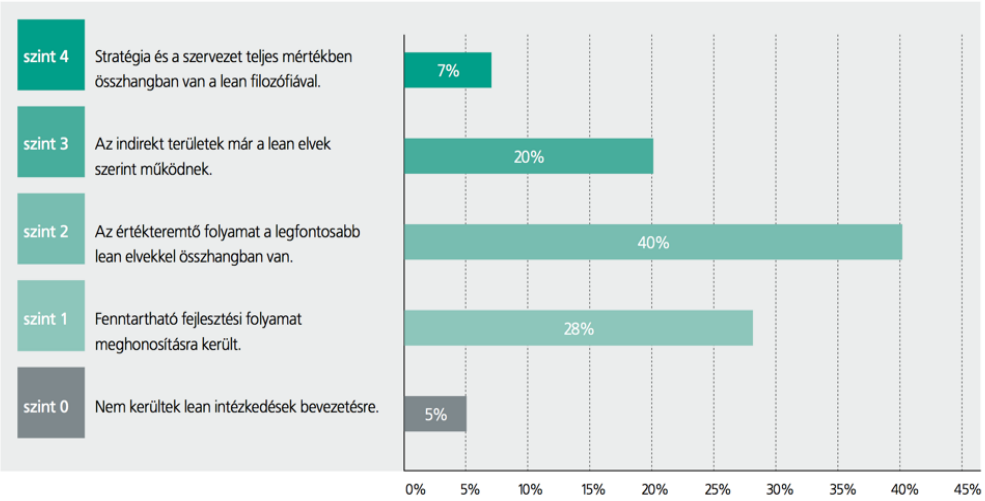
hihetetlen produktívvá tudják tenni a gyártást. És akkor a "Szuperhősöknek" sem kell folyton megmenteniük a világot, elég, ha a csapat aktív részeseként követik a közösen megtervezett folyamatokat!" [21]

Egyik legismertebb folyamatszervezési gondolkodásmód a lean szemlélet. Amikor a vállalatot a lehető leghatékonyabb módon próbáljuk üzemeltetni, amihez egyszerű, vizuális, önvezérlő technikákat alkalmazunk.
A folyamat „tevékenységek – ezeken belül a definiált műveletek, a műveletek keretei között megjelenő műveletelemek, illetve az ezekben végrehajtandó mozdulatok – olyan láncolata, amelyek a termék kialakítását (megmunkálás, összeszerelés) vagy helyzetét (szállítás, anyagmozgatás) megváltoztatják." [22]

Szalay Zsigmond értekezése [23] is erre a kettősségre hívja fel a figyelmet. Ő az ERP, illetve az IT eszközök bevezetését elemezte, azt kutatta, hogy pusztán ERP vagy bármilyen IT megoldás hoz -e pénzügyi hasznot a vállalat számára: „... megvizsgálták, hogy milyen hatással van az ERP rendszer a cégek teljesítményére egy 3 éves periódus alatt...egy ellentmondáshoz jutottak, mely szerint az ERP rendszerek bizonyos területeken ugyan fokozzák a hatékonyságot, más területeken a nagyobb költség-bevétel ellentételezés növekedései változatlanul hagyják a maradék jövedelmet. Más kutatók is azt tapasztalták, hogy a növekvő informatikai (IT) kiadások nem, vagy csak kis mértékben hatnak a cég teljesítményére. Ezt a jelenséget nevezik termelékenységi paradoxonnak..." Ennek feloldására megfogalmazódott az a javaslat, hogy más szemszögből kell megvizsgálni az ellentmondást, mégpedig úgy, hogy amilyen mértékben növelték a hatékonyságot a megnövekedett IT kiadások, a cégek olyan mértékben nyújthatnak pénzügyi előnyöket a vevőiknek: csökkenthetik az áraikat egy versenypiacon. [24]
A lean pedig egyre kevesebből egyre többet ér el. Többek között a lean úgy próbál karcsúsítani, hogy mindenütt a lehető legkevesebb erőforrással oldja meg a feladatot, azzal, hogy a hiányos területekre átcsoportosít. [24]
Ma, amikor a 4. ipari forradalom idejét éljük, jogosan vetődik fel a kérdés, hogy aktuális-e egyáltalán még a lean téma? Van-e értelme lean-ről beszélni. A gyárak automatákat vásárolnak, szenzorokkal látnak el mindent. Létezik az okos eszköz, az okos gyár és az okos termék is. Virtuális szemüvegekkel terjesztjük ki a tudást, autonóm robotok szerelnek a gyártósorokon, gép géppel kommunikál, sőt öntanulásra is képes. A Staufen AG. és a Darmstadti Műszaki Egyetem 25 évvel a klasszikusnak számító „The machine that changed the world" [25] című könyv megjelenését követően, 2016 februárjában egy átfogó felmérést készített a német, svájci és ausztriai iparvállalatok körében, melyben 1.300 cég vett részt. Arra keresték a választ, a ma működő vállalatok körében elterjedt-e a

lean management, segítette-e, segíti-e mindennapjaikat, és nem utolsó sorban az Ipar 4.0 és lean management kapcsolatát, vagy éppen ellentmondását kívánták azonosítani.

A 15.ábrán látható, hogy a vizsgált vállalatok kb. 95%-a elérte a kérdésként megfogalmazott 1-es szintet, azaz kizárólag 5% az, amelyik nem alkalmaz még lean eszközöket sem. A vállalatok 95%-a alapvetően fontosnak tartja a lean menedzsment módszereket. Látható továbbá, hogy elsősorban a termelési terület van fókuszban, és jóval kevesebb vállalatnál vezették be az indirekt területeken is a lean alapelveket.



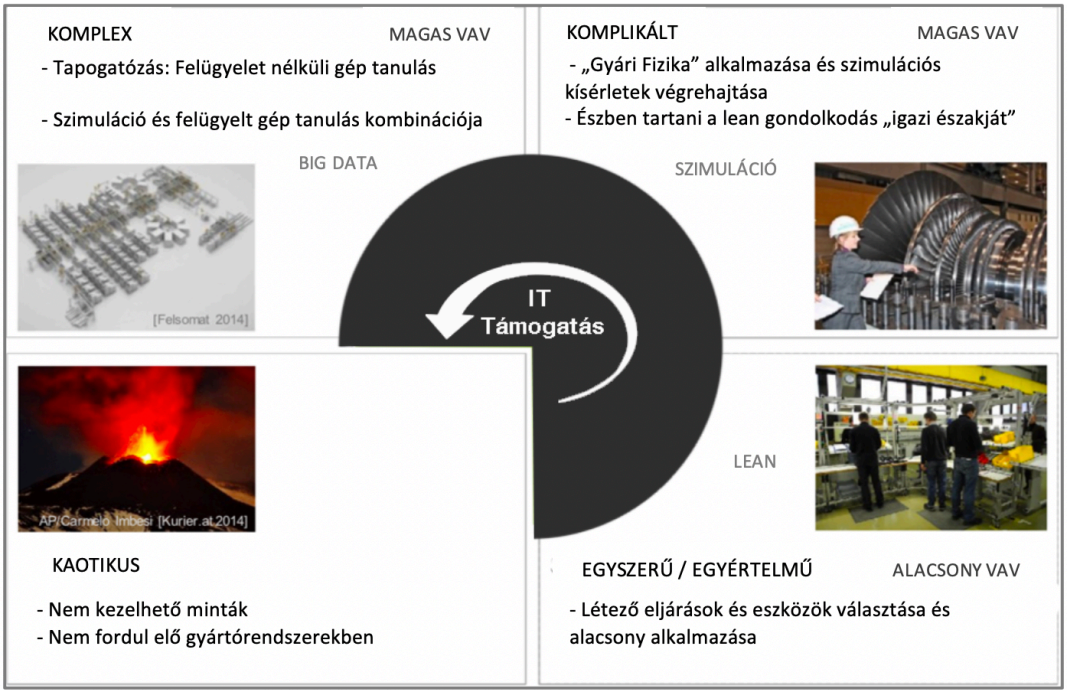
11. ábra: A lean bevezetése a vizsgált vállalatoknál [26]

Ugyanakkor arra is rámutat a tanulmány, hogy ugyanezen vállalatok bizonyos lean menedzsment módszereket mennyire tartanak relevánsnak az Ipar 4.0 szemléletű okos gyárrá alakulásban.

Kimondhatjuk, hogy a lean jelen van az ipari nagyhatalmak vállalatainál, ami azt a következtetést eredményezi, hogy a lean eszközökkel felépített, gördülékeny, jól szabályozott folyamatok alapvető feltételei a digitalizálásnak. Úgy is mondhatjuk, hogy a digitalizálás alapja az algoritmizálhatóság. Algoritmizálni azonban csak olyan folyamatokat lehet, amelyek standardizáltak, jól szabályozottak. Gyakorta okoz zavart a lean szakértők között is a téma, de ezzel a logikával jól kisimítható a véleménykülönbség.

Természetesen a kis cégek is hasznosíthatják a lean eszközöket, majd az erre épített Ipar 4.0 megoldásokat. Nagyon jó példa erre a „The Lean Bakery” című könyv, melyben egy kis pékség éppen a lean segítségével vált óriási hálózattá Spanyolországban. [27]

A 16. ábrán látható a Fraunhofer Termelésmenedzsment- és Informatika Projektközpont és a BME munkatársainak közös tanulmányában közölt ábra, mely vizualizálja a termelési rendszerek IT-támogatottságát.



12. ábra: Digitális Technológiák alkalmazhatósága [28]

A 16. ábrán látható, hogy a lean rendszerek IT támogatottsága szükségszerűen a legkisebb, de ezen elvekre épülhetnek rá a fejlett Ipar 4.0 eszközök. Ugyanakkor arra is van számos példa, hogy a lean eszközöket fejleszthetjük digitális módszerekkel. Ilyen példa lehet a digitális kanban, az OEE (Overall Equipment Efficiency - géphatékonysági mutató) követése, de a VSM (Value Stream Mapping – értékáram diagram) továbbfejlesztése a DVSM (Dinamic VSM). Ugyanakkor a 16. ábra jól szemlélteti azt is, hogy a magas VAV (Value Adding Variability – Érték teremtő variációs képesség) szintnél pedig szükségszerű a korszerű IT eszközök, Ipar 4.0 megoldások alkalmazása.

4. A kutatás módszertana

Az Ipar 4.0 kutatás során egy olyan módszer kidolgozása lett a cél, amely segítségével viszonylag gyorsan, azaz egy helyszíni felmérés során feltérképezhetővé válik egy vállalat Ipar 4.0 érettsége, illetve gyors útmutatás adható a vállalkozásnak arról, hogy milyen szakterületeken lenne érdemes fejlesztenie, mely területeken lenne a leghatékonyabb az elérhető Ipar4.0 eszköztár alkalmazása.
A kutatásban összesen 21 cég vett részt, bár közel 40 vállalat kapott meghívást (ez a részvételi arány (~50%) általában jellemző a kvantitatív kutatási módszereknél). Érdekes visszajelzés, hogy viszonylag sok az azon cégek száma, akik nem kívántak részt venni a kutatásban annak ellenére, hogy a felmérés anonim, és ingyenes volt. A megkérdezett vállalatok nagy hányada (76%) kis és közepes vállalkozás (KKV). Ebben a szektorban jobban tartanak a cégek adataik, rendszereik nyilvánosságra hozatalától. A nagyobb vállalatok inkább büszkék eredményeikre.

A felmérés során újszerű, ún. "kiber-fizikai" rendszerek (Cyber-Phisical Systems) létrehozásának lehetőségeiben gondolkodtam, amelyek a ma jellemző szintnél sokkal részletesebb és pontosabb intelligenciát, távfelügyeletet, hibatűrést, optimalizálást biztosítanak, és aminek következményeként az alábbi fő előnyök jelentkezhetnek:

- Minőségjavulás a termékekben és szolgáltatásokban;
- Energia-hatékonyság, termelékenység, szervezettség és kihasználtság növelése;
- Hibák elleni védelem és magas fokú hibatűrés;
- Környezeti terhelés csökkenése;

Mindeközben természetesen figyelni kell a vállalat kultúrájára, eddig elért eredményeire. Nem szerencsés a fejlesztés során egyszerre több lépcsőt átugrani. Az Ipar 4.0 érettségfelmérésnek meg kell határoznia, hogy mely irányokba érdemes továbblépni, és mely területeken nem lehetséges a digitalizációs eszközökkel jelentős eredményeket elérni.
Éppen ezért mondhatjuk, hogy a lean eszköztár ugyan nem szigorúan vett digitalizációs technika, de annak előfutáraként tekinthető.
A lean a gazdaságosságra és hatékonyságra törekvő vállalati menedzsment filozófia. Lényege, hogy az adott vállalat munkafolyamatait és munkamódszereit megszabadítsuk a felesleges, veszteséget okozó folyamatoktól (pl. áruk, anyagok fölösleges mozgatása, túlméretezett készletállomány, többszörös engedélyezési kör, párhuzamos munkafolyamatok stb.). A lean-nek megvan az a speciális előnye, hogy mérhető és ellenőrizhető a vállalatra gyakorolt pozitív hatása. Egy adott vállalat

„leanesítése” szemmel látható átszervezéssel jár, ami a termelési egységek újra tervezését vonja maga után. A lean 5 alapelve a következők:

- Értékszemlélet – vevői szemszögből meghatározni a hozzáadott érték teremtés kritériumait;
- Értékfolyamat meghatározása – az értékteremtéshez szükségek lépések beazonosítása az értéklánc mentén, felderítve ezzel a hozzáadott értéket nem termelő veszteség tényezőket;
- Folyamatszemlélet – akciótervek kidolgozása, melyek az értékteremtő folyamatok tökéletes, akadálymentes áramlását biztosítják;
- Vevői igények azonosítása – a vevői igények azonosítása, amely a termelés fő irányvonalát meghatározza;
- Tökéletesítés, folyamatos fejlesztés – a folyamatos fejlődésre való törekvés, a veszteségek folyamatos felszámolásával.

A lean módszertani eszköztárával lehetőség nyílik egy olyan vállalat kialakítására, amely integrált minőségmenedzsmenttel, piacorientált tevékenység portfolióival, termelésközpontú termékkialakítással, decentralizált vállalati felépítéssel, emberközpontú munkaszervezéssel és a termeléssel összhangban lévő beszerzéssel rendelkezik.
Mindezért a felmérésben nagy hangsúlyt kapott a vállalatnál megtalálható lean eszköztár, illetve azok megismerésére.

A jelenállapot felmérése, illetve a jelenlegi helyzet megismerése, kvantitatív megítélése sokat segít a kívánt jövőállapot meghatározásában. Olyan eszköz kifejlesztése a cél tehát, ami a jelenállapot megítélését, állapotának mérését támogatja egy gyors elemzés segítségével, ami alapul szolgálhat a további fejlesztésekhez.
A jelenállapot felmérésekor meg kell találni, hogy mi a valós probléma vagy melyik teljesítmény hiányosságai számottevők. A javítandó működést kell megvizsgálni, elemezni kell, mi az, ami nem megfelelően működik, vagy meg sem történik. Mik azok a jelenségek, amiket a jövőben el kellene kerülni. Amennyiben a javítandó teljesítmény folyamathoz, gyártási lépésekhez köthető, akkor a későbbiekben a jelenlegi helyzetről egy részletes értékáram ábrát érdemes készíteni (VSM – Value Streem Mapping), hogy az értékteremtés minden egyes lépése egyértelműen látható, azonosítható legyen. A felmérés pillanatnyi állapotfelmérés, a jelentősnek tűnő potenciál detektálása történik a folyamatok későbbi jobb összehangolásának érdekében. [29]

4.1. Működési adatok

Fel kell tárni, hogy vannak-e számszerűsíthető adatok a működés mérésére. Ha vannak, akkor azok most milyenek, milyen tendenciákat mutatnak. Ha nincsenek, akkor azt kell megvizsgálni, hogy milyen teljesítménymutatók lennének, amik megmutathatják a valós teljesítmények mértékét az adott területen. Természetesen ilyen rövid idő alatt csak az adatok alapján történő döntések meglétét, szintjét, esetleg hiányát lehetséges megállapítani.

Fontos kitérni arra is, hogy vannak-e olyan direkt/indirekt események, amelyek az adott feladattal kapcsolatban jelentőséggel bírnak, illetve többet vagy kevesebbet szeretnénk elérni belőlük.
Az alábbi szempontok szerint történik a megítélése annak, hogy milyen szinten áll az adott vállalat:

- Automatizáció / digitalizáció technikai szintje az egyes gyártási területeken;
- A teljes folyamat optimalizációs szintje;
- Az egész rendszer működésének minőségi szintje;
- Automatizálhatóság/digitalizáció felmérése - algoritmizálható feladatok felismerése;
- Milyen rizikók, bizonytalanságok vannak a rendszerben, amik a lassabb visszacsatolásokból adódhatnak;
- A folyamat elemeinek jelenlegi szervízelési igénye;
- A folyamat szereplőinek munkája (rutin, illetve individuális szempontok szerinti).

Meg kell határozni, hogy milyen események, helyzetek befolyásolják, vagy okozzák a célok elérését, akadályozzák, akadályozhatják a teljesítményt. Egyes feladatok összefüggenek, és érdemes őket egy lépésben bevezetni, mert az együttes hatásuk sokkal nagyobb, mint ha lépésenként, külön-külön hajtanánk végre őket. Ezeket mindenképpen együtt vezessük be.
Meg kell ítélni a gyártott termék, vagy termékcsoport tulajdonságait, hogy mennyire alkalmasak az automatizált gyártásra, felügyeletre.

4.2. Munkatársak tevékenysége

Ezt követi az adott területen dolgozó emberek tevékenységének analízise. Minden egyes operátor és területi szakember munkavégzése megítélhető abból a szempontból, hogy milyen mértékben végez rutin munkát, azaz mennyire algoritmizálható a feladata. Ugyanígy megítélhető, ha algoritmusokkal nem, vagy csak nehezen leírható feladatot lát el.

Elsősorban azok a munkafolyamatok, és lépések nem, vagy csak nehezen automatizálhatók, ahol más emberekkel kell kapcsolatot tartani, illetve folyamatosan változó munkakörnyezetben kell helytállni. Más esetekben jó eséllyel kiváltható a munkafolyamat valamilyen automatikával.
Számos olyan online felület áll rendelkezésünkre, ahol a vizsgálni kívánt munkakör megnevezése után az applikáció megmutatja, hogy az adott munkakör digitalizáció általi megszűnése várható-e. Ezek különböző vizsgálatokra és elemzésekre támaszkodnak.
A modern, kollaboratív robotok lehetőséget nyújtanak az extra védőberendezések nélküli működésre, így a korábban megszokott automaták nagy helyigénye már a múlté.

4.3. Géppark

Az emberi feladatok algoritmizálhatósága után célszerű megvizsgálni a területen működő gépparkot. Meg kell vizsgálni a gépek automatizáltsági fokát, és megbecsülni, hogy az egyes gépek adatgyűjtőkkel való felszerelése, esetleg automatizálása önmagában milyen hatással lenne a gyártási folyamatra. Elsősorban a szűk keresztmetszetet jelentő gépekre vonatkozik mindez, hiszen azok hatékonyságának növelése az egész folyamatra komoly hatással lehet. Természetesen a szűk keresztmetszet ezek után másik pontra helyeződik át, és a folyamat elölről kezdhető.
Igy jutunk el a területen végzett összekapcsolt tevékenységekhez. A korábban említett lean eszközökkel meg kell vizsgálni az egész folyamatot, hogy milyen lehetőséget rejt a digitalizáció. Az RCM (Reliability Centered Maintenance) funkcióanalízisének elvégzése a kulcsgépek esetén az üzembiztonság növelését segítheti elő.
A fizikai folyamatok mellett az adatokból, és információkból álló virtuális folyamat is megjelenik, amellyel megfelelő mesterséges intelligencia segítségével olyan döntési lehetőségek előkészítésére adódhat lehetőség, amivel a fizikai anyagfolyamat hatékonysága jelentősen javítható. Olyan optimalizációk lehetségesek, amelyek pusztán a fizikai folyamat változásaira reagálva nem lettek volna megoldhatók. Ezt nevezzük predikciónak.

4.4. Potenciál azonosítás

Az érettség felmérés módszertana egy fejlesztési potenciál azonosítás, ami arra szolgál, hogy a vállalatot feltérképezzük a digitalizáltsági foka szerint. A feltérképezést az alábbi kategóriák mentén érdemes végig követni, hogy semmi lényeges terület ne kerülje el a figyelmet:

A. Termék;
B. Gépek / gyártástechnológia;
C. Gyártási folyamatok (értékáram);
D. Vállalati folyamatok (több gyártási folyamatot is kiszolgál);
E. Stratégiai vezetés.

Ez a szokásos folyamatszervezési gyakorlat is. Amikor egy vállalatot felmérése folyik az éppen aktuális feladat szempontjából, ugyanezen pontokat kell számba venni.
Az egyes területeken belül alcsoportok azonosíthatók, hogy részletesebb képet mutasson a vizsgált terület. Ezen alcsoportok a következők:

A. Termék:
- Termékazonosítás;
- A gyártott termék alkalmassága automata gyártásra;
- Termékek kis sorozatra tervezve;
- Termék információk készítése.

B. Gépek / gyártástechnológia
– Munkaterv / receptúra - elvárások az adott lépésben;
– Gépkialakítás - adatszolgáltatás szempontból;
– Karbantartási rendszer / szerszámok, gépek;
– Karbantartásban alkalmazott IT technológia;
– Karbantartás mérése;
– Automatizálható munkát végző gépek;
– Kis sorozat, illetve egyedi gyártásra alkalmas technológiák;
– Megelőző karbantartás támogatása, virtuális címke;
– 3D nyomtatás.

C. Gyártási folyamatok:
– Gyártási folyamat megtervezettsége;
– Készletezési módszer;
– Belső logisztika;
– Munkahelyi standardok alkalmazása;

- Automatizálható folyamatok (Az üzleti folyamatok hány %-a jelent alacsony hozzáadott értékkel bíró monoton munkát);
- Belső logisztika algoritmizálhatósága;
- Hibaelhárítás 3D modellekkel.

D. Vállalati folyamatok:
- Elvárt mutatószám a gyártási helyen (QKL);
- Kapcsolatok standardizálása;
- Külső logisztika;
- Adatgyűjtés;
- Adatfeldolgozás szintjei;
- BI - Business Intelligence -Vállalatot átfogó adatokon alapuló döntési rendszer;
- Intelligens energiafelhasználás;
- Környezeti terhelés csökkentése;
- Vállalati IT hálózat elérhetősége;
- Vállalati IT hálózat kiépítettsége;
- Távoli segítségnyújtás;
- Termék információk elérése;
- Fa por-forgács elszívás.

E. Stratégiai vezetés:
- Emberi oldal - lean alapok - mit kezdünk az adatokkal;
- Automatizálható munkát végző személyek száma;
- Kiberbiztonság.

4.5. A módszertan kiválasztása

Egy komplex vállalati felméréshez gyakorlatilag több hetes közös munka lenne szükséges, amire, a KKV-k napi munkamenetét figyelembevéve, egy Ipar 4.0 érettség megítélését célzó projekt keretei nem adnak lehetőséget. Olyan technikát kellett hát találni, ami néhány órás együttműködéssel is megfelelő eredményt hoz.

A kutatás során egy olyan módszerre esett a választás, ami ötvözi a hagyományos ún. mélyinterjús technikát a kérdőíves, irányított szempontrendszer szerinti megítélések technikájával. Önállóan egyik technika sem lenne megfelelően hatékony és stabil a felmérés elvégzésére. Az alkalmazott fogalmak

és kategóriák közös definiálása fontos része a vizsgálatnak. A fogalmak tisztázása nélkül a megítélésben nagyon különböző értékek szerepelhetnének pusztán a különféle értelmezésekből adódóan.
Ez a módszer segíti mind a felmérést végzőt, mind a vállalatot abban, hogy az előre definiált szempontok alapján a digitalizálhatósági potenciálokat felfedezze.
Bár az Ipar 4.0 érettség felmérésben több szakirodalomban (pl. IFKA) a nem megfelelő szint után csupán három, belépő, megvalósító és kiválósági szinteket határoznak meg, a saját kutatásomban az értékelés szintjeit több részre osztottam. Azt gondolom a 3 szint kevés a potenciál azonosítására.
A kérdőíves rész típusaként un. skálakérdéses felmérésre esett a választás, amellyel a szakirodalom szerint érzelmek, attitűdök mérése számszerűsíthető.
A leggyakoribb az iskolai osztályozás mintájára kialakított un grading típus, amely 1-es és 5-ös számértékek között osztályozza le a vizsgált kérdést. A választás ugyanis annál nehezebb, minél nagyobb a skálafokozatok száma, ezért a gyakorlatban 7-8 fokozatnál többet ritkán használnak. [30]
Ezek alapján a döntés az 1-5-ig pontszámokra esett, ami a legjobb kompromisszum az általam kidolgozott értékelési folyamatban, ami megfelelő differenciálást tesz lehetővé, ugyanakkor még nem okoz döntési nehézségeket.

Az érettség felmérését célzó találkozás alapvetően három lépésből áll.

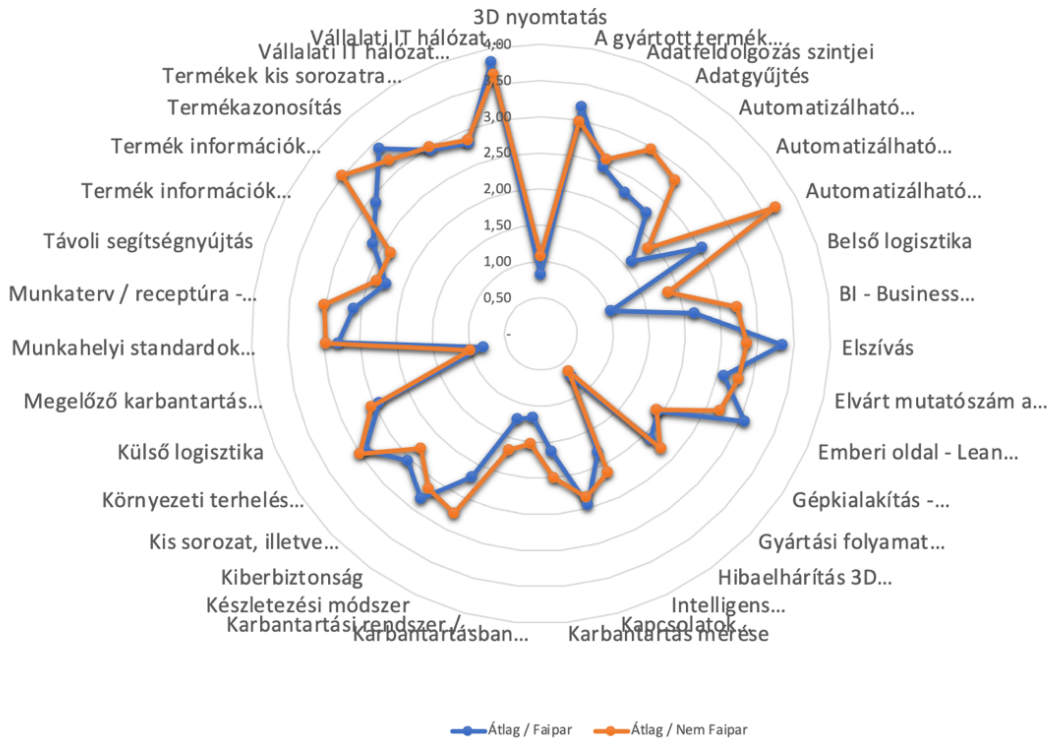
- Az első lépés egy beszélgetés a vállalat döntéshozó vezetőivel. Ennek során tisztázásra kerül a projekt célja, illetve a korábban leírt okokból az Ipar 4.0 fogalmak is. Be kell sorolni a vállalatot iparág, méret, forgalom, alkalmazottak száma, illetve feldolgozási értékláncban elfoglalt helye szerint. Rá kell kérdezni az Ipar 4.0 tájékozottság mellett a formalizált vállalati stratégiára, illetve az Ipar 4.0 stratégia meglétére. Néhány szóban meg kell vitatni a vállalatot érintő legerősebb kihívásokat, pl. a munkaerő ellátottsági helyzetet.
- A második lépés az üzemi felmérés, amit az anyagfolyam (alapanyag beérkezéstől a késztermék kiszállításig) irányában érdemes végrehajtani. A fő termékcsoportok definiálására is ebben a fázisban érdemes értékelhető választ keresni. Az üzemi felmérés során nem csak a technológiai folyamatok vizsgálata történik meg, hanem az alkalmazott vizualizációs technikák, esetleges vezetési szokások, interperszonális kapcsolatok detektálása is.
- Harmadik lépésben kerül sor a kérdőív közös kitöltésére. Néhány esetben nem sikerül azonnal minden adatot meghatározni (pl. a géppark felmérése), így ezeket a vállalatok később tudják a felmérést végző rendelkezésére bocsátani.
- Negyedik lépésnek tekinthető a kérdőívek kiértékelése és a visszajelzés.

A relevanciával alapvetően nem kalkulál a vizsgálat, mert tisztán kell látni, hol van a potenciál. Nem arra kell fókuszálni, mi az ügyfél szerinti lehetőség, hanem relevancia nélkül azonosítani azt, majd a relevanciát utólag meghatározni. Természetesen, ami a vállalat szempontjából nem meghatározó, abból következtetéseket nem von le a vizsgálat. Ilyen kérdés a fa por-forgács elszívása is, ami az egyéb iparáganál nem vagy nem ebben a formában releváns.
A kérdések összeállításakor az összes folyamat vizsgálata mellett azokra a folyamatelemekre kellett koncentrálni, amelyek a digitalizációs lehetőségek során döntő befolyással bírnak. A kérdések a korábban felsorolt kategóriák és problémakörök, illetve a már szintén említett szcenáriók összevetéseként álltak össze. Ez azt jelenti, hogy az egyes szcenáriókat a kategóriák fő-, illetve alcsoportjaival párosítottam, azaz meghatároztam, hogy bizonyos szcenáriókhoz milyen kérdéscsoportok kapcsolódnak. Ebből adódóan egy-egy konkrét kérdés szerepelhet több szcenáriónál is, amit természetesen az ügyfélnél csak egyszer jelenik meg. Így például a receptúra, vagy technológia témakörök a MES, a Kissorozatú gyártás, illetve az Ellátási lánc kollaboráció szcenáriók esetében is releváns kérdés.

5. Kutatási eredmények és kiértékelésük

A kutatás során elsősorban a faipari cégekre koncentráltam. 21 vállalkozás eredményeit tartalmazza a kiértékelés, a faipari vállalatok száma 9, az aránya tehát közel 50%. Ahogy azonban a bevezetőben már jeleztem, kíváncsi voltam, Ipar 4.0 szempontból speciális-e a faipari terület. Ezért a vizsgálati alanyok közé felvettem egyéb iparágakból választott cégeket is. Ezek között jellemzően fémipari cégek szerepelnek, összesen 7 vállalkozás, valamint 1-1 műanyag gyártással foglalkozó, szerelő, üvegfeldolgozó, elektronikai, valamint 1 kereskedelmi vállalkozás. A következő ábrákon a kérdések összesítését mutatom be az összes vizsgált vállalatra.

A 17. ábra a cégek iparági megosztását mutatja. Két csoportra, faipari-, illetve egyéb iparág kategóriákra bontottam a kutatásban résztvevő cégeket. A vizsgálat azt az eredményt hozta, ami már a helyszíni felmérések alapján várható volt, hogy a faipar Ipar 4.0 szempontból nem rendelkezik speciális tulajdonságokkal.



13. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Az összes kérdés iparág szerinti bontásban [31]

A 17. ábrán az összes kérdés szerepel, azért, hogy szemléletes legyen a két görbe egymásba simulása. Emiatt a kérdőív kérdései néhol összemosódnak. A teljes kérdőív, az összes kérdéssel a dolgozat végén található. (1. számú melléklet)

A két vizsgált csoport Ipar 4.0 eredményei, vagy másképpen fogalmazva a rendelkezésre álló potenciál nagyon hasonló, azaz iparág független.

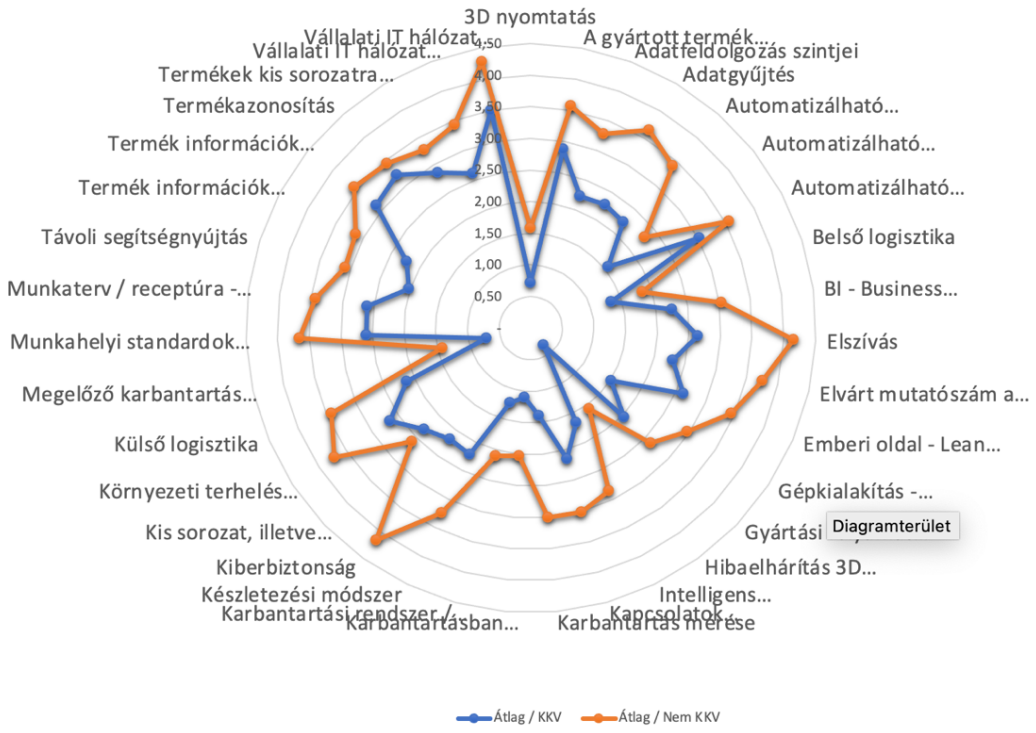
A legalacsonyabb pontszámokat kapott kérdések, azaz a legmagasabb potenciált rejtő elemek a következők:

–	Hibaelhárítás 3D modellekkel	0,68
–	Megelőző karbantartás támogatása virtuális címke	0, 2
–	3D nyomtatás	0,96
–	Belső logisztika	1,48
–	Karbantartásban alkalmazott IT technológia	1,36
–	Karbantartási rendszer / szerszámok, gépek	1,47

Ahol a pontszámok az összes cég átlagát mutatják 1-5-ig terjedő skálán. A 6 kérdés 3 kérdéskörré szűkíthető. Ennek alapján a potenciál, amit a kérdőív kimutat a következő:

– 3D nyomtatás
– Belső logisztika
– Karbantartás

A vállalatokat méret szerinti csoportosítását mutatja a 18. ábra. Egyik csoport a hivatalos KKV definíció szerinti vállalatokat tartalmazza, a másikba pedig a KKV-nál nagyobb cégek kerültek.
A 21 vizsgált cég közül 16 KKV és 5 Nagyvállalat szerepel. A Magyar Államkincstár meghatározása szerint KKV-nak nevezzük az évi 50 millió Euro alatti árbevétellel rendelkező és 250 főnél kevesebb létszámot foglalkoztató vállalatokat. [32]



14. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Az összes kérdés vállalati méret szerint [31]

Ebben a kategorizálásban sokkal markánsabban elválik a két vizsgált csoport. Azaz amíg iparági specializáció nem fedezhető fel a vizsgált cégek között, addig egyértelműen látható, hogy a vállalati méret komolyan befolyásolja az adott cég Ipar 4.0 lehetőségeit, jelenlegi besorolását. Természetesen ez sok szempontból várható, hiszen az Ipar 4.0 fejlesztések sok esetben komoly beruházások, melyek költségei a kisebb cégek számára nehezebben elérhetőek.

Ugyanígy párhuzam van a cégméret és a létező vállalati stratégia között. Ipar 4.0 szempontból előnyben vannak a stratégiával rendelkező cégek, ahol a menedzsment léte és szerepe meghatározó.

A teljes képhez azonban hozzá tartozik, hogy bár a nagyobb vállalatok rendelkeznek ugyan vállalati stratégiával, kézzel fogható Ipar 4.0 stratégia megléte egyetlen vállalatnál sem volt megtalálható. A vizsgálat kapcsán született olyan igény, hogy az adott vállalat Ipar 4.0 stratégiát szeretne.
Ebből következik tehát, hogy összefüggés van a vállalati stratégia, a menedzsment szerepvállalása és az Ipar 4.0 lehetőségek kihasználása között.
Ugyanezt a megállapítást tettem egy, a GINOP 113 projekt kapcsán, ahol szakértőként vettem részt. A projekt több lépcsős ügyfél úton kívánta segíteni a KKV szektort, hogy Ipar 4.0 fejlesztési potenciáljaikat felismerjék. A projekt önértékelést, oktatást, szakértői felmérést és tanácsadást egyaránt tartalmazott. A szervezettség foka a projektben résztvevő összes KKV esetében azonosításra került, és arra azt a következtetést sikerült levonni, hogy a magasabb szervezettségi fokon levő vállalatok inkább felismerik a potenciált az Ipar 4.0 területen és könnyebben is vágnak bele egy-egy ilyen projekt kivitelezésébe. Az Ipar 4.0 fejlesztések magas beruházási költségeik mellett, vagy akár előtt komoly szellemi erőforrást kívánnak az adott vállalkozástól. Ahol ezen feladatokra nem lehet megfelelő szakembereket delegálni, ott a projekt sikere is bizonytalanabb.

Több ízben is utaltam rá korábban, hogy az Ipar 4.0 fejlesztéseket folyamatszervezési lépéseknek kell megelőznie. Erre épül a teljes kérdőív logikája. Itt a nagyvállalatok egyértelmű előnye az a szervezeti felépítés, amely sok KKV esetében még nem áll rendelkezésre.
Emiatt is lényeges az a kormányzati törekvés, amely éppen a KKV-k Ipar 4.0 fejlesztéseit kívánja támogatni, egyrészt pénzügyi forrással, másrészt ún. know-how transzferrel. Azaz, a folyamatszervezési logika átültetésével.

Tekintve, hogy a kutatás a faipari vállalatokat célozza, a következő, 19-37-ig ábrákon a cégenkénti kimutatásokban csak a faipari vállalkozásokra vonatkozó adatok szerepelnek. Ez összesen 9 vállalat adata a vizsgált 21-ből. Ennek oka inkább az ábrák jobb áttekinthetősége.
A min/max ábrák azonban tartalmazzák az összes vizsgált vállalatot. Emiatt a párhuzamba állított ábrák esetenként nem azonos min/max értéket mutatnak, hiszen előfordulhat, hogy a faiparban más a szélsőérték az adott kérdést tekintve. Pl. a 19. és 20. ábrák tekintetében ellentmondásosnak tűnhet az elvárt mutatószám a gyártási helyen (QKL) érték, ami a 19. ábrán 4,5 érték, míg a 20. ábrán 5. Ez a fentiek miatt van, azaz a min/max ábrákon az összes vállalat értékei szerepelnek.

5.1. Gyártás vizualizáció

A gyártás vizualizáció, vagy mai szakkifejezéssel MES - Manufacturing Execution System a termelés folyamatát valós időben végrehajtó és követő számítógépes rendszer, amely az anyagáram folyamatát

irányítja és felügyeli. Segítségével a termelést vezető szakemberek minden pillanatban nyomon követhetik a gyártórészlegben folyó munkát, jelzéseket kaphatnak a gyártástervtől való eltérésről, és ezek alapján javítható a gyártás termelékenysége. A MES a termelés valós idejű adatait a termelési cellákban működő gépek vezérlőjeleiből, telepített szenzor-rendszerekből, vagy más, akár a dolgozók által működtetett jelzőrendszerekből kapja.
A MES funkciókészlete többek között a gyártás következő fontos területeit foglalhatja magában:

- gyártási adatok tárolása és megjelenítés;
- erőforrások (gépek, emberek, anyagok) operatív tervezése;
- munkamegrendelések kiosztása;
- termelés követése és analízise;
- leállások és meghibásodások rögzítése és analízise;
- termelési hatékonyság, valamint a minőség felügyelete;
- anyagfelhasználás követése stb.

Ahhoz, hogy a gyártást megfelelő digitális eszközökkel vizualizálni lehessen, nem elegendő digitális kijelzőket a gyártógépek fölé helyezni. A következő fontos feltételek szükségesek a jól működő MES rendszerhez:

- Termékazonosítás - A gyártott termékek azonosítása kritikus szerepet kap egy gyártóüzem életében. Lehetséges csupán a terméktípusok azonosítása, esetleg magán a terméken történő megjelöléssel, sőt akár minden termékegyedet is azonosíthatunk. Ez nagyban segíti a termék visszakövetésének lehetőségét. A különböző szintek a gyártásban található termékek megjelölését, visszakövetését jelentik.

- Technológiai leírások, sorrendek - A gyártás során bizonyos gyártási recepteket, munkaterveket követ a folyamat. A leírások részletessége, paraméterei nagyon sokrétűek lehetnek. Minél részletesebb, minél több területet vesz figyelembe a leírás, annál nagyobb az esély a termeléstervezési számítások elvégzésére. Lényeges a sokrétűség mellett, hogy ezek az adatok mennyire követik a valóságot, azaz mennyire használhatóan írják le a valós eseményeket. Azon a gépen készül-e a termék, ami a munkatervben szerepel? Az-e az elvárható technológiai idő, vagy mellékidő, ami a paraméterek között van?
- Többször is felmerül kérdésként a technológiai adatok alapján történt előkalkuláció, és a valós adatok alapján elvégzett utókalkuláció összevetése. A vállalati átfogó irányítási rendszerek (ERP) többsége lehetőséget ad a technológiai adatok rögzítésére, azonban az adatminőség minden esetben

komolyan befolyásolja a rendszer működési minőségét. Egy megfelelően bevezetett vállalatirányítási rendszer jó alap lehet a vállalat további fejlesztésére.

– Gépkialakítás adatszolgáltatás szempontból - Ahhoz, hogy valós idejű adatokat tudjunk megjeleníteni, esetleg feldolgozni a gyártás folyamán, nagy segítséget jelent, ha a gépek már maguk is képesek a gyártási adatok követésére és képesek kommunikálni egymással, vagy a termelés irányító rendszerrel. Bár lehetőség van pusztán manuális adatgyűjtéssel is kialakítani egy termeléskövető rendszert, az adatbiztonság szempontjából nagy lépést jelent, ha emberektől független adatokkal dolgozhatunk. Nem egyszerű feladat a különböző gyártóktól származó berendezések adatainak egységes szintre hozása, azaz konszolidációja. Természetesen az a legszebb, és legegyszerűbb megoldás, ha a vállalat összes gépe azonos gyártótól származik, és maguk a gépek azonos protokollok szerinti adatok szolgáltatására képesek. Ez a valóságban azonban nagyon ritkán valósul meg. Az esetek többségében meglehetősen vegyes korú, és adatszolgáltatási képességű gépekből származó adatokkal kell dolgoznunk. Megoldás lehet egy minden géptől független adatgyűjtő rendszer kiépítése, amivel gyakorlatilag utólag alkalmassá tesszük a gépeket a megfelelő adatok szolgáltatására. Ekkor minden termelőgéphez adatgyűjtő egységet kell telepíteni, de az adatok homogenitásával kevesebb probléma lesz. A felmérés során ezért a gépparkot olyan szempontból vizsgáltam, hogy jelenleg milyen adatkapcsolattal rendelkezik. Manuális gép – adatkapcsolat nélkül, vagy IoT képes gép, megfelelő hálózati protokollal.

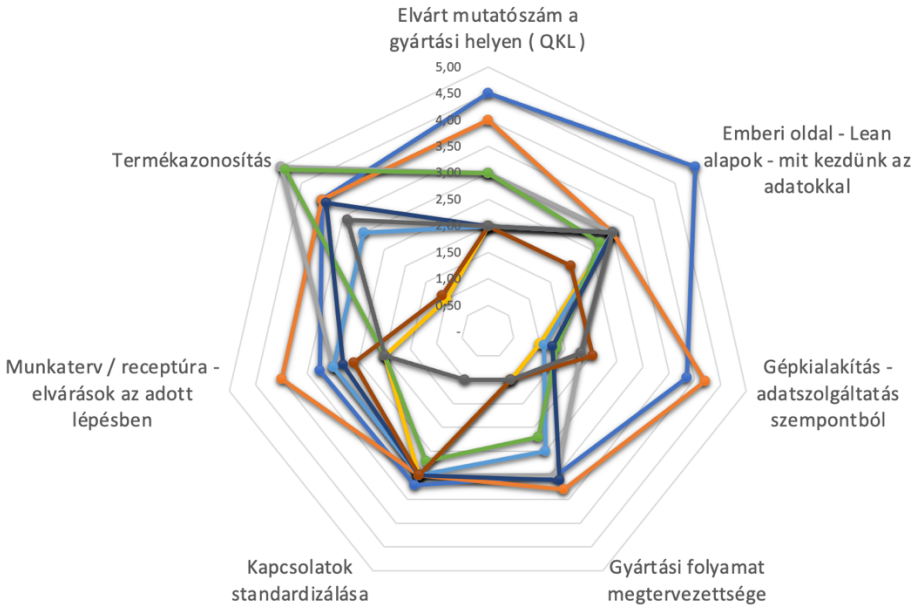
– Gyártási folyamat megszervezettsége - Komoly kérdést jelent, hogy mit lehet kezdeni a megjelenített adatokkal, mennyire megtervezett a gyártási folyamat. Itt sem arra kérdez rá a kutatás, hogy elméletileg milyen szintet lehetne elérni az adott termékstruktúrával, hanem a valós tervezési, szervezettségi színvonal kerül fókuszba. A „mindenki tudja a dolgát”, azaz a fejből követett termelési folyamatok ebből a szempontból a legalacsonyabb szint, hiszen ebben az esetben nem olyan egyszerű a tervezés, sok esemény a dolgozók kvalitásától, esetleg pillanatnyi mentális és fizikai állapotától függ. Az ilyen szervezésű egységekben formalizált adatgyűjtés és feldolgozás majdnem lehetetlen. Komoly előrelépést jelent, ha a vállalatnál már kialakult bizonyos adatok alapján történő döntési mechanizmus. Persze ennek is lehetnek különböző szintjei, igazán ezt próbálja meg felmérni a kérdőív ezzel a kérdéskörrel.

– Elvárt mutatószám a gyártási helyen - Ahhoz, hogy a MES rendszer megfelelően működőképes legyen, a vállalati mutatószámok rendszerébe is illeszkednie kell. Tudni kell minden egyes gépen, hogy mi várható el, sőt még azt is definiálni kell, hogy ha valamely mutatószám a „nem megfelelő” kategóriába csúszik, akkor mi a teendő. Akkor jó egy mutatószám rendszer, ha minden eltérésnél

egyértelműen azonosíthatók mind a feladatok, mind pedig a végrehajtásukért felelős személyek. Az igazán jól felépített rendszerekben a különböző eltérésszintekre, esetleg az eltérés lefutására, időtartamára megfelelő feladat protokollok léphetnek életbe. Az adatok szerint történő vezetés alapfeltétele a megfelelően kialakított mutatószám-rendszer. A mesterséges intelligenciával támogatott adatelemzések már bizonyos fokú predikcióra, előjelzésre is képesek. Vannak rendszerek, amelyek szimulációs képességekkel rendelkeznek, azaz a „mi lenne, ha..." típusú kérdések elemzésére is alkalmasak.

– Üzemi szervezettség – lean alapok - A gyártási folyamat megszervezettségén felül az is befolyásolja egy adatgyűjtő rendszer létjogosultságát, hogy az egész üzem – esetleg vállalat szervezettsége milyen színvonalú. Egyáltalán mit lehet kezdeni az adatokkal? Előbb kell az igényt megteremteni az adatszolgáltatásra, mint hogy a meglévő adatokkal „kezdjünk valamit". Az adatgyűjtést minden esetben komoly szervezőmunkának kell megelőznie. Először azt kell definiálni, hogy mit kell látni, mely döntéseket kell adatokkal alátámasztani, majd ehhez kell az adatgyűjtést, adatelemzést kialakítani. A gyakorlatban hatékonyabb az a rendszer, amit először manuális módszerekkel alakítanak ki, majd ezt megtámogatják digitalizációs technikákkal. A lean rendszer alapvetően ezt a manuális szervezettséget jelenti. Amennyiben nem az értékteremtő lépésekre kerül a fókusz, komoly hiba történhet az átalakítások során. Ez a kérdéscsoport tehát azt vizsgálja, hogy a gépek mellett megjelenített adatok mennyiben segíthetik az operátorok, illetve közvetlen termelésirányítók munkáját.

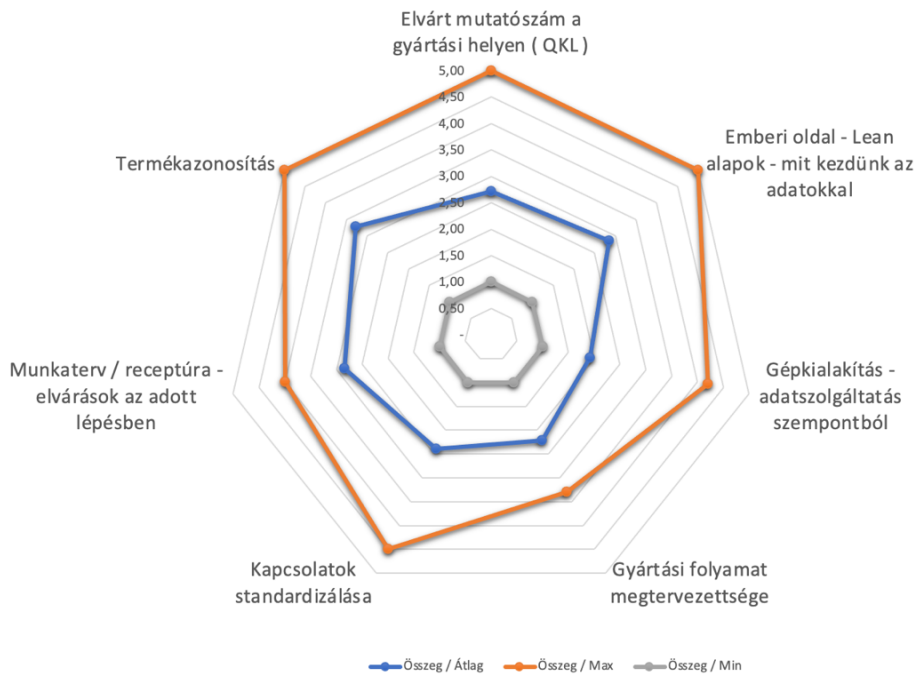
A MES rendszer pontszámait a vizsgálatban résztvevő faipari vállalatokra szűrve a 19. ábra mutatja:



15. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – MES – cégenként (csak faipar) [31]

Az egyes színek a különböző vállalatoknál megállapított értékeket mutatják. Bár az elemzés nem összehasonlító felmérés, jól látható, hogy a vállalatok jelentős eltérést mutatnak, a kép meglehetősen vegyes. Fontos ismételten megemlíteni azonban, hogy a relevanciát nem vette figyelembe a kérdőív. A diagrammban kék színnel jelölt vállalat az egyetlen, ahol már kiforrottan működő termeléskövető rendszert láthattunk. A kék színnel jelzett vállalat egy kiemelkedően jól működő vállalat lean szempontból, tehát a következtetésünk, miszerint lean alapokra kell építkeznünk helyes, ha a kimutatásra támaszkodunk.

A 20. ábra a kapott legmagasabb, legalacsonyabb, illetve átlag értékeket mutatja az összes cégre:



16. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – MES - min/max (összes vizsgált cég) [31]

Legalacsonyabb pontszámot a Gépkialakítás adatszolgáltatás szempontból és a Gyártási folyamat megtervezettsége kategória kapta. Az átlag pontszámokat tekintve a Gépkialakításra vonatkozó pontszám az alacsonyabb, míg a maximumokat tekintve a gyártási folyamat kategória. Természetesen érdemes az átlagra fókuszálni.

Az elvárt mutatószámrendszerek és lean alapok kategóriákban is nagy különbségek találhatók a vállalatoknál, a valós adatközpontú irányításhoz ez a szint még kivétel nélkül fejlesztésre szorul. Elsődleges cél a gyártás lekövetése, nem pedig irányítása volt ezekkel az adatokkal.

Az átlagértékek minden kategóriában középen helyezkednek el, tehát összességében a vizsgált vállalatok meglehetősen átlagos szintet képviselnek, viszont jelentős az értékek szórása. Ez azért kedvező, mert láthatóan rámutat a kérdőív azokra a területekre, amelyek fejlesztésével a legnagyobb eredmények várhatók.

5.2. Ellátási lánc kollaboráció

Az ellátási lánc szereplőinek együttműködése az információk, termelési tervek, készletadatok, előrejelzések megosztása révén, lehetőség szerint szabványos elektronikus adatcserével, illetve VMI, CRP szerinti együttműködéssel történik.

– Electronic Data Interchange (EDI). Elektronikus adatcsere szabvány - szigorúan strukturált üzeneteknek számítógépek közötti, emberi közreműködés nélkül megvalósított cseréje. Az EDI

üzenetek elektronikus cseréjét jelenti két fél között, és bármelyik fél lehet az üzenet küldője vagy fogadója.

– Vendor Managed Inventory (VMI), azaz a beszállító által kezelt készlet. VMI szerinti együttműködésben a gyártó, beszállító cég menedzseli a vevője készleteit. A vevő ennek érdekében online hozzáférést biztosít a beszállító számára a készletadataihoz, vagy azokat megállapodott gyakorisággal megküldi a beszállító számára. Az előre megállapított készletpolitikai elvek alapján (pl. minimum és maximum készletszint) a beszállító hozza meg a készletek utántöltéséről szóló döntést és szállítja be az alapanyagot a vevő raktárába. Ha azt feltételezzük, hogy a beszállítóinktól kapott alapanyagok készlete, vagy a bérmunkahelyek által befolyásolható készleteink szintje jelentősen befolyásolja a megcélzott változásra kijelölt teljesítményünket, akkor ehhez az eszközhöz érdemes fordulnunk.

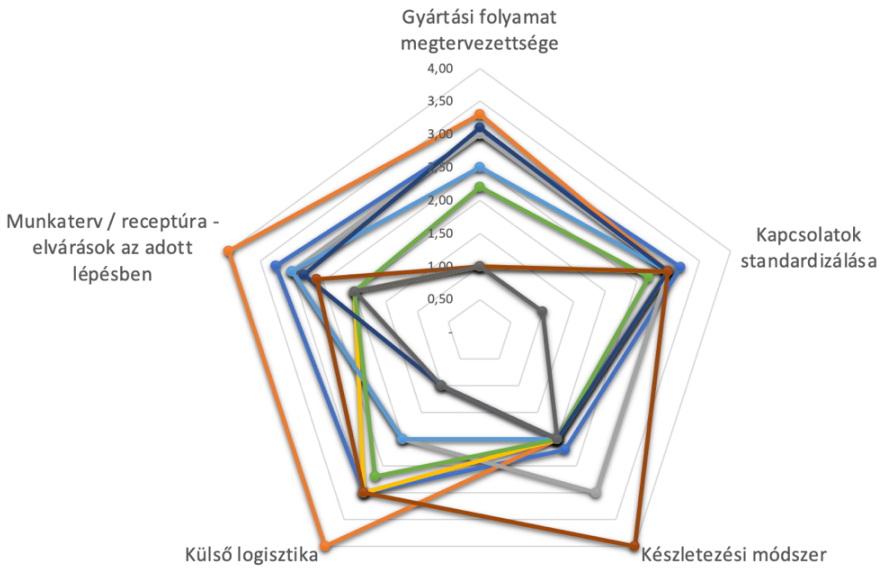
– Hasonló területen lehet kedvező a Continuous Replenishment (CRP) azaz folyamatos feltöltés technika, ami a VMI-hez hasonló elven és automatizmusok alapján azt a folyamatot jelenti, amikor a meghatározott készletszintet a napi értékesítési adatok alapján a készletek folyamatos utántöltésével a beszállító biztosítja. Fontos a különbséget azonban kiemelni. Mivel az értékesítés alapú készletfeltöltés nem számol az eladott vagy felhasznált készlet legközelebbi igényként való megjelenésével. Azaz a hiányzó alapanyag akkor is feltöltésre kerül, ha csak hosszabb idő múlva lesz szükség rá.

Fontos feltétele az ellátási lánc kollaborációnak, hogy a termelési folyamatban az egyes szereplők jól együtt tudjanak működni. A gyakorlatban egyik vizsgált vállalatnál sem láttuk működni ezeket a technikákat, technológiákat. Itt is azt vizsgáltuk, hogy milyen feltételei vannak az ellátási láncon belüli együttműködések új szintre emelésének.

Gyakorlatilag a kérdések az alábbi szempontokra koncentráltak:

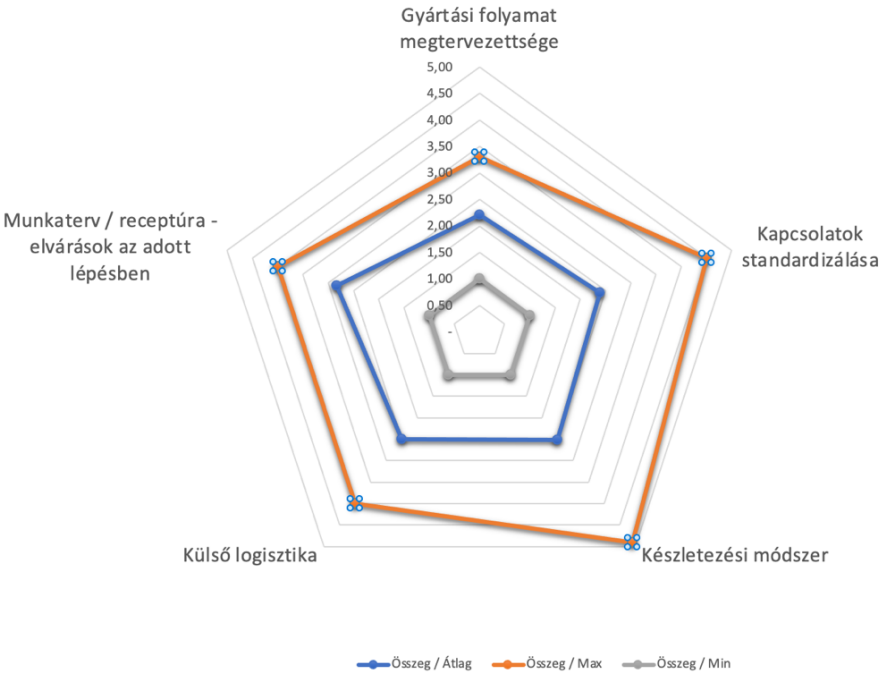
– Kapcsolatok standardizálása – mennyire fejlett a jelenlegi külső kapcsolatrendszer kezelése;
– Készletezési módszer – a beérkező/kiszállítandó árukat milyen készletezési technikával tartja a vállalat nyilván, van-e lehetőség a külső kapcsolatokkal ezek fejlesztésére;
– Külső logisztika – milyen szervezettségűek jelenleg a külső logisztikai kapcsolataik;
– Munkaterv/receptúra – elvárások az adott lépésben – mennyire átlátható a gyártási folyamat, mennyire tudjuk leírni a lépéseket;
– Gyártási folyamat megtervezettsége – milyen tervezési szinten követi a vállalat a gyártását, mennyire lenne képes a vevőit, szállítóit valós információkkal ellátni, ha lenne online kapcsolata?

A felmérés során a faipari vállalatok az Ellátási lánc kollaboráció témakörben a 21. ábrán látható képet mutatják:



17. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Ellátási lánc kollaboráció – cégenként (csak faipar) [31]

Minimum maximum értékek tekintetében az összes vizsgált vállalatra vonatkozó eredmények a 22. ábrán láthatóak:



18. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Ellátási lánc kollaboráció - min/max (összes vizsgált cég) [31]

Látható, hogy a vállalatok itt jóval egységesebb képet mutattak, nincs is kiemelkedő eltérés a vizsgált cégek külső kapcsolataikkal való kommunikációs gyakorlatában. Az is látható, hogy a vizsgálatban

szereplő KKV vállalatok meglehetősen nehezen nyitnak a piac többi szereplője felé, nem szívesen kapcsolódnak adat szinten más vállalatokhoz. Vannak ugyan egy-egy nagy értékű gép jobb kihasználását célzó összekapcsolódások, stratégiai szövetkezések, de mindenki a hagyományos vevő/szállítói kapcsolatok szintjét preferálja. A saját adatainak transzparenssé tételét egyikük sem tartja elképzelhetőnek.

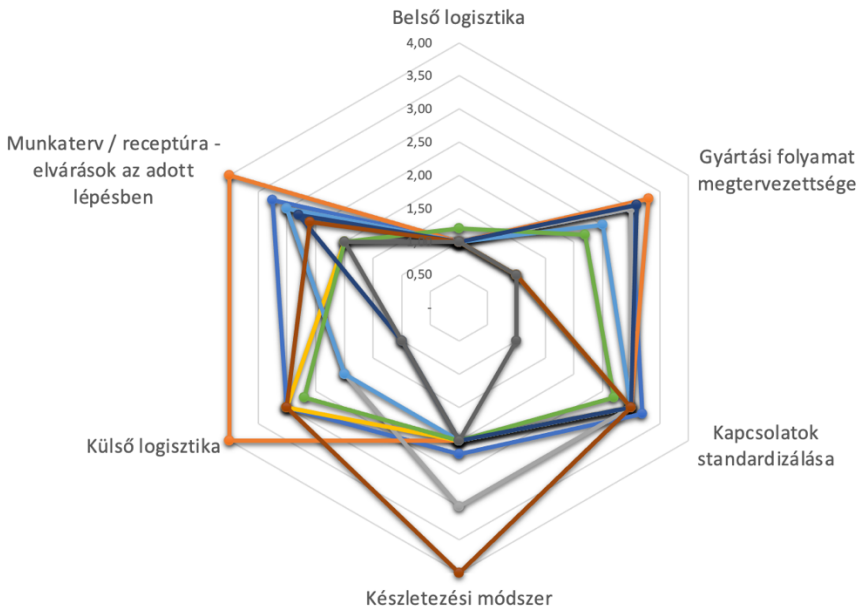
5.3. Ellátási lánc-, készlet- és termeléstervezés optimalizálás, vizualizáció

A piaci igények kielégítéséhez szükséges optimális készlet-, beszerzési és termelési tervek készítése ERP, SCM, Advanced Planning rendszerek segítségével, melyek véges kapacitás tervezéssel, optimalizáló motorokkal, „mi lenne, ha" szimulációs funkcióval rendelkeznek. Segítségükkel elemezhetők és optimalizálhatók a termelési trade-off folyamatok (pl. termelési sorozatnagyság vs. készlet, beszállítási gyakoriság/sorozatnagyság vs. készlet).

A gyáron belül és az ellátási lánc szereplőinél az aktuális és várható készletek mennyiségének, valamint a készletek helyének, státuszának optimális esetben valós idejű megjelenítése. A készletadatok, készletmozgások követése (pl. vonalkód technikával, RFID alkalmazással), a megjelenítés az ERP, SCM, Advanced Planning rendszereken keresztül történik. Amennyiben a célok során a készletek szintjével, illetve azok összetételével akadt teljesítményproblémánk, akkor ezt az eszköztárat mindenképpen érdemes használnunk.
Ahhoz, hogy meg tudjuk ítélni, milyen optimalizációs, vagy vizualizációs módszerek tudnának leginkább segíteni a vállalat fejlődésében, fel kell mérnünk, hogy milyen dolgokkal függenek ezek össze:

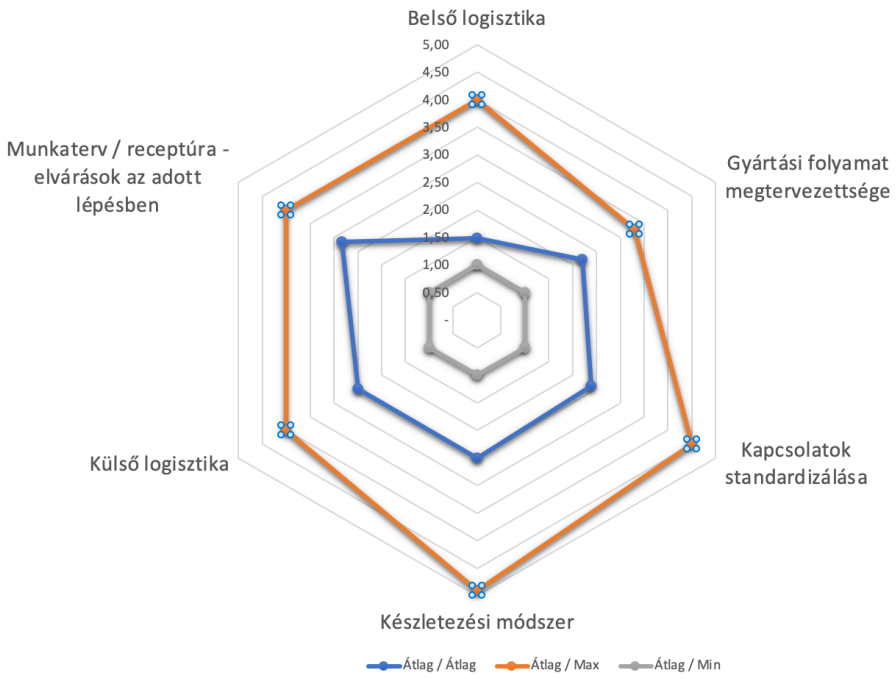
- Készletezési módszer – jelenleg mit használ?
- Belső logisztika – vannak-e automatizmusok, vagy erre utaló jelek?
- Gyártási folyamat megtervezettsége – mennyire ismerik a kollégák a tervezett feladatokat?
- Kapcsolatok standardizálása – külső kapcsolatainkban vannak-e kialakított rendszerek?
- Külső logisztika – a szállítások rendszere milyen szinten került kialakításra?
- Munkatervek - – tudjuk-e, hogy mi lesz a termék következő megmunkálási helye?

A 23. ábra az ellátási lánc tervezési és vizualizációs értékeket mutatja a faipari vállalatok körében:



19. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Ellátási lánc- cégenként (csak faipar) [31]

A 24. ábrán a szélsőérték, valamint az átlagértékek láthatóak az összes vizsgálat céget illetően szintén az ellátási láncra vonatkozó kérdések alapján:



20. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Ellátási lánc – min/max (összes vizsgált cég) [31]

A 24. ábrán szembetűnő a belső logisztika átlag pontszáma. Gyakorlatilag mindenhol kizárólag a személyek által felügyelt szállítás az elsődleges. Ez persze nem jelent manuális anyagmozgatást,

hiszen targoncák, liftek, rakodógépek, daruk minden vállalatnál megtalálhatóak, sőt szigetszerű megoldásként görgősorok is kapcsolnak össze gépeket, azonban az irányítást minden esetben anyagmozgató kollégák személyes döntései vezérlik. Gyakorlatilag nem volt példa önvezérlő körökre vagy folyamatokra a vizsgált cégek között.

Azt mondhatjuk, hogy a belső logisztika csak kevés helyen érte el azt a szintet, hogy valamiféle automatizmust építsenek a teljes folyamat szintjére. Az igény szinte minden vállalatnál megtalálható, és valószínűleg az Ipar 4.0 fejlesztések egyik fő irányvonala ez lehet.
Az eszköztárban a legtöbb helyen még nem a konkrét IT technológiai elemek hiányoztak (vonalkód nyomtatók/olvasók, adatgyűjtők stb.), hanem a konkrét folyamat felülvizsgálat, a célok meghatározása. Ködös elképzelések voltak arról, hogy mit szeretnének megvalósítani, de ez még csak néhány helyen került magasabb döntési szintre, azaz vizsgálatok, elemzések szintjére.

Itt került sor a korszerű gyártáslogisztikai megoldások lehetőségének vizsgálatára is. Az automatizálás nem áll meg a gyártógépeknél, hiszen a korszerű raktár- és gyártáslogisztikai megoldások jelentős potenciállal bírnak. Ilyenek például a hangutasításra történő árukiszedés (voice picking), a fényvezérléses áruösszeszedés (light picking), automatikus komissiózó rendszer, automatikus doboz/karton kiszedő rendszer, automatikus doboz/karton szortírozó rendszer, automata karusszel vagy görgőrendszer, automata irányítású járművek (AGV), automatizált raktárrendszerek, automatizált raktári felrakodógépek, kiterjesztett valóság alkalmazása. Ezek az eszközök azonban csak akkor működhetnek, ha jól algoritmizálható belső anyagmozgatást építünk fel.

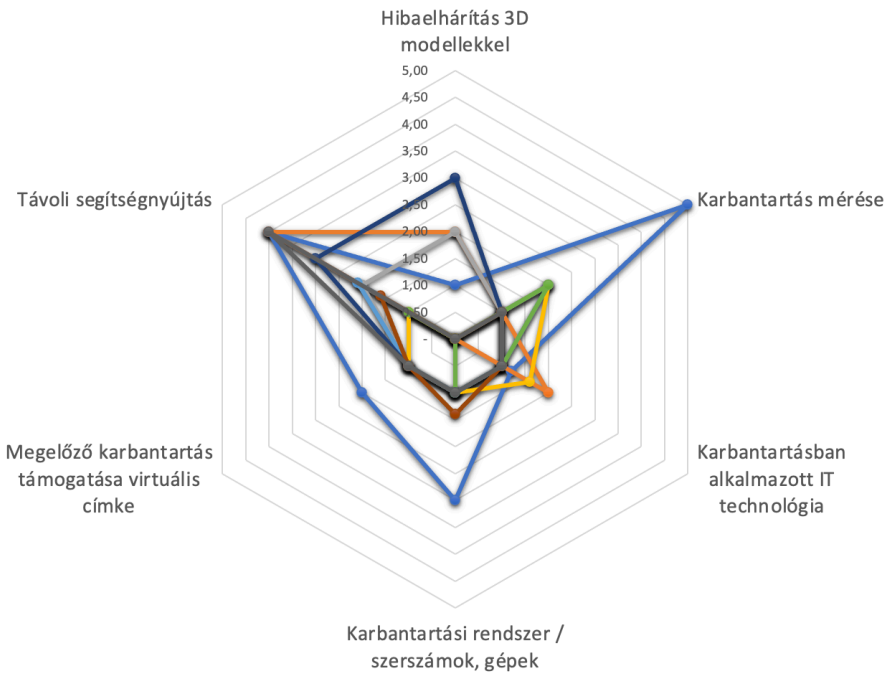
5.4. Karbantartás

A gépek berendezések karbantartása, illetve üzemképes állapotban tartása minden vállalat számára fontos kérdés. Minél inkább lean elvek alapján szervezett üzemről van szó, annál hangsúlyosabbá válik az egyes berendezések rendelkezésre állása, megbízható működése.
Ha a gépek rendelkezésre állásának megfelelő szinten tartása az egyik legnehezebb feladat, akkor a prediktív karbantartás segíthet. Ennek során a termelő gépek állapota folyamatosan, vagy rendszeresen felügyelt lehet, ami a gép valamely fizikai jellemzőjének (pl. hőmérséklet, rezgés, energiafogyasztás) vagy a gép által megmunkált félkész termék fizikai jellemzőjének mérésével érhető el. A mérési adatok feldolgozásával előre jelezhető a gép karbantartásának szükségessége ahelyett, hogy bizonyos futási időhöz kötnénk a karbantartást, amikor az a gép fizikai állapota alapján esetleg még nem indokolt alkatrész csere vagy felújítás. Így a gépek kieső idejének csökkentése mellett a túlkarbantartásból adódó költségnövekedés is elkerülhető.

A kutatás során azt is vizsgáltuk, melyek azok a területek a karbantartáson belül, amelyek az Ipar 4.0 eszközökkel tovább fejleszthetők:

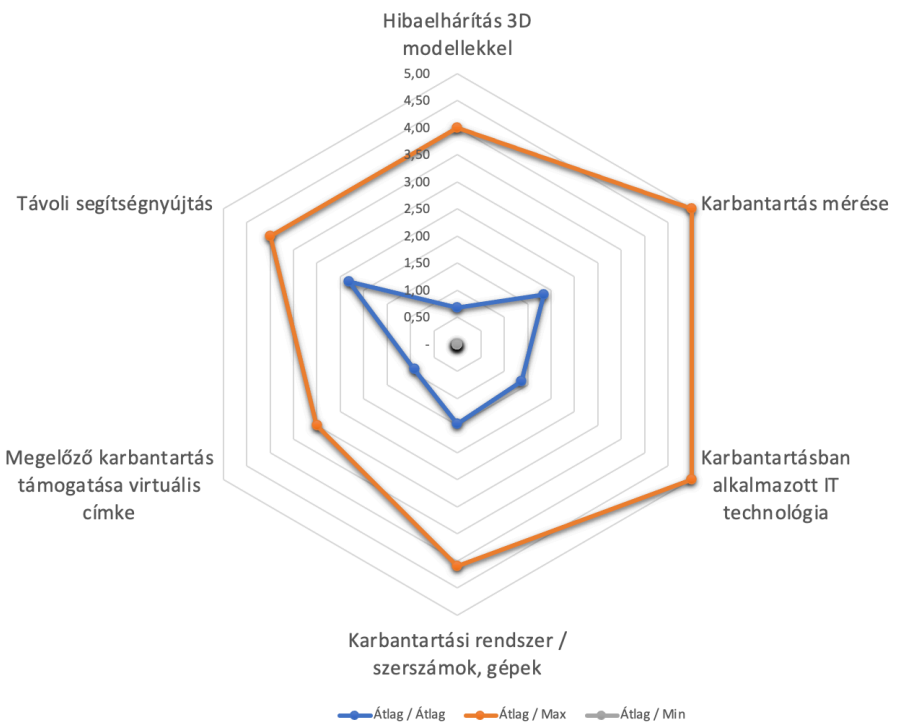
- Karbantartási rendszer/szerszámok, gépek – megállapítottuk, hogy milyen szintű a jelenlegi karbantartási rendszer;
- Karbantartásban alkalmazott IT technológia – megvizsgáltuk, hogy a karbantartás területén digitalizációs lépések történtek-e már;
- Karbantartás mérése – milyen szinten mérik a vállalatok a karbantartást;
- Megelőző karbantartás támogatása, virtuális címke – milyen szintű a megelőző karbantartás;
- Távoli segítségnyújtás – meg vannak-e a feltételei a távoli segítségnyújtásnak;
- Hibaelhárítás 3D modellekkel – a digitális karbantartástámogató rendszerhez elérhetők-e modellek, adatok.

A karbantartás vizsgálata vállalatonként a faipari cégekre szűrve a 25 ábrán jelenik meg:



21. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Karbantartás – cégenként (csak faipar) [31]

A karbantartási témakör szélsőértékeit és átlagait az összes vizsgált vállalat esetében a 26. ábra tartalmazza:



22. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – karbantartás - min/max (összes vizsgált cég) [31]

Összességében az egyik legkritikusabb terület a karbantartás volt a felmérésben résztvevő vállalatoknál. Az átlag pontszámokat figyelembevéve az összes releváns kérdésre alacsony pontszámokat kaptak a vizsgált szervezetek. Ugyan gépparkjukat tekintve meglehetősen vegyes képet mutattak, de a karbantartásra fordított figyelem az esetek többségében nem volt túl nagy. Ez nem azt jelenti, hogy nem működtek a gépek, csupán a hibáig üzemelés volt a legelterjedtebb javítási stratégia. Gyakorlatilag addig használják az adott gépet, amíg az el nem romlik. Néhány helyen a nagy szezonalitás miatt évi karbantartási időszakot definiáltak, azonban a termelési időszakban a karbantartási kérdések háttérbe szorultak.

Szinte minden vállalat érezte ennek a hiányát is, hiszen példákat tudtak mondani a kieső kritikus gép miatt megkésett szállításokról, azonban ténylegesen kevés lépést tettek a megoldás irányába. Még a többi területen olyan jól teljesítő nagyobb vállalatok is csak kezdeti lépésekről tudtak beszámolni ezen a területen, nem kiépített rendszerről.

Érdekes tanulság, hogy a gépgyártók a modern gépekbe már eleve beépítettek karbantartási funkciókat, érzékelőket, figyelmeztetéseket. Ezek a rendszerek azonban a megfelelő kiszolgálási rendszer hiányában csak korlátozott eredményességgel funkcionálnak.

Találni ellenpéldát is, ahol a kritikus gép kritikus csapágyainak ellenőrzésére szenzoros ellenőrző rendszer került kiépítésre.

Amíg a megbízhatóságon, vagy rizikó elemzésen alapuló karbantartások egy modell által próbálnak közelíteni az optimális választáshoz, addig a prediktív karbantartás azt jelenti, hogy a gép, mely megfelelően digitalizált, képes előre jelezni a hibákat, így a teljes élettartam alatt üzemeltethető az eszköz. Emellett természetesen a tervezhetőség és költség is fontos szerepet kap, hiszen így nem a váratlan megállások teszik ki a karbantartás jelentős részét, sőt a prediktív karbantartásba bekapcsolt eszközöknél a váratlan hiba a nullához közelít.

A digitális technika adta lehetőségeket, mint kiterjesztett valóság, vagy virtuális valóság a cégek még nem ismerték, csak néhány érdekességnek számító ismeretterjesztő kiadvány szintjén hallottak róla. Nem is gondolták, hogy a felgyorsult fejlődési ütem milyen sok lehetőséget rejt a hatékonyabb karbantartási lépések bevezetésére.

Minden vállalatnál fontos téma a karbantartottság kérdése, és minden vállalat kénytelen számolni a váratlan hibákból eredő kiesésekkel, mégis ez a terület, ahol a legnagyobb potenciálok mutathatók ki. Fontos szerepe van a gépgyártók mellett a független oktatási és tanácsadói területeknek a lehetőségek bemutatására.

Fel kell hívni a figyelmet, hogy a modern eszközök használata és azok karbantartása már egészen más ismereteket követel a kiszolgáló személyzettől (27. ábra). A modern gépek egyre inkább tekinthetők vegyes rendszernek, mint tisztán mechanikai és tisztán elektronikus rendszerek összeépítésének. A hardver elemek, azaz a fizikai elemek mellett egyre nagyobb szerepet játszanak a gépeken futó programok is. Ezek kezelése, mentése, esetleges karbantartása is speciális szakértelmet, gyakran meglehetősen drága eszközöket igényelnek.

23. ábra: Humán követelmények megváltozása az Ipar 4.0 következményeként [33]

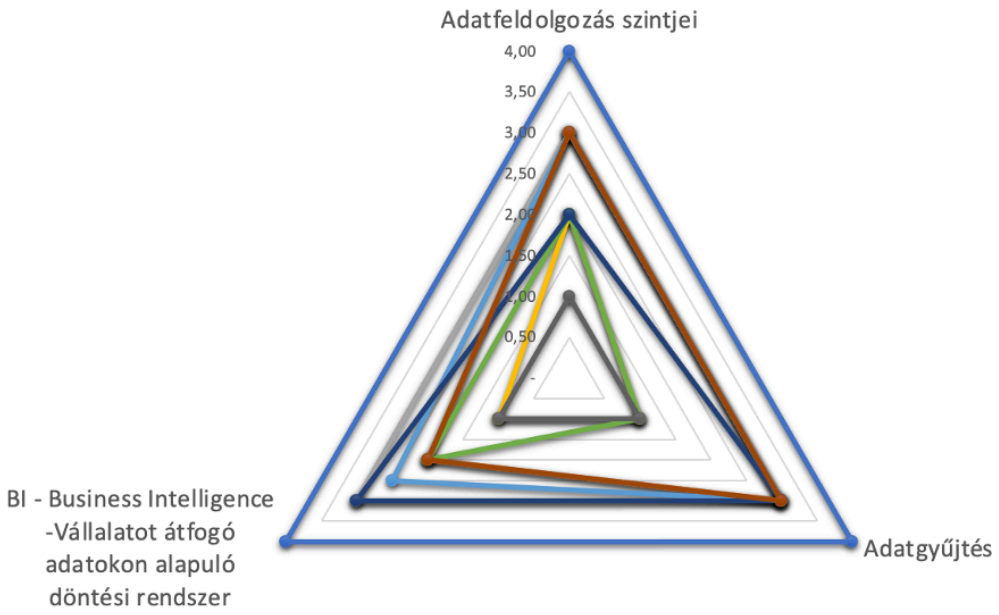
A kutatás során több helyen is elmondták a résztvevő vállalatok, hogy átfogó tudással rendelkező szakemberekből komoly hiány van a piacon, akik vannak, azok is meglehetősen drágák. Sok esetben, egy egyszerűbb hiba elhárításakor is a külföldi szakszervízre kénytelenek hagyatkozni, mert nincs megfelelő saját szakembergárda a megoldásra.
Elmondták azonban, hogy a magyar szervíztechnikusok is egyre inkább elérik a nemzetközi színvonalat – sajnos költségekben is.

5.5. Big Data megoldások

Ha már mérünk, és olyan gépeink, berendezéseink vannak, amelyek alkalmasak, vagy alkalmassá tehetők adatgyűjtésre, képbe kerülnek a Big Data megoldások. Ugyan az adatgyűjtésnél is érdemes a lean technikák közül az 5S módszert alkalmazni, azaz az adataink közül csak a szükségeseket megtartani. A nagy mennyiségű adat feldolgozása, elemzése, következtetések levonása, visszacsatolás a gyártás és minőségbiztosítás területén gyakran komoly kihívás.
A gépek és a termékek állapotáról, fizikai jellemzőiről, a környezetről, a munkát végző munkatársakról gyűjtött nagymennyiségű adat között ugyanakkor olyan rejtett kapcsolatok, korrelációk lehetnek, amelyet hatékonyan csak Big Data adatok statisztikai elemzésével lehet feltárni. Az elemzés segíthet a termék minőségi problémák okainak meghatározásában, hirtelen meghibásodások előzményeinek feltárásában, lehetséges problémák előrejelzésében. A Big Data megoldások a nagymennyiségű adatokat a szenzorok, vezérlés adatok, mérési adatokból nyerik és azokat fejlett algoritmusokat tartalmazó nagy teljesítményű számítógépekkel értékelik ki.
A leghatékonyabb üzleti folyamatokat támogató rendszerek esetén a gyártási folyamat végén a gyártással kapcsolatos adatok szinkronizálásra kerülnek az alaprendszerekkel (ERP, MES, minőségbiztosítási rendszer). Ezzel elérhető, hogy egy adatot csak egyszer rögzítsünk, nem mellesleg az adatminőségünk is jelentősen javul. Ha bizonytalan adatok miatt időnként rossz döntéseket hoznak a vezetők, akkor bizonyára az integrált adatfeldolgozás a megcélzandó terület.
A BIG Data megoldások lehetőségét az alábbi szempontok szerint vizsgáltuk:

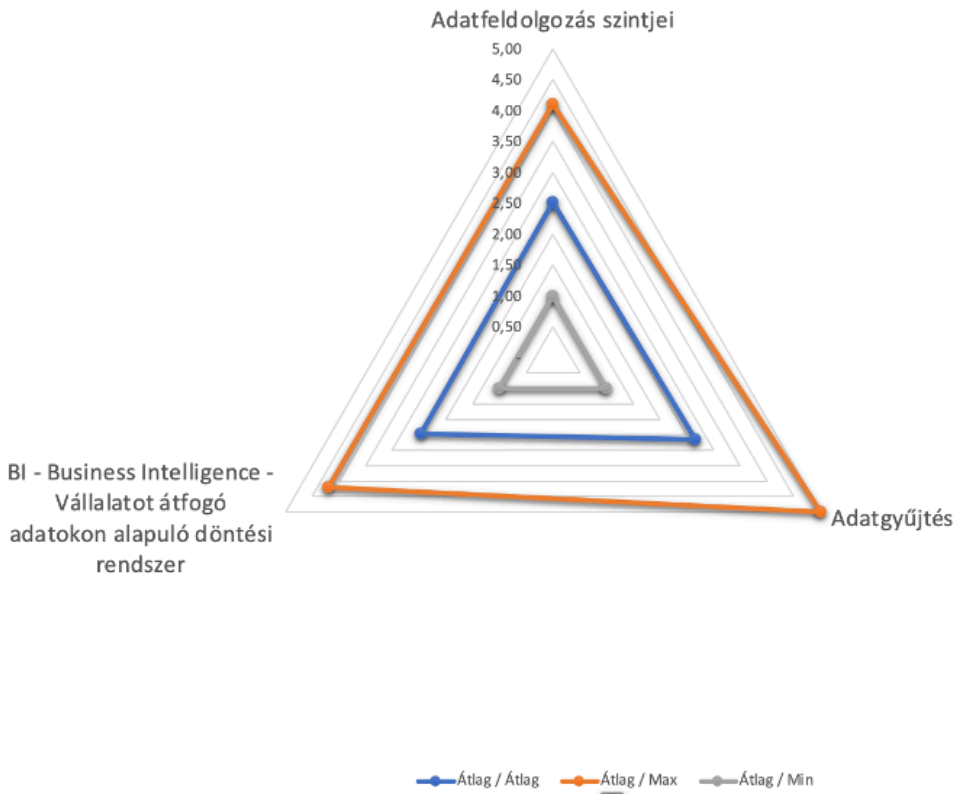
- Adatgyűjtés – milyen szinten áll a vállalat a lehetséges adatok gyűjtésével?
- Adatfeldolgozás szintjei – hogyan jellemezhető az adatfeldolgozás, milyen adatkapcsolatok definiáltak?
- BI - Business Intelligence - Vállalatot átfogó adatokon alapuló döntési rendszer, mennyire elfogadott a vállalat életében az adatok alapján történő döntés?

A 28. ábrán látható a vizsgált faipari vállalatok Big Data képességei:



24. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Big Data – cégenként (csak faipar) [31]

Szélsőértékek és az átlag az összes vizsgált vállalatra a Big Data kérdéskörben a 29. ábrán jelenik meg:



25. ábra: *Ipar 4.0 kutatás eredményei – Big Data - min/max (összes vizsgált cég) [31]*

A fenti ábrákon is jól látható, hogy a feltett kérdések összefüggenek. Ezt mutatják az egyenlő oldalú háromszögek az egyes vállalatoknál. Persze a kép azért ennél sokszínűbb, de általánosságban elmondható, hogy a vállalat méretétől és tulajdonosi struktúrájától nagyban függ a vállalatnál fellelhető adattömeg. Bizonyos tulajdonosok megkövetelnek beszámolási kötelezettségeket, átláthatóvá kívánják tenni a vállalati folyamatokat.
Azt mondhatjuk tehát, hogy ha van igény az adatokra, azaz a döntések egy jelentős részét adatok alapján hozzuk, vagy kívánjuk hozni, akkor az ahhoz szükséges adatok gyűjtésére is nagy hangsúlyt fektetünk.
Mivel az adatgyűjtési technológia is rohamléptekkel fejlődik, egyre kisebb ráfordítással már használható adatokat kaphatunk.

Két oldalról lehet kérdéses az adatkezelés:

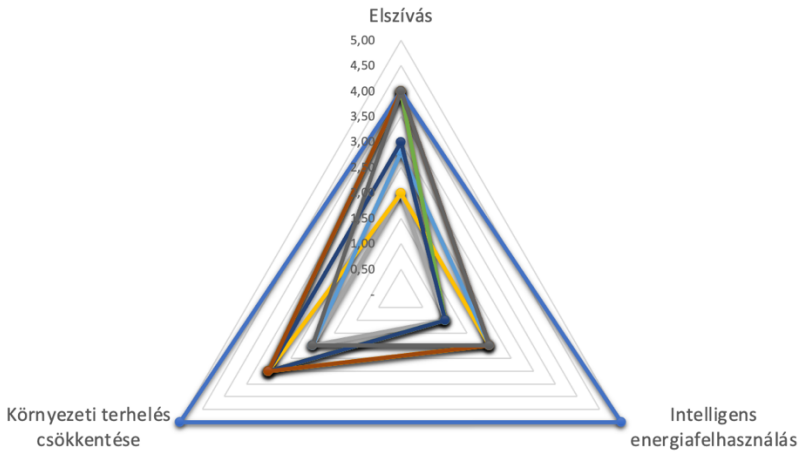
- Egyik az, hogy meg kell győződni az adatok valóságáról, sőt definiálni kell, hogy egyes adatokon pontosan mit is értünk. Szándékosan hibás, elhallgatott, torzított vagy zajos adatok bizonyára rossz döntésekhez vezetnek.
- A másik kritikus oldal a stratégiai megközelítés, azaz el kell dönteni, hogy mely adatokat érdemes gyűjteni, elemezni, kiértékelni a döntésekhez. Ehhez egy jól működő mutatószámrendszert kell definiálni, ami segíti a vállalatot a kívánt céljok elérésében.
- Sok csalódástól óvja meg a vállalati vezetőket, ha ezt a két területet megfelelően kézben tartják, és megfelelő odafigyeléssel folyamatosan a valós elvárásokhoz igazítják.
- Itt is jól alkalmazhatók a folyamatos fejlesztés és a lean elvei.

5.6. Energiamanagement

A jelenlegi energiaválság sajnos további aktualitást ad az energiafelhasználás vizsgálatának. Így mára az energiaköltség tűnik az egyik legkomolyabb költségtényezőnek, érdemes az intelligens energiafelhasználási technológia kínálta lehetőségeket megvizsgálni. Ezek pl. a korszerű energia monitoring és vezérlő rendszerek révén a fogyasztási csúcsok kisimítása, a gépek készenléti állapotba állítása, hulladékhő hasznosítása.
Ezen a területen az alábbi kérdésköröket vizsgáltuk:

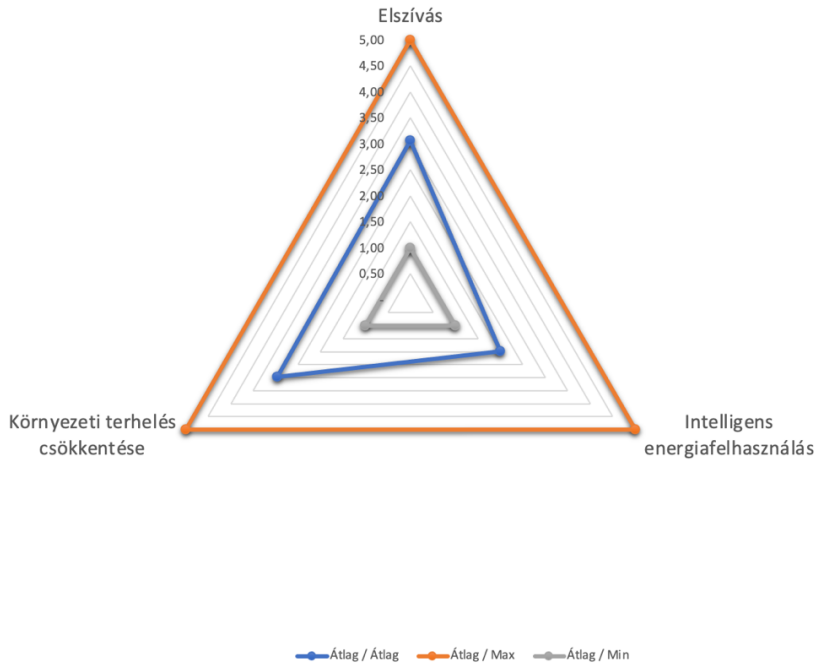
- Intelligens energiafelhasználás;
- Környezeti terhelés csökkentése;
- Fa por-forgács elszívás.

A faipari vállalatok egyéni értékelését a 30. ábra mutatja az energiamanagement témakörben:



26. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Energiamanagement – cégenként (csak faipar) [31]

Szélsőértékek, és átlag szintén energiamanagement kérdésekre adott válaszok alapján az összes vállalatra vonatkozóan a 31. ábrán:



27. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Energiamanagement - min/max (összes vizsgált cég) [31]

A faipari vállalatok hagyományosan nagy hangsúlyt fektetnek a por és forgács elszívására, sőt a faalapú melléktermék hasznosításra is. Mára már a fafeldolgozásnál a mechanikai megmunkálásból

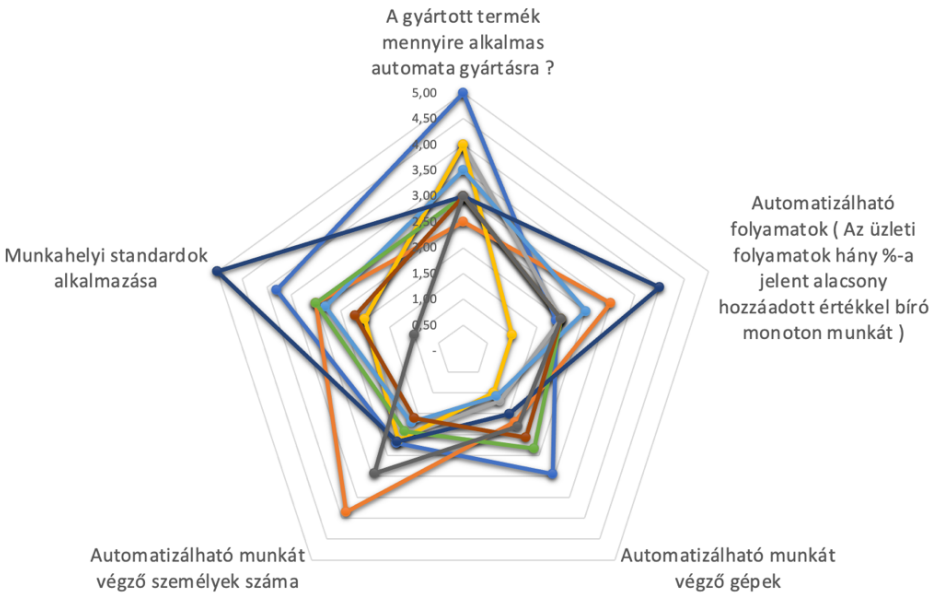
származóan nem is beszélhetünk hulladékról, csak melléktermékről. Még a kisebb vállalatoknál is található brikettáló berendezés, vagy egyéb olyan megoldást, amivel a keletkezett melléktermékét hasznosítani lehet.
A gyártott, keletkezett selejt számításában meg is nehezíti ez a technológia a pontos méréseket, ugyanis a technológiából, az alapanyag minőségéből, valamint a gyártási hibákból adódó veszteségek határai összemosódnak, és a végén még újrahasznosított anyagként feldolgozásra is kerülnek.
Az egyéb energiamanagement területeken már nem ilyen egységes a kép. Itt már nagyobbak voltak az eltérések.

5.7. Robotizálás, automatizálhatóság

Ha az látható az elemzés során, hogy több operátor is jól algoritmizálható, rutin munkát végez munkaideje jelentős részében, akkor potenciális eszköz lehet a robotokkal támogatott gyártás, esetleg a kollaboratív robotok implementálása a gyártási területre. Az ipari robotok programozható, elektromechanikus szerkezetek, melyek több tengelyű mozgásra képesek. Ennek révén komplex anyagmozgatási és technológia (pl. festés, hegesztés, szerelés) feladatok végzésére is alkalmasak. A kollaboratív robotok olyan speciális védelmi rendszerekkel ellátott robotok, amik lehetővé teszik az emberek közvetlen közelében történő munkavégzést, a gép - ember együttműködést, szemben a hagyományos „ketrecben” dolgozó robotokkal.
A vállalatok automatizálhatósági lehetőségei az alábbi szempontok szerint vizsgáltak:

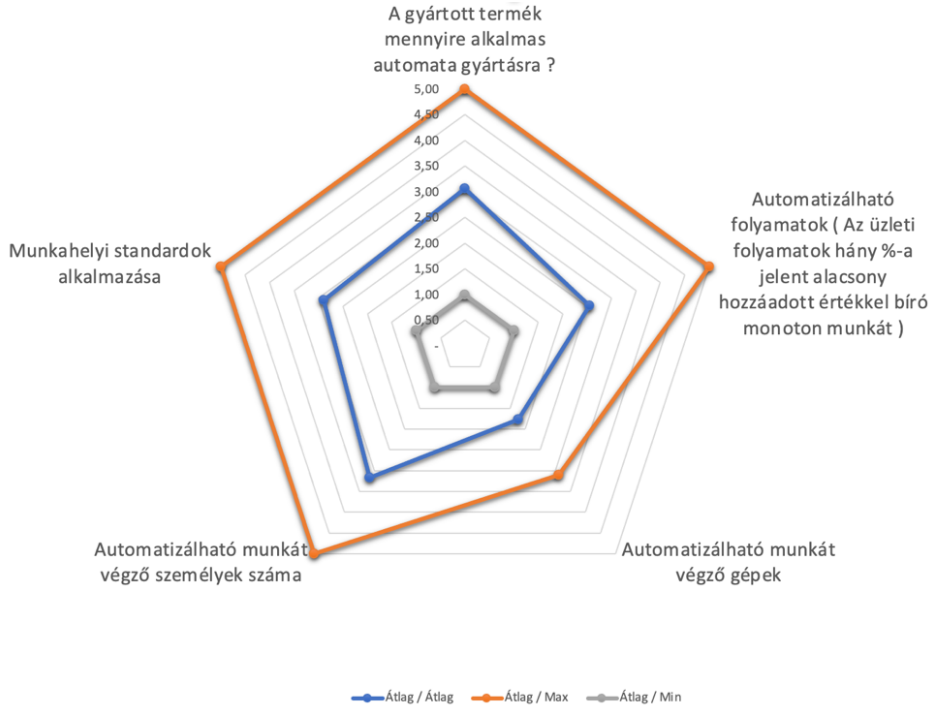
- A gyártott termék mennyire alkalmas automata gyártásra? – itt azt vizsgáltuk, hogy a tervezés során figyelembe veszik-e az automatizálhatósági szempontokat a vállalatnál.
- Automatizálható munkát végző személyek száma – csoportosítottuk a vállalatnál tipikusan előforduló feladatokat az alapján, hogy mennyire automatizálható az adott munka. A felmérés során a vállalat összes dolgozóját, alkalmazottját besoroltuk ezen kategóriákba. A kategóriák megoszlása mutatja, hogy milyen lehetőségek vannak még a vállalatnál az automatizálásra.
- Automatizálható munkát végző gépek – a gépeket is besoroltuk automatizáltsági fok szerint kategóriákba, (a kézi berendezéseket, illetve a használaton kívülieket kivéve). A kapott érték mutatja azt a potenciált, hogy hol tartunk automatizálás terén.
- Munkahelyi standardok alkalmazása – itt arra kérdeztünk rá, hogy mennyire működik a vállalat szabványosított folyamatok szerint.
- Automatizálható folyamatok (az üzleti folyamatok hány %-a jelent alacsony hozzáadott értékkel bíró monoton munkát).

Az egyes faipari vállalatok eredményei a robotizálást érintő kérdéskörben a 32. ábrán láthatóak:



28. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Robotizálás – cégenként (csak faipar) [31]

Szélsőértékek és az átlag az összes vizsgált vállalatra a 33. ábrán jelenik meg:



29. ábra: *Ipar 4.0 kutatás eredményei – Robotizálás - min/max (összes vizsgált cég) [31]*

A vállalatok ebben a szcenárióban mutatták a leginkább vegyes képet, ami gyakorlatilag a géppark tökéletes inhomogenitását jelenti.

Szinte minden vállalatnál megtalálhatók voltak a legmodernebb CNC vezérelt gépek mellett a hagyományos berendezések is.

A vizsgált üzemekben nagyon sok manuális munkát végző személy segíti a termelést. A fel- és lerakodást a gépekről az esetek többségében alacsonyan kvalifikált emberek végzik. Nem mellékes ezen emberek minőségre vonatkozó nagy befolyása sem. Nem csak az esetleges hibázással, hanem a folyamatos válogatásukkal, felügyeletükkel működött csak igazán a gyártási folyamat.

Az automatizálási lehetőségeket elemezve egyértelműen látszik a világban kifejlesztett új gépek és technikák betörése az általam is vizsgált szegmensben, tehát a beruházások során a legmodernebb gépeket veszik meg a vállalatok. Itt is felmerült a folyamatba kapcsolásuk nehézkessége, illetve a kapcsolódási pontokon még mindig nagyon komoly veszteségforrások maradnak.
Az automatizálás személyi aspektusát vizsgálva egyértelműen látszik, hogy a technikai, technológiai fejlődés jóval nagyobb ütemű, mint az emberek fejlődése képzettségben, tudásban.
Nagy szerepe van az oktatási rendszerünknek is abban, hogy az iparba kerülő fiatalok már olyan készségekkel, képességekkel és tudással rendelkezzenek, amely megfelelő lesz az új műszaki megoldások üzemeltetésére, rendszerbe építésére, karbantartására is.
Nem szabad elfeledkezni a még aktív szakemberek folyamatos továbbképzéséről, oktatásáról sem. Célzott oktatásokkal, a területen használt technológiák, berendezések, folyamatok, IT technológián alapuló eszközök betanítása komoly feladat, és a döntéshozóknak a beruházási döntéseik során ezek költségével is kalkulálni kell.
Mivel a kutatás célcsoportja elsősorban a faipari vállalatok, a faipari mérnök képzés fontossága több helyen is felmerült. Ezeknél a vállalatoknál a döntéshozó vezetők mellett a különböző mérnöki területeken is faipari mérnökök dolgoznak, akik ma is folyamatos önképzéssel próbálják követni a világban felgyorsuló modernizációs, digitalizációs folyamatokat. A nyitottságuk lehet a kulcs az iparág további fejlődésére.

5.8. Kissorozatú gyártást támogatását célzó megoldások

A vevői igények egyre speciálisabb, egyre kisebb sorozatú, vagy egyedi gyártást támogató megoldásokat igényelnek. A kis sorozatú, vagy egyedi termék gyártása olyan specializált gyártósoron történhet, ahol a gyártásindítást, gyártás felügyeletet számítógépes rendszer pl. MES vezérli. A kiinduló munkadarabot (vagy a hordozót) RFID címkével látják el, mely tartalmazza a gyártandó darab egyedi azonosítóját és konfigurációját. Az egyes fázisokban a technológiai sorrend szerinti megmunkálási lépések történnek, ezek visszaírásra kerülnek az RFID címkébe, így a darab

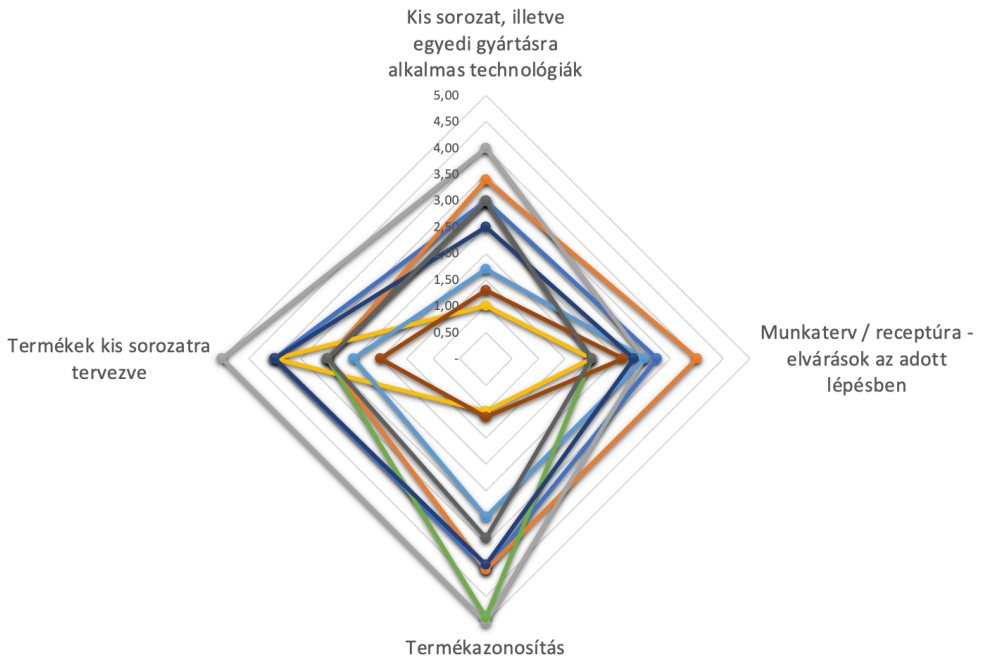
készültségi státusza folyamatosan követhető. Ugyancsak visszaírásra kerülnek a gyártásközi minőségellenőrzési mérések. Ilyen megoldásokkal szinte egyedi munkadarabok is gyárthatók sorozatban.

Az alábbi szempontokat vizsgáltuk a kissorozatú gyártás feltételei kapcsán:

- Termékazonosítás;
- Munkaterv / receptúra - elvárások az adott lépésben;
- Termékek kis sorozatra tervezve;
- Kis sorozat, illetve egyedi gyártásra alkalmas technológiák.

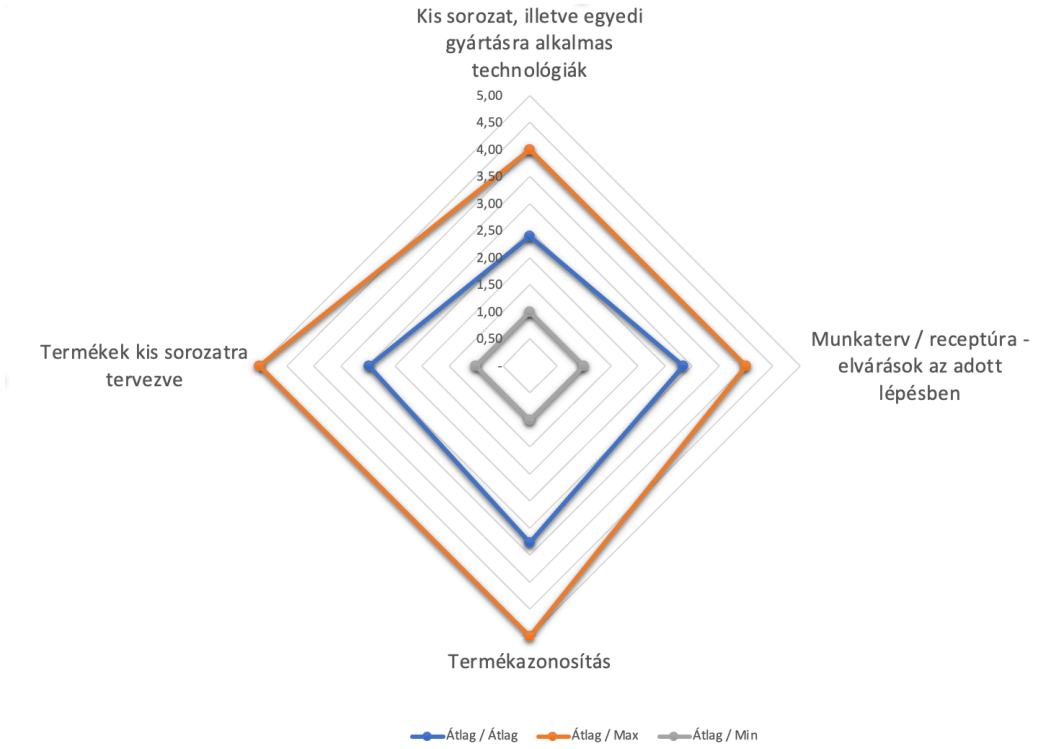
A kissorozatú gyártás meglehetősen gyártmányspecifikus tényező, azonban szinte minden vállalkozás elmondta, hogy a piaci igények egyre inkább a kisebb szériák, az egyedi igények irányába mozdulnak el. A piaci igények változása pedig alapvetően befolyásolják egy vállalat életét – csak a leggyorsabban alkalmazkodók maradnak életben. Ezért is nagyon fontos, hogy a rugalmas, egyedi gyártást a sorozatgyártáshoz hasonló sebeséggel lehetővé tevő Ipar 4.0 megoldások legalább ismeret szinten megjelenjenek a vállaltvezetők döntéshozatalainál. Az élőmunka drágulása szintén ezen rendszerek irányába hat.

A kis sorozatú gyártás kérdéseire az egyes faipari vállalatoknál a 34. ábrán látható értékek születtek:



30. ábra: *Ipar 4.0 kutatás eredményei – Kissorozatú gyártás – cégenként (csak faipar) [31]*

Szélsőértékek és az átlagok az összes vizsgált vállalatra ugyanebben a témakörben a 35. ábrán jelennek meg:



31. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Kissorozatú gyártás - min/max Összes vizsgált cég) [31]

A modern, programozható gépek nagyban segítik a gyors átállásokat, illetve a különböző szériákban gyártott termékek ismétlési pontosságát nagyban javítják.

Természetesen itt sem szabad megfeledkezni a kisebb szériák folyamatra gyakorolt hatásáról sem. A megfelelő géppark mellett talán itt akadtak komolyabb nehézségek, de a felismeréshez itt is időre van szükség.

Több helyen felmerült az ERP rendszerek rugalmatlansága a kis szériában gyártott termékek, vagy egyedi gyártás esetében. A fejlett vállalatirányítási rendszerek is egyre nagyobb lehetőséget biztosítanak az ilyen kihívások teljesítésére.

5.9. IoT rendszerek (Internet of Things)

A gyártási folyamat támogatására forradalmi készlet az Internet of Things (IoT), azaz a Dolgok Internete. A gyártásban üzemelő gépekkel, eszközökkel interneten keresztül lehet kommunikálni, adatokat fogadni, utasításokat adni. Lehetségessé válik a gép - gép (M2M machine to machine) interakció, amelynek révén az egyes gépek utasításokat adhatnak egymásnak: például egy gépsor egy

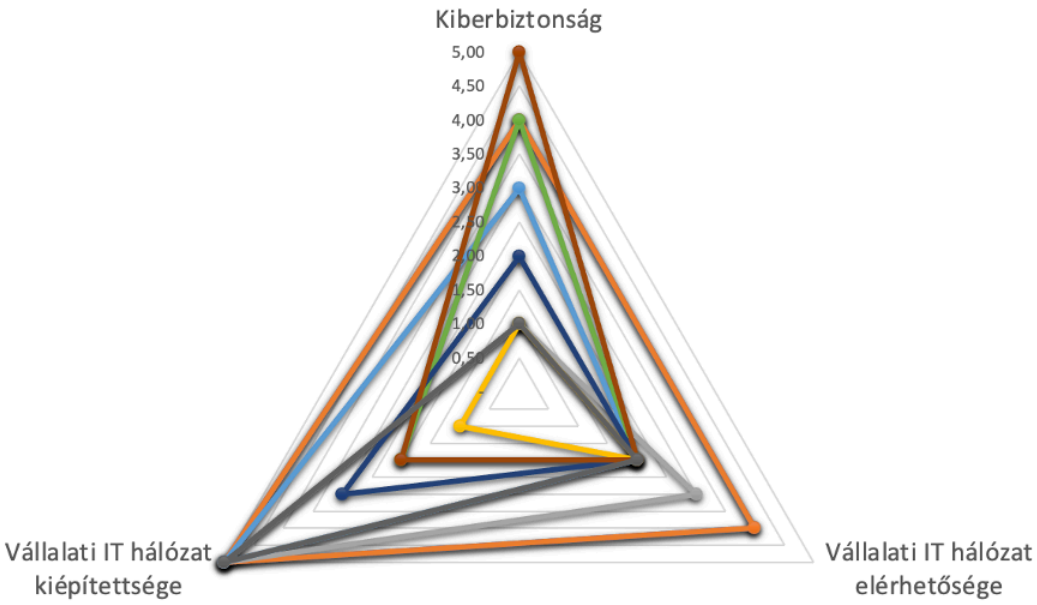
automata irányítású járműnek, hogy az vigye el a gyártósorról legördülő készárut a raktár megfelelő lokációjára.

Természetesen minél több eszköz kapcsolódik nyílt hálózatokhoz, annál fontosabb lesz a gyártás területén is a kiberbiztonság (Cybersecurity). A Dolgok Internete nem csak hatalmas lehetőséget teremt a gyártástechnológiában, hanem jelentős kockázatot, fenyegetést is, például önjáró járművek, robotok „meghekkelése", átprogramozása balesetet okozhat, a gyártás kívülről szabotálható. Emiatt az Ipar 4.0 technológiákat alkalmazó gyáraknak robosztus informatikai biztonsági tervvel és rendszerrel kell rendelkeznie és annak megfelelő folyamatokat működtetniük.

Kérdéskörök az IT, IoT területén, mint feltételek:

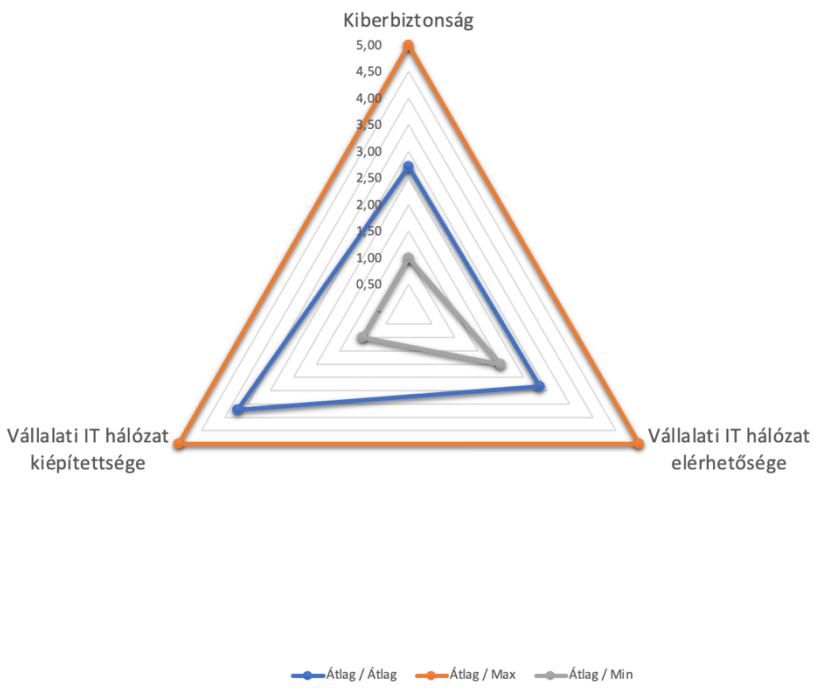
- Vállalati IT hálózat elérhetősége;
- Vállalati IT hálózat kiépítettsége;
- Kiberbiztonság.

IoT kérdésekre a válaszok az egyes faipari vállalatok esetében a 36. ábrán láthatóak:



32. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – IoT rendszerek – cégenként (csak faipar) [31]

Itt is nagyon változatos a kép, bár alapvető IT infrastruktúra minden üzemben megtalálható. Szélsőértékek és átlag az összes vizsgált vállalatra szintén IoT témakörben a 37. ábrán következik:



33. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – IoT rendszerek - min/max (összes vizsgált cég) [31]

5.10. Általános észrevételek

- A kutatás és a tanácsadói tapasztalataim alapján is elmondható, hogy nagyon hasonló viszonyok találhatók a faipari vállalatoknál, mint a többi feldolgozó iparágban - a tulajdonosi szerkezet és a méret inkább meghatározza a kérdésekre adott válaszokat. Nincs alapvető különbség a magyarországi egyéb iparágbeli vállalatok Ipar 4.0 fejlettségében a faiparhoz viszonyítva. Talán az autóipar, és az autóipari Tier 1-es beszállítói kör az, amelyik bizonyos szempontból mást mutathat, mivel speciális követelményrendszert állítanak a vevők feléjük. [34]

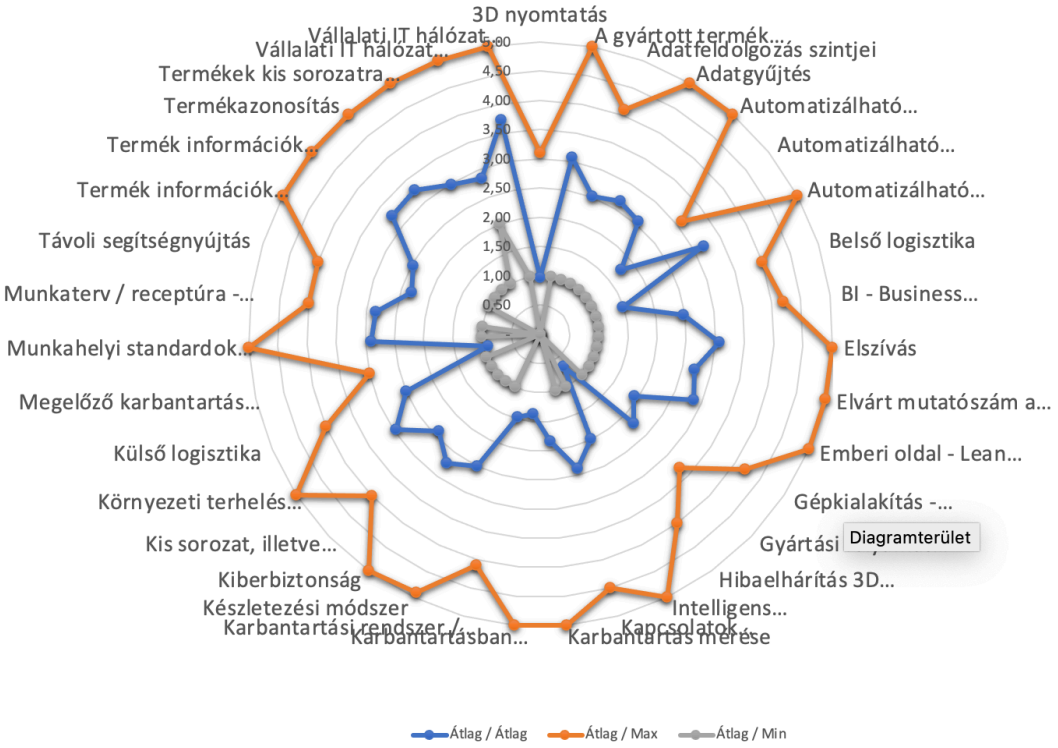
- A vállalatirányítási rendszer meghatározó, bizonyos szervezettséget követel. A vállalatoknál az tapasztalható, hogy egy tudatosan és jól bevezetett ERP rendszer olyan váz lehet, amire alapozva további digitalizációs eszközök segítségével további folyamatokat is építeni lehet. Ez persze fordítva is igaz, ugyanis csak azok a vállalatok tudtak jól működő ERP-t bevezetni, akik a folyamataikat átgondolták, a szükséges szervezési lépéseket megtették.

- Ennek ellenére tudatos szervezetfejlesztés, folyamatokra koncentrálás csak a vállalatok kb. 30%-ban van jelen.

– Minden vállalatnál vannak kiemelkedő megoldások, amit érdemes lenne megmutatni, eltanulni, példa értékű „best practice”-ként bemutatni. Az iparági szövetségek, együttműködések nagyban segíthetik a közös fejlődést.

– Az emberi erőforrás, a jól képzett munkaerő szinte mindenhol komoly szűk keresztmetszetnek bizonyult. Nagyon sok manuális munka, a munkatársak 80-85%-a betanított munkás.

Az összes kérdést egy diagramba összefoglalva, minden vállalatot vizsgálva az alábbi képet mutatja a vizsgálat (38. ábra). A kérdőív a jobb áttekinthetőség kedvéért a dolgozat végén az 1. számú mellékletben található.



34. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Összes kérdés - min/max (összes vizsgált cég) [31]

Az iparági keresztmetszetet vizsgálva, mely a 17. ábrán látható, és ami gyakorlatilag azonos képet mutat az iparágtól független kiértékeléssel, alapvetően három terület adódik, ahol nagyon alacsony pontszámok szerepelnek [34]:

– 3D nyomtatás;
– Belső logisztika;
– Karbantartás.

Ezeket a kategóriákat a legalacsonyabb pontszámot kapott 6 kérdés alapján azonosítottam:

- Hibaelhárítás 3D modellekkel 0,68
- Megelőző karbantartás támogatása virtuális címke 0,92
- 3D nyomtatás 0,96
- Karbantartásban alkalmazott IT technológia 1,36
- Karbantartási rendszer / szerszámok, gépek 1,47
- Belső logisztika 1,48

Elsődlegesen faipari vállalatokat vizsgáltunk. Itt az additív technológiák szerepe, mint a 3D nyomtatás lényegesen kisebb. A faipari termékek esetében a prototípus előállításához a legtöbb esetben nem szükségesek bonyolult gyártószerszámok, formák vagy készülékek, mint például a műanyag iparban. Ez utóbbinál egyes öntőformák előállítása milliós tétel lehet, ha a prototípuson változtatni kell, akkor előfordulhat, hogy a teljes folyamatot ismételni kell. Ez az oka annak, hogy a más iparágakban a prototípus gyártásra és kis szériákra használt technológia itt egyáltalán nem elterjedt. Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy a fa mechanikai megmunkálása mellett, a faalapú 3D nyomtatás már a közeljövőben meg fog jelenni elsősorban építőipari alapanyagok elállítása esetén.

A belső logisztika és a karbantartás területe azonban olyan potenciálokat mutat, amire nagyon is érdemes odafigyelni, és lépéseket tenni ezen területek fejlesztésére. Részletesen bemutattam ezen területeket a kutatást ismertető 4. fejezetben. A vállalatok zöme, főleg a kisebbek, és ez iparág független, a nagy értéket a gépekben látják. A legtöbb esetben mindenki megteremti a lehetőségét annak, hogy új gépet vegyen, mert azt érzik szűk keresztmetszetnek. A folyamatszervezési megoldásokat, amely jelen esetben eredményezheti a karbantartás vagy a belső logisztika fejlesztését, nem tekintik valóban releváns feladatnak. Amikor a Nemzetgazdasági Minisztérium meghirdette a tudástranszfer programot, pontosan ebből indult ki. Sok pályázaton sikerült a vállalatoknak újabb és újabb gépeket beszerezniük. (Van gépgyártó, aki elmeséli, hogy bár az eladott gép 40%-os kihasználtsággal megy, az ügyfél az előtolás gyorsítása után érdeklődik. A gépvásárlást preferálják, nem az optimalizálást!)

6. A mintagyár

Az előző részekben ismertettem a felmérést, aminek segítségével egy rövid helyszíni felmérés alapján is módunkban áll megítélni egy vállalkozás Ipar 4.0 helyzetét, illetve a rendelkezésre álló potenciált. Bemutattam, hogy az eredmények arra engednek következtetni, nincs iparágbeli specialitás a digitalizációs területen, azaz a vállalatok a különböző területeken dolgozva hasonló lehetőségekkel és problémákkal néznek szembe.
Ami jelentős különbség volt, mint befolyásoló tényező, az a vállalat mérete. Az ipar 4.0 megoldások alkalmazása által keletkezett előnyök viszonyítási alapjának megteremtése érdekében is keresnem kellett egy vállalatot, ahol megfelelő mennyiségű és minőségű adatot tudnak rendelkezésemre bocsátani ahhoz, hogy a működési javulást és az Ipar 4.0 fejlesztések kapcsolata kimutatható legyen. Tekintve, hogy a faiparban jelenleg hazánkban nincs ipar 4.0 mintagyár, faiparhoz kapcsolódó céget, a Roto Elzett Certa Kft.-t, mint Ipar 4.0 Mintagyárat választottam.
Korábbi szakmai pályafutásom során a Roto Elzett Certa Kft-nél részese voltam több projektnek, ahol olyan innovatív dolgokat vezetett be a cég, aminek hatására 2018-ban a Mintagyári címet is elnyerte. Az ő példájukon szeretném megválaszolni a kérdést, anomália vagy lehetőség az Ipar 4.0 és a TPM (Total Productive Maintenance) összekapcsolása.

2011-ben kezdődött a TPM bevezetési projekt, mely az addigi szakértői munkáimat tekintve kiemelkedő volumenű projekt volt. Akkor még nem tudtam, hogy nem csak volumenben, jelentőségben is fontos mérföldkőhöz érkeztem. A projekt során vált ismertté, hogy a szervezett karbantartás, ahogy egy TPM rendszer is, nagyon komplex feladat, és kihat a vállalat egészére. Ez a szakmai kihívás indított el azon a gondolati úton, hogy az egyes szakterületeket komplexen értékelve gyorsabb és hatékonyabb vállaltfejlesztés hajtható végre.

6.1. A ROTO cég

A Roto Elzett Certa Kft. a Leinfelden központú Roto Frank AG leányvállalata. Ablak vasalatok a gyár fő profilja, melyek gyártása a nagyteljesítményű sajtoló gépekkel kezdődik. Ezen a területen múlik, itt dől el az alkatrész minősége, itt kell optimalizálni a raktár-készleteket, itt érdemes elsőként változásokat bevezetni. Az ablak vasalatok azután faipari vállalatokhoz kerülnek, akik a saját termékeikbe építik azokat.
Ma, amikor a termelő világ a digitalizálást és automatizálást tartja legfőbb feladatának, büszkén pályázták és nyerték meg a Mintavállalati címet, mely az Ipar 4.0 kampány 5 legismertebb vállalata közé emelte a céget Magyarországon.

A cég legfőbb értékei között tartja számon a folyamatosságot, az eredményességet és a megbízhatóságot. Meggyőződésük, hogy a náluk felhalmozott tudás megérett arra, hogy bemutassák a hozzájuk látogató, fejlődni vágyó vállalatok számára.

A Roto Elzett Certa név már önmagában is sokatmondó. Benne foglaltatik az évszázados hagyományokkal büszkélkedő magyar Elzett gyár története, illetve a német Roto anyacég innovatív gondolkodása. Együtt pedig napjaink vezető vasalatgyártóját képviselik.

A világszerte jelenlévő Roto cégcsoport legnagyobb európai gyártási kapacitásával rendelkező Lövőn működő gyára tavaly ünnepelte a fennállásának 20. évfordulóját. Az évek óta folyamatosan bővülő, csúcstechnológiás gépekkel rendelkező vállalat jól képzett mérnök csapattal, sajtolócsarnokkal, szerszámműhellyel, szereldével, készáru raktárral és teljes körű logisztikai háttérrel rendelkezik.
A soproni-régió egyik legnagyobb munkáltatója jelenleg több mint 4000 különféle terméket, éves szinten 55 millió darab késztermékет gyárt.

Szerelési munkálatokat is végeznek, kézi, félautomata és automata szerelő berendezéseken.
A Roto kifinomult technológiát és minőségi alapanyagokat használ, innovatívan gondolkodik, valamint jól képzett és motivált munkaerőt alkalmaz. Programjaik, fejlesztéseik és képzéseik a technológiára és az emberre is koncentrálnak. Kollégáik napi munkájának része az alkotó gondolkodás, munkakörük és folyamataik folyamatos jobbítása.

Termelési folyamataikat a Roto Termelési Rendszer (RPS-Roto Production System) irányelvei szerint működtetik. Ezen irányelvek és az alkalmazott módszerek képzik a stabil alapot az Ipar 4.0 fejlesztési lehetőségeknek is.
A Mintagyárban végbement fejlesztések is azt igazolják, hogy akkor lesz eredményes a digitalizációs és automatizációs fejlesztés, ha stabil, kiegyensúlyozott folyamatokra építkezik. Ez lehet pl. a lean menedzsment, melynek bevezetése és fejlesztése mellett a cég elkötelezettek évek óta. [35]

6.2. A TPM (Total Productive Maintenance)

„Első TPM projektünkben még mi sem tudtuk, hogy ez a filozófia a legnagyobb kihívást abban rejti majd, hogy az emberek gondolkodásmódját kell átalakítanunk. Első lépésben a vezetőkét, aztán a területen dolgozókét.” [21]
Nagyon sok cégnél gyakori probléma a váratlan megállás. Ilyenkor komoly felelősség hárul a karbantartó személyzetre. Ugyanakkor ellentmondásos helyzet, mert a karbantartó csapat tagjait ezek

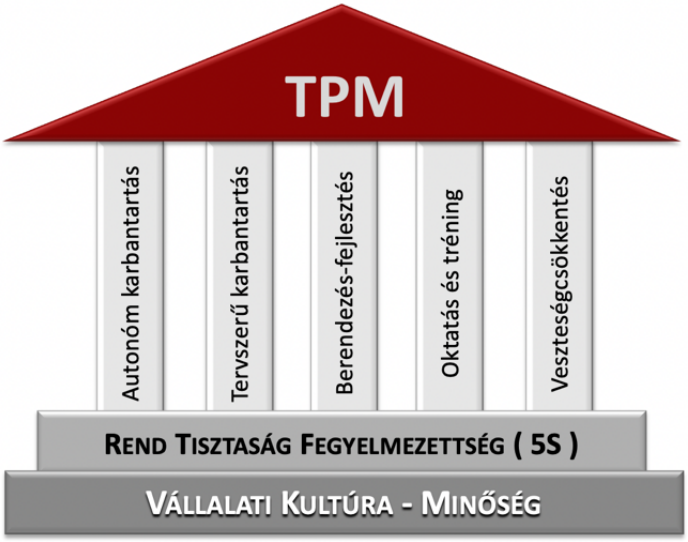
a hibák sikerekhez juttatják. Minél hatékonyabban és gyorsabban oldják meg ugyanis a géphibákat, annál nagyobb sikerélménnyel számolhatnak.
Ez a projekt 9 hónapig tartott, míg végül kialakult a TPM rendszer, meghatározásra kerültek az autonóm karbantartási feladatokat és a karbantartók számára kötelező megelőző karbantartási rutinokat.

A TPM nem, vagy nem csupán egy karbantartási rendszer. A TPM gyakorlatilag egy karbantartási mix speciális szemlélettel. [36] Mindent ott, úgy, és annak kell elvégeznie, ahol, ahogy, aki által ez a legkedvezőbb a vállalat számára.
A TPM a Toyota Csoport által fejlesztett rendszer a gépek folyamatos, stabil állapotban tartásához, ami Seiichi Nakajima nevéhez fűződik. Úgy is nevezik őt, mint a TPM apját [37]. A filozófia, a termelésirányítás, a minőségbiztosítás és a megbízhatóság egységbe foglalásával jött létre. Célja a következő:

- gépek hatékonyságának maximalizálása, illetve a teljes termelő vállalat hatékonyságának maximalizálása;
- berendezés élettartamának növelése;
- dolgozók bevonása;
- csoportmunka elősegítése.

A tradicionális üzemekben a mai napig a karbantartás a karbantartók dolga, a minőség a minőségügyi kollégáké, míg a termelő terület felel a termékek előállításáért. Szándékosan nem írtam, hogy a termék előállításáért és minőségéért. A klasszikus területekre bontás az üzemekben kialakítja azt a torz érzetet, miszerint mindenki csak egy adott dologért felelős, a többi már mások feladata. Ahogy a TPS (Toyota Production System) más területeiben is, a Toyota itt is nagy hangsúlyt fektetett a csapatra. Kialakították a munkatársak feladatait a karbantartásra vonatkozóan. Mindenkinek a maga szintjén kellett a berendezésekkel törődnie.

Ezt a logikát mutatja a 39. ábra, amit TPM házikónak is nevezünk. A házikónak, mint a valós épületeknek is van alapja, vannak tartó pillérei, és végül van teteje, mely összetartja az egész épületet.



35. ábra: TPM-házikó [38]

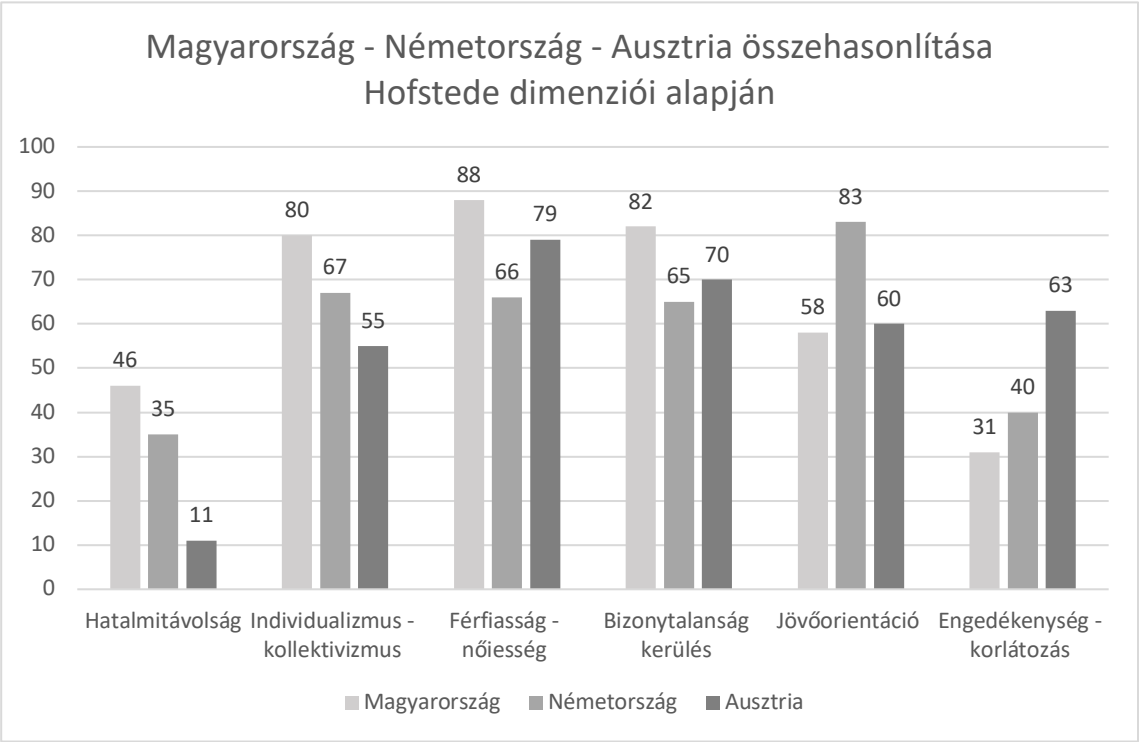
6.3. TPM alapok

A TPM-házikó alapja egyrészt a **vállalati kultúra:** támogató vállalati kultúra nélkül a vezetők is úgy fogják érezni és követelni, hogy a karbantartás kizárólag a karbantartók feladata. Ugyanakkor a karbantartók számára is jó érzés, hogy ők tudják csak megoldani a problémákat.

Alátámasztja ezt Gert Hofstede Kultúra dimenzióinak elemzése a 40. ábrán, melyben a magyarokat az osztrák és német kultúrákkal összehasonlítva többek között magas individualista és maszkulin értékekkel illeti.

Ezek a dimenziók:

- hatalmitávolság;
- individualizmus – kollektivizmus;
- férfiasság – nőiesség;
- bizonytalanság kerülés;
- jövőorientáció;
- engedékenység – korlátozás.



36. ábra: Hofstede kultúra dimenziói - 3 ország összehasonlítása [39]

Hofstede kutatásában egy kérdőívet használt, amely húsz állítást tartalmazott. A válaszadóknak 5 fokú Likert-skálán (két szélső érték közötti skála) kellett megjelölniük, hogy mennyire jellemzőek rájuk az egyes állítások. Az indexek kalkulálása pedig a Hofstede által alkalmazott matematikai módszerek és instrukciók alapján történt. [40] A kapott pontszámok alapján lehet a különböző kultúrákat összehasonlítani, az egyedi értékelésnek nincs értelme.

Azért különösen nehéz nálunk közösségben gondolkozást elérni, mert az emberekben erős a teljesítményorientáltság és az Én-tudat. [39]

Következő alap, amelyre logikát építjük a **minőség:** A Toyota termelési rendszere nagy hangsúlyt fektetett a minőség megfelelő szinten tartására. Alapvető elvárás, hogy az elsőre jót elvhez minél jobban közelítsünk. Ezt okos jelzőrendszerekkel, eszközökkel biztosította, ami termék oldalról tette lehetővé a tervezhetőséget. A gép rendelkezésre állása sem tartható az elvárt szinten, ha folyamatosan meg kell szakítani a folyamatot javítás, újra megmunkálás miatt.

Végül ide tartozik a **rend, tisztaság és fegyelmezettség**, mint a logika harmadik alapja. Csak rendezett termelési területen látható át a feladat, vonhatók le a karbantartás szükségeségére vonatkozó következtetések. Egy egyszerű példa erre az olajfolyás. Ha nincs rend és tisztaság az üzemben, nem

tudjuk megállapítani, hogy a gép oldalán látható olajfolt mikor keletkezett, rendszeres hiba következménye, vagy akár egy karbantartás során kialakult eltérés.

6.4. A TPM pillérei

Autonóm karbantartás: Az autonóm karbantartás a gépet, berendezést kezelők feladatait foglalja össze. Azok a feladatok alkotják ezt a csoportot, amit a gépkezelők maguk is el tudnak végezni, vagy aminek elvégzésére ki lehet képezni őket. Ez az egyik legnehezebb feladat a termelő vállalatoknál. Ki kell építeni az ún. „én gépem koncepció "-t, mely szemléletváltást igényel. [41]
Ezen egyszerű feladatok támogatás mellett adhatók át a kezelőknek, hiszen ők nem karbantartó szakemberek.

Tervszerű karbantartási program: vannak olyan feladatok, amiket csak képzett szakemberek, vagy szakszervíz tud ellátni. Ezekre ki kell alakítani egy tervszerű karbantartási rendszert, mely előre tervezhetően, ütemezhetően biztosítja a karbantartások termelésbe illesztését. Ebbe a pontba kerülnek majd a korábban már tárgyalt karbantartási stratégiák. A karbantartás tervezhetősége ugyanis sokféleképpen megoldható, ez nagyban függ az üzem felkészültségétől, a rendelkezésre álló anyagi és humán erőforrásoktól.

Berendezés-fejlesztés: A berendezés-fejlesztés gyakorlatilag már a gép tervezésekor elkezdődik. A tervezőknek figyelembe kell venni az integráló szervezetet, az ottani vállalati kultúrát, a lehetőségeket. Hiába adunk el a vevőnek szabászati optimalizálással rendelkező gépet, ha a kezelők ezt nem tudják használni és a vezetés részéről sem elvárás ennek a tudásnak az implementálása.
Ugyanakkor a már meglévő berendezéseinket is be kell vonni a gépfejlesztés témakörébe. Nem arra kell bíztatni a munkatársakat, hogy tervezzék át a gépet, de okos jelölésekkel, jó ötletekkel könnyebbé tehető a gépek megfelelő állapotban tartása és karbantartása is. Érdemes az ellenőrizni kívánt elemeket jelölésekkel ellátni, hogy egy szelep optimális működési tartományát ne a gépkönyvből kelljen kikeresni, vagy fejből tudni, hanem a mutatón vizualizáltan látható legyen, hogy a megfelelő tartományban járunk-e. Ugyanígy feljelölhetők a gépen a zsírzási pontok, ami vezeti a kezelőt, szakembert az elvégzendő feladatok mentén.

Oktatás és tréning: A TPM egy szemléletmód, amit folyamatosan oktatni és szinten tartani kell. Be kell, hogy épüljön a mindennapokba, hiszen azt a visszásságot hordozza, hogy a gépekkel éppen akkor is kell törődni, amikor látszólag semmi szükség erre.

Veszteségforrások visszaszorítása: A lean alapja a folyamatos veszteségcsökkentés. Így van ez a karbantartás területén is. A folyamat, amivel a TPM bevezetése kezdődik nem más, mint ezen veszteségek feltárása. Ehhez meg kell ismerni a lehetséges hibaokokat.

6.5. A T-kártya rendszer

A mintagyári szakértői munkám során kialakításra került egy rendszer a nem azonnali hibák jelzésére, amit a szakirodalom T-kártyás rendszernek nevez a kártya formájára utalva. A kártya alakja pedig egyszerűen a rögzítési lehetőség miatt alakult „T" formájúra. Gyakorlatilag zsebek kerültek kialakításra egymás alatt, melyekbe a kártyák elhelyezhetők voltak feldolgozási szintjüknek megfelelően.

A hiba észlelése szint:
Amikor valaki kiállít egy hibát jelző kártyát, akkor az a legfelső szintre kerül. Ez jelzi a karbantartóknak, hogy újabb feladat került a rendszerbe.

A feladat átvétele szint:
A karbantartó, miután észlelte a jelzést, eggyel lejjebbi szintre helyezi a kártyát, ezzel párhuzamosan berögzíti a saját nyilvántartásába. Ez amiatt fontos, hogy a feladatokat sorrendbe lehessen állítani.

A feladat elvégzése szint:
Amikor a hiba elhárítása megtörténik, a kártya mozgása ismét vizualizálja azt, ugyanis karbantartó egy következő, még lejjebbi szintre helyezi a kártyát, ezzel jelzi a hiba észlelőjének, hogy a feladatot elvégezte.

A Roto-ban a munkatársak ismerik és szeretik az elektronikus eszközöket, így hamarosan fellépett az igény a T-kártya rendszer digitalizálására. Kialakításra került egy a Lotus Notes-on működő Work-flow rendszert. Ezzel gyakorlatilag a hibák átláthatóvá váltak, a reakcióidő mérhető lett, a rendszerben pedig bárki követhette a hibajavítás menetét.

6.6. Az OEE (Overall Equipment Effectiveness)

Párhuzamosan elindult a gépek működésének követése is, bevezetésre került az OEE (teljeskörű berendezés hatékonyság) mutató mérése és kiértékelése. Az OEE azt mutatja meg a vállalat különböző területeiről vett elemei által, hogy mennyire hatékonyan működik egy berendezés. [42]

AZ OEE mérőszám szintén Nakajima-tól származik 1988-ból. A mérőszám bevezetését az indokolta, és indokolja ma is, hogy egy könnyen érthető, és mindenki számára világosan követhető mutató álljon rendelkezésre annak érdekében, hogy a gépek megfelelő működése monitorozható legyen. Gyakorlatilag ez a TPM mérőszáma.

Az OEE számításához használt mutatók a következők:

- rendelkezésre állás (Availability)
- sebesség / időegység alatt termelt mennyiség (Performance)
- minőség (Quality)

A három tényező szorzata adja meg azt a mérőszámot, amely OEE-nek nevezünk. Ez a termelési megközelítés.

Nagyon egyszerűen ezt a számot az elért, valós eredmény és az elérhető maximális eredmény hányadosaként számoljuk, azaz mennyi jó terméket termelt a gép azzal szemben, amit termelhetett volna. Megdöbbentő módon ezt a két számot megadni sok esetben komoly nehézséget okoz a termelő vállalatoknak. Gyakran éppen emiatt egyszerűbb a három tényezős szorzat bevezetése.

Úgy érthető meg a legegyszerűbben a mutató jelentése, ha egy konkrét példán keresztül szemléltetem: Ha egy megmunkálógép napi 6 órát dolgozik 8 helyett (egy műszakot alapul véve), a maximális kapacitás óránként 100 db, a ténylegesen előállított termékek száma viszont 90 db/óra. Az előállított termékek 5%-a pedig selejt, akkor ez azt jelenti, hogy az

OEE = 6/8 x 90/100 x 0,95 =0,64 azaz 64%.

A 41. ábra szemlélteti az OEE számítás karbantartási megközelítését, azaz, hogy melyek azok az időtényezők, amik a karbantartás vagy karbantarthatóság minőségét, sebességét befolyásolják.

37. ábra: A legfontosabb karbantartási mutatók integrálása az OEE mérésbe [43]

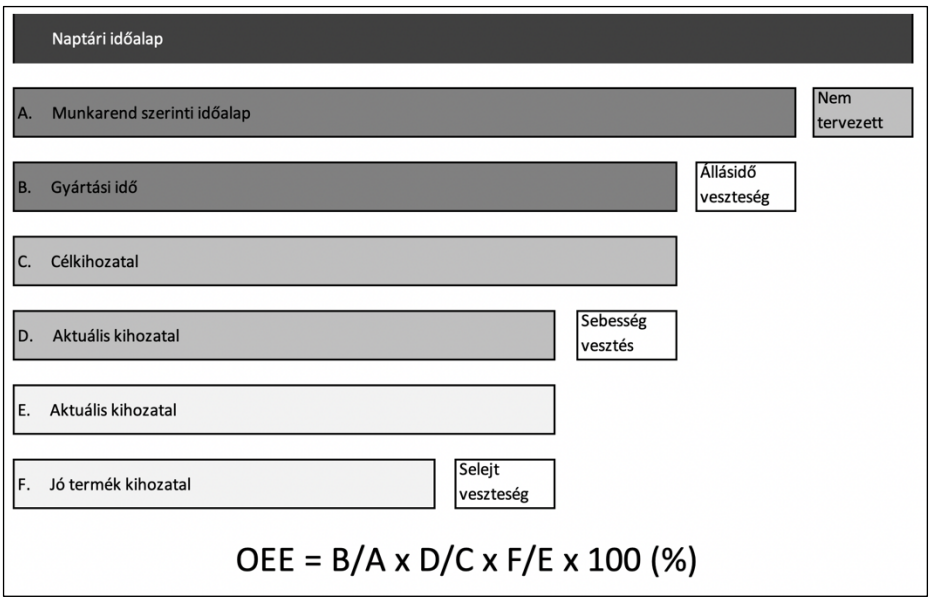
Bár a tervezett állások normál esetben inkább üzemszervezési kérdések, a fenti ábra alapján is érthető, ez az az időintervallum, ami alatt a tervezett, szükséges karbantartásokat el lehet végezni. Nagyon sok üzem éppen azzal küzd, hogy a termelési terület a nagy kiszállítási nyomás mellett nem tudja rendelkezésre bocsátani az eszközöket megfelelő időre, így a megelőző karbantartások nem végezhetők el az elvárt színvonalon.

Az OEE megítélése soha nem objektív. Emiatt nincs értelme más rendszerekben működő gépek, berendezések egymással való összehasonlításának. Bár a mutatók egzaktnak tűnnek, mégis, az elméleti kapacitás nem egyértelmű mutató. Nem mindegy, hogy a technológiai kötöttségeket figyelembe vesszük-e, vagy, hogy az átállások, amik alatt nem lehet termelni, az elméleti kapacitás részei-e?
Ennek ellenére, egy rendszeren belül a mutató jól használható akár összehasonlításra is. Minden egységre egyedi célokat érdemes azonban meghatározni.

Még fontosabb a három tényező elemzése; amikor azt vizsgáljuk, hogy milyen okok vezettek a tényező értékének csökkenésére, majd próbálunk beavatkozni. Ez a hibakereső gyakorlat mindennapos a termelőüzemekben.
Az adatok mérésére gyakran egyszerű, papír alapú eszközöket használunk, mint ahogy pl. az OEE Coach honlapon látható [44], de ma már nem ritka az elektronikus adatgyűjtés és kiértékelés sem.
A kiértékelésre a minőségbiztosításban is szokásos eszközök használatosak:

- adatgyűjtő lap;
- hisztogram;
- korrelációs diagram;
- Pareto diagram;
- Ishikawa (ok-hatás) diagram;
- folyamatábra;
- ellenőrző kártya. [45]

A 42. ábrán a veszteségek alakulása látható az OEE összetevői szerint:



38. ábra: OEE- veszteségek vizuálisan [46]

6.6.1. Rendelkezésre állás

A 42. ábra A és B sorai jelenítik meg a rendelkezésre állást. A gépeket a naptári lehetőséghez képest a nem tervezett műszakokkal csökkentve számítjuk, azaz a munkarend szerinti időalap a célállapot, ennyi ideig szeretnénk a gépeket működtetni. Azonban a gépállások miatt ez az idő a gyakorlatban csökken. Az állási veszteségekkel csökkentett idő és a munkarend szerinti idő hányadosa a rendelkezésre állás.
Állási veszteségek lehetnek:

- beállítási idők;
- szerszámok cseréje;
- indulási veszteségek;

- tervezett állások;
- alapanyag feltöltés.

6.6.2. Sebesség

A 42. ábra C és D sorai jelenítik meg a sebességet. A gyártási idő alatt a gép képes az előírt sebességgel menni, de a rövid megállások, elakadások, vagy a sebesség csökkenés redukálják ezt az időt. A két idő hányadosa a sebesség tényező.
Sebességcsökkenések okai lehetnek:

- sebességvesztés;
- rövid megállások.

6.6.3. Minőség

A 42. ábra E és F sorai jelenítik meg a minőséget, amennyiben a tényleges gyártási idő alatt a gép az elvárt sebességgel üzemel, a minőségi mutató 100 %. Ezzel szemben a valóságban a gép gyárthat selejtet is, mely csökkenti a jó termékek kihozatalát. A ténylegesen jó darabok és az elvárt jó darabok számának hányadosa a minőségi tényező.

A gépek hibás termék gyártásához már „elhasználták” a rendelkezésre bocsátott időt. Amennyiben tehát ezen idő alatt nem készül jó termék, az időveszteség (természetesen anyagköltség vonzata is van a selejt gyártásnak). Emiatt különösen gépsorok esetében nagyon fontos, hogy minden olyan helyen próbáljuk detektálni a hibát, ahol lehetőség van hibás gyártásra. Nem mindegy ugyanis, hány termék megy végig a komplett gépsoron, mire végül hibásnak minősítjük, ahogy az sem, hány állomáson megy végig a hibás termék, és kerül rá további anyag és megmunkálási költség.

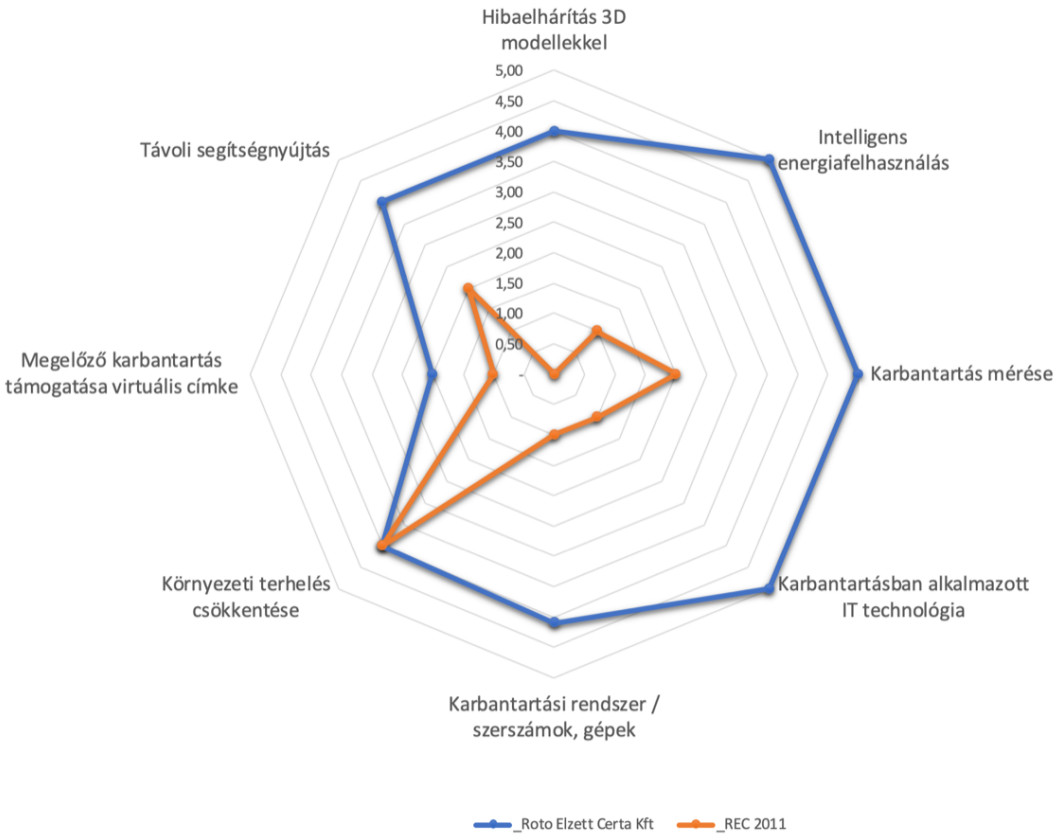
A hibás gyártás másik kimenetele lehet a javítható selejt gyártása. Ebben az esetben az anyag nem vész el teljesen, ugyanakkor jó termék gyártásához a gépet ismét rendelkezésre kell bocsátani.

7. Mintagyári adatok és kiértékelésük

7.1. Az Ipar 4.0 kutatás kiértékelése a Roto-nál

A KKV-kra kidolgozott felmérést elvégeztem a Roto Elzett Certa Kft.-re is. A TPM és Ipar 4.0 kapcsolata miatt érdekesnek tűnt összehasonlítani az eredményeket a TPM bevezetésekor fennálló állapottal. Így egy visszamenőleges értékelést is elvégeztem. Ehhez a 2011-ben a vállalatnál dolgozó munkatársak segítségét vettem igénybe. A 43. ábrán láthatók a kérdőív karbantartási szempontból releváns kérdései és a hozzájuk tartozó értékelés 2011-ből és 2018-ból.

A kérdőívet a cég korábbi és jelenlegi vezetőivel töltöttük ki közösen. Természetesen rengeteg saját tapasztalatot is fel tudtam használni segítségképpen.



39. ábra: A felmérés eredményeinek összehasonlítása 2011 vs. 2018 [47]

A vállalatnál már 2011-ben is komoly, akkor még nem Ipar 4.0-nak nevezett, de annak számító megoldások voltak. Ezekre még a későbbiekben kitérek. A termékazonosítás, környezeti terhelést

csökkentő megoldások a visszamenőleges kiértékelésben is megfelelően magas pontszámot kapott. A 44. ábrából ugyanakkor az is látható, hogy a karbantartás 2011-ben komoly fejlesztési potenciált mutatott.

7.2. A Mintagyári állásidő adatok kiértékelése

2012-re sikerült felépíteni az automatikus adatgyűjtő rendszert. Akkor még nem is azonosítottuk ezt Ipar 4.0 eszközként, ma már egyértelműen MES (Manufacturing Execution System) -nek neveznénk a kialakított termelési adatgyűjtő és vizualizációs megoldást. Magyarul „gyártási végrehajtási rendszer" -nek is nevezhetnénk. Ez tulajdonképpen egy a termelési folyamatokat felügyelő számítógépes rendszer, ami a vállalat gyártási folyamatainak valós idejű felügyeletét jelenti.
Az adatgyűjtés 2012 júliusában indult, és az 7. fejezetben ismertetett OEE lett a kulcs mutató.

7.2.1. Az OEE számítása

Az OEE általános képlete, ahogy azt a korábbiakban bevezettük a következő:
OEE = A x P x Q

ahol:
A – a rendelkezésre állás;
P – sebesség;
Q – minőség.

A képlet összetevői a folyamatszervezési logika mentén is elemezhetők, azaz a definiált 5 fő kategória mindegyike befolyással lehet az összefüggés egyes elemeire az alábbiak szerint:

termék	P, Q;
gépek / gyártástechnológia	A, P, Q;
gyártási folyamatok	P, Q;
vállalati folyamatok	A, Q, P;
stratégiai vezetés	A, Q.

Ennek a logikának a visszafejtése, amikor az OEE elemeiben szereplő értékeket különböző csoportokba soroljuk. Erre is találunk példát a szakirodalomban: [48]

$$OEE = \frac{t_{PCS} - t_{ORG} - t_{OSOB}}{t_{PCS}} \cdot \frac{t_{PRC} - t_{PU} - t_{UP} - t_{PS} - t_{TP}}{t_{PRC}} \cdot \frac{W_{SK}}{W_{JM}} \cdot \frac{Q_H(t_{OPER}) - z_{CHYB} - z_{NAB}}{Q_H(t_{OPER})}$$

ahol:

t_{PCS}	–	üzemelési műszak idő;
t_{PRC}	–	produktív műszak idő;
t_{OPER}	–	operatív műszak idő;
t_{ORG}	–	produktív állásidő;
t_{OSOB}	–	személyi szükséglet;
$t_{PU}+t_{UP}$	–	karbantartási idő;
t_{PS}	–	áttervezett állásidő;
t_{TP}	–	állásidő-technológiai hiba;
W_{SK}	–	tényleges gépteljesítmény;
W_{JM}	–	elméleti gépteljesítmény;
Q_H (t_{OPER})	–	netto teljesítmény a műszakban;
Z_{CHYB}	–	termelésből származó selejt;
Z_{NAB}	–	gyártásindításból származó selejt.

Hasonló elemzések találhatók az „An application of association rule mining in total productive maintenance strategy: an analysis and modelling in wooden door manufacturing industry” [49], vagy a „Closed-Loop Measurement of Equipment Efficiency and Equipment Capacity” [50] című tanulmányokban is.

A Mintagyár a következő állásidőket definiálja:

- tervezett állás;
- átfogás;
- géphiba;
- szerszámhiba;
- ládacsere;
- tekercscsere;
- TPM;
- egyéb Azonosított Állás;
- egyengetés;
- nullszéria;
- ütemidő veszteség;
- selejtpótlás;

– egyéb mikro azonosítatlan;
– személyi szükséglet;
– elektromos hiba.

Az OEE definíciót a vállalat hasonló logikával építi fel némi változtatással.
A gyárak szabadon határozzák meg a viszonyítási alapjukat. Van, akinek az a célja, hogy a rendelkezésre álló összes naptári időalaphoz viszonyítson, van, aki ezt csökkenti. A Mintagyár álláspontja, hogy a tervezett állásokat és a tervezett karbantartásokat kiveszi az elvárt munkaidő alapból, azaz a tervezett futásidőből. Ennek megfelelően a rendelkezésre állás a következő képlettel írható le:

$$\mathbf{A} = \frac{Tpgy}{Ttgy} = \frac{Ttf - T\text{öá}}{Ttf - Tt\text{á} - Ttk},$$

ahol:

Tpgy	– produktív gyártási idő;
Ttgy	– tervezett gyártási idő;
Ttf	– tervezett futási idő;
Töá	– összes állásidő;
Ttá	– tervezett állásidő;
Ttk	– tervezett karbantartási idő.

A Mintagyár képletében a minőségi hibákat az állásidők között szerepeltetem. Ugyanis a hibás darabokat a dolgozónak pótolnia kell. A pótlásra szánt időt a Mintagyár állásidőnek definiálja, ahol az állás indoka a selejtpótlás. Ez azért is fontos, mert a működtetett termelésirányítási rendszer képes a selejt pótlást termelési rendelésekből elkülönítve kezelni, így az erre szánt idő a gép tényleges vesztesége. Ha az eredeti definíció szerint, a jó és a hibás darabok száma alapján határoznánk meg a képlet ezen összetevőjét, akkor nagyon bonyolult adatkövetést kellene folytatni. A selejt gyártás gyakran csak egy későbbi folyamatlépésben jelentkezik, ami azt jelenti, hogy az adott gyártási rendelésre ezt utólag, esetenként jóval később vissza kellene vezetni. Erre még nagyon szofisztikált termelés irányítási rendszerek sem mindig képesek.
Ennek megfelelően a képlet a következők szerint módosul:

$$A_Q = \frac{Tpgy}{Ttgy} = \frac{Ttf - T\text{öá}}{Ttf - Tt\text{á} - Ttk} = \frac{Ttf}{Ttgy} - \frac{T\text{öá}}{Ttgy} = \frac{Ttf}{Ttgy} - \sum_{i=1}^{n} \frac{T\text{á}i}{Ttgy} = \frac{Ttf}{Ttgy} - \frac{Tsp}{Ttgy} - \sum \frac{T\text{á}i}{Ttgy},$$

ahol:

Tái – i-dik típusú állásidő;

Tsp – selejt pótlásán ideje.

A 46. ábrán a fenti képlet egyik (*Tái)* tagját ábrázolom, a géphibák alakulását a tervezett gyártásidőhöz viszonyítva.

$$\boldsymbol{Y} = \frac{\boldsymbol{Tgh}}{\boldsymbol{Ttgy}},$$

ahol:

Tgh – géphibák ideje

A sebesség számítása viszonylag egyszerű a leszabó területen, hiszen a sajtoló gépeknek előírt lökettel kell gyártaniuk az adott szériákat. Ha a sebesség eltér, akkor sebességcsökkenésről beszélünk. Ez a gyártott és az elvárt darabszám hányadosából kalkulálható:

$$\boldsymbol{P} = \frac{\boldsymbol{DBgy}}{\boldsymbol{DBt}} = \frac{\boldsymbol{DBgy}}{(\boldsymbol{Ttf}-\boldsymbol{T}\text{öá})\ \boldsymbol{x}\frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{n}}} = \frac{\boldsymbol{DBgy\ x\ n}}{\boldsymbol{Ttf}-\boldsymbol{T}\text{öá}},$$

ahol:

DBgy – gyártott darabszám;

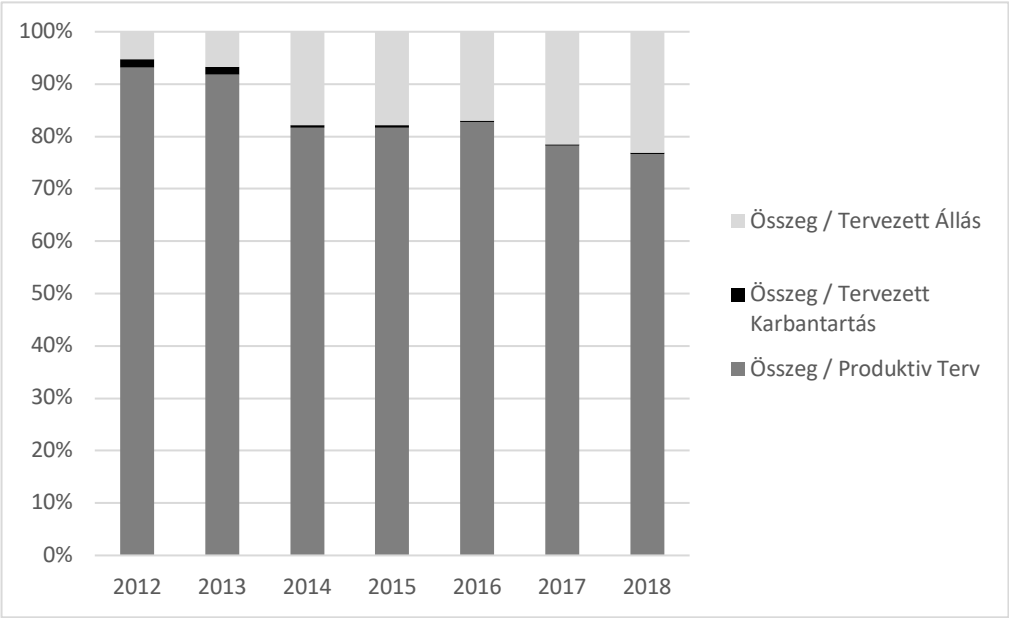
DBt – tervezett darabszám;

n – norma (db / perc).

Ezek alapján a Mintagyár OEE meghatározása a következő:

$$\text{OEE} = A_Q \text{ X P} = \frac{\cancel{\boldsymbol{Ttf}-\boldsymbol{T}\text{öá}}}{\boldsymbol{Ttf}-\boldsymbol{Tt}\text{á}-\boldsymbol{Ttk}} \text{ x } \frac{\boldsymbol{DBgy\ x\ n}}{\cancel{\boldsymbol{Ttf}-\boldsymbol{T}\text{öá}}} = \frac{\boldsymbol{DBgy\ x\ n}}{\boldsymbol{Ttf}-\boldsymbol{Tt}\text{á}-\boldsymbol{Ttk}}$$

A tervezett állások és a tervezett karbantartások időarányának alakulása a 44. ábrán látható:

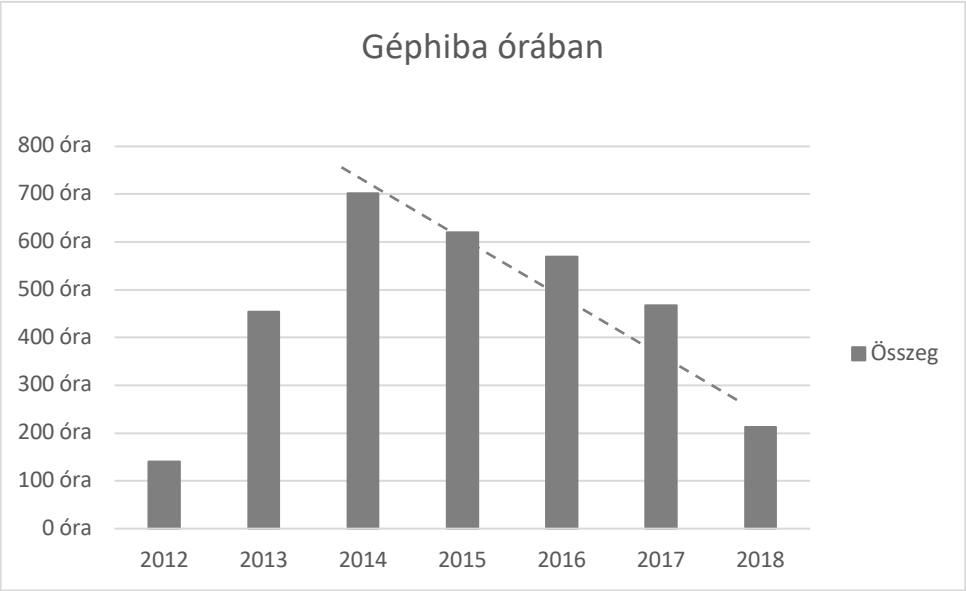


40. ábra: A tervezett állások és a tervezett karbantartások időarányának alakulása [35]

A kimutatásból látható, hogy a tervezett állások aránya változó, emiatt van, hogy nem a tervezett futásidőt használtam viszonyítási alapnak, hanem a tervezett állásokkal és a tervezett karbantartásokkal csökkentett időt.

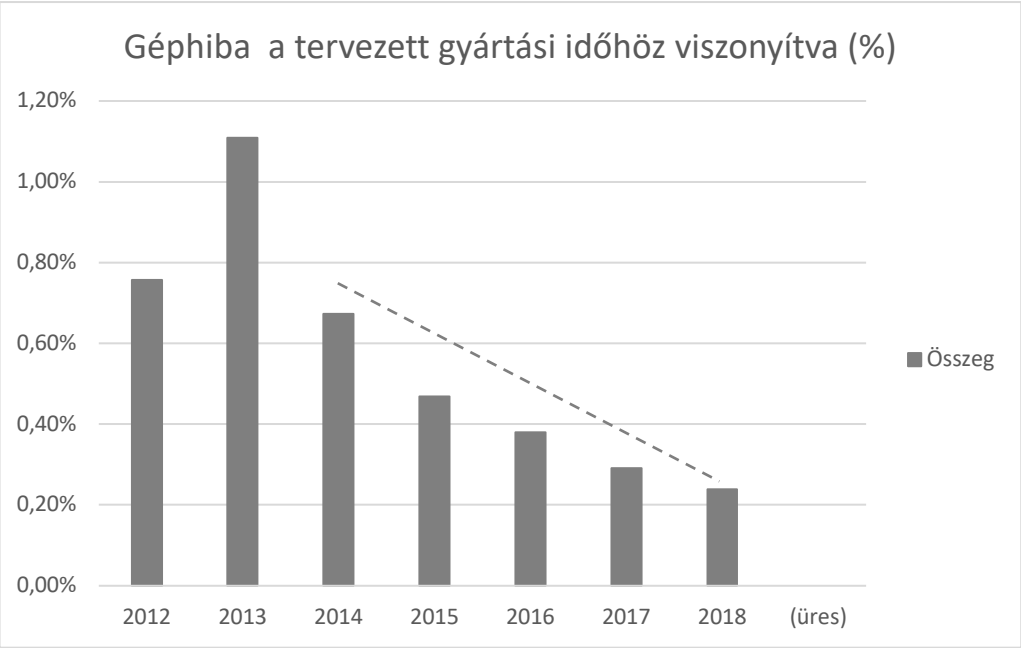
7.2.2. A géphibák alakulása

Bár önmagában az abszolút értékben tekintett géphiba miatti állásidők nem tekinthetőek releváns tendenciának, mégis megmutatjuk. A 2018-as év adatai még csak részben álltak rendelkezésre a kimutatás készítésekor, így azt nem tekintettem a trend részének.



45. ábra: Géphibák órában [35]

Ez alapján a tervezett gyártási időhöz viszonyítva is megmutatom a géphibák trendjét. Itt már a 2018-as évet is relevánsnak tekinthetjük a viszonyítás miatt.



41. ábra: Géphibák a tervezett gyártási időhöz viszonyítva [35]

A géphiba fogalmat a mintagyár gyűjtő fogalomként használja, azaz nem azonosít ennél finomabb meghatározást a kategóriára. A géphibák között azonban nem szerepelnek a szerszámok által okozott állások, és az elektromos meghibásodások sem. Ezekért ugyanis külön részlegek felelnek. Így a géphiba kategóriába olyan mechanikus hibákat azonosítunk, melyek konkrétan az adott gépegységhez tartoznak, például az adagoló hiba, a medve hiba vagy az előtolás hiba.

7.2.3. A géphiba-trend alakulásának magyarázata

A bevezetés utáni első időszak az adatelérés pontosítását célozta meg. Ezalatt több fontos fejlesztésen ment keresztül a vállalat, melyek ezt a célt szolgálták. Nem csupán, és nem elsősorban az eredményeken való javítás volt akkor a cél, hanem az, hogy az adat minél megbízhatóbb, pontosabb legyen, és minél több berendezést kapcsoljanak be az adatszolgáltatásba:

2012-es évben megvalósuló fejlesztések, melyek az adatelérés pontosítását célozták:

- OEE adatgyűjtő felületek kialakítása történt a gépeken, ennek lényege az volt, hogy a gépen a kezelők előre definiált állásidőket tudnak azonosítani az egyes megállásokhoz okként. Ezt egyszerűen egy gomb megnyomásával tehetik meg. A háttérben természetesen megszületett az automatikus adatfeldolgozó software is.

- Következő lépésként a gyártóberendezések kezelőpaneljéről küldhető direkt hibajelzés kialakítása volt a cél. Ezzel a műhelybe e-mail-en, telefonon keresztül megy a jelzés a gépek megállásáról.
- Természetesen a cél az adatok elemzése volt, így a következő lépés az előző napi állásidő statisztika beépítése volt a reggeli shopfloor-ok témájába. A reggeli shopfloor az adott terület gyártósorok melletti megbeszélése, ahol az adott hibákat elemzik, intézkedéseket hoznak a hiba kijavításáról, illetve lehetőség szerinti elkerüléséről. Ez persze területenként más és más adatokat és intézkedések jelent. A fent kimutatott adatokkal egyértelműen a mechanikus karbantartás foglalkozik a Mintagyárban.

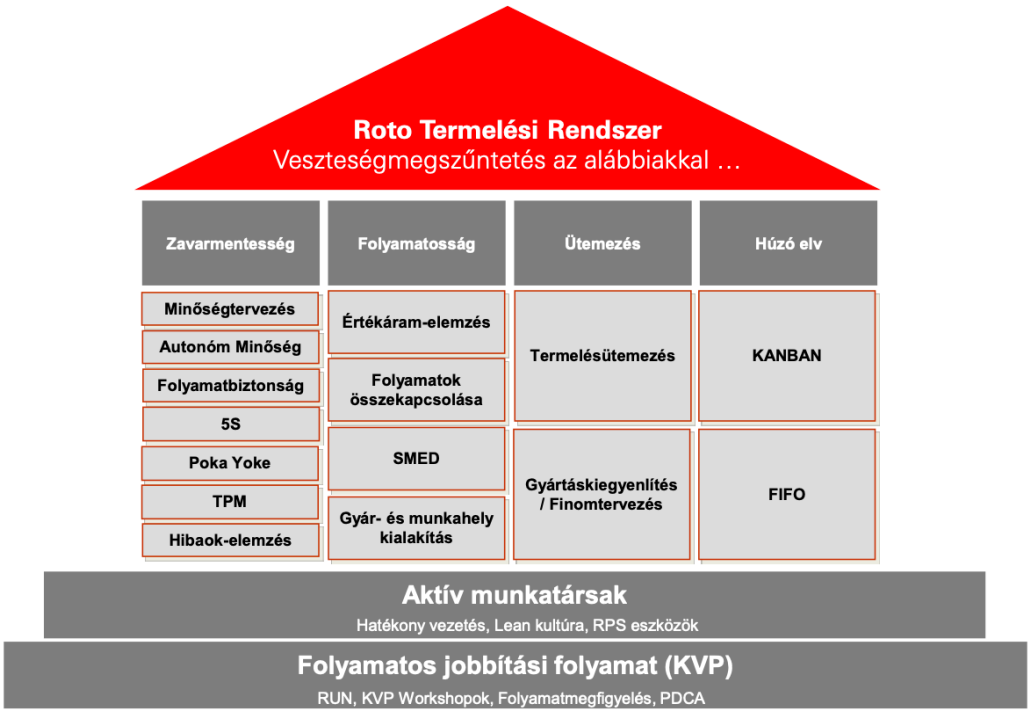
Amikor az adatok elkezdtek egyre több gépről és egyre pontosabban jönni, eljött az ideje a konkrét intézkedéseknek a karbantartási területen.

2013-as évben megvalósult fejlesztések:

- A hibák gyors felismerése és mielőbbi elhárítása volt a cél, azaz a géphibák idejének csökkentése. Emiatt első lépésként a TMK műhely layout átalakítására került sor. Ésszerűbb elrendezéssel a szerszámok, alkatrészek gyors elérése volt a cél.
- Előbbi következménye lett a TMK műhelyben a pótalkatrész-tárolók beszerzése, rendszerezése és feltöltése, ezzel is támogatva azt, hogy a területen minden lényeges pótalkatrész elérhető és megtalálható legyen.
- Mivel a Mintagyár ERP-t használ, konkrétan az SAP cég rendszerét, lényeges elvárás lett a pótalkatrészek SAP-kompatibilitásának megoldása. Ez azt jelenti, hogy az eddig fiókokban tárolt, külön azonosítóval vagy anélkül raktározott alkatrészek az eddigi bizonytalan nyilvántartás helyett bekerültek az ERP rendszerbe. Ennek nagy előnye volt a követhetőség, készletfigyelés, költségmeghatározás, leltározás biztosítása, ami korábban nagyon nagy energiákkal volt csak biztosítható.
- SAP PM modul aktiválása, beüzemelése, feltöltése.
- Megelőző karbantartási ciklusok ütemezése SAP szerint.

A 46. ábrán látható, hogy ebben az időszakban a gépállások százalékos időaránya emelkedett, azaz az adat gyűjtése és azonosítása elérte a mai szintet, a kezelők megtanulták a hibák azonosítását.

A Roto-ban sok éve a folyamatszervezésé és a lean-é az egyik fő szerep. Bevezetésre került, az RPS (Roto Production System). Az RPS felépítését a 47. ábra tartalmazza. Fontos része a folyamatos javítás. TPM kezdeti eredményei után is ez volt a cél. Ezek a fejlesztések egyrészt optimalizálást jelentettek, másrészt komoly, Ipar 4.0 megoldásokat hoztak.



42. ábra: Roto termelési rendszer - Roto Produktion System (RPS) [51]

A kettő eredőjéből számítható az a javítás, amit a Roto Kft. az elmúlt években felmutathat, és ami a 45.- 46. ábra 2014-től kezdődő részén látható, azaz a géphibák határozott csökkenése.

Miután az adatgyűjtés elérte az elvárt szintet, és az érintett terület, azaz a Karbantartás felkészült a gyors beavatkozásokra, elkezdődött a gépeken az adatok alapján kidolgozott fejlesztések bevezetése. Ezek felsorolásszerűen:

- Szivacsgörgők cseréje kemény műanyag görgőkre. Heti 1-2 csere helyett 2 évig tartanak a görgők.
- Szálkenés központosítása. (nem kell olajat öntögetni, cipelni és számszerűsíthető az adagolt mennyiség).

Az Ipar 4.0 fejlesztések

A kaizen projektek és a folyamat fejlesztése meghozta a várt eredményt, amelyre az Ipar 4.0 elemeket már fel lehetett fűzni.

- T-kártya rendszer függetlenítése a Lotus Notes-tól (bárki számára elérhető) (2014).
- T-kártya rendszer - SAP összekötése (reakcióidő mérése, munkaidő és anyagfelhasználás gépenként könyvelhető, kiértékelhető (2015).

7.2.4. A szerszámhibák alakulása

A termelő terület sikeres TPM bevezetése után igény mutatkozott a kiszolgáló területek bevonására is a folyamatba. Ilyen terület volt a sajtoló gépek szerszámainak karbantartását végző üzem is. Cél volt természetesen, hogy a Szerszámüzem gépeit monitorozni lehessen (mára ez is elkészült), de ennél is fontosabb volt, hogy a termelés kiszolgálásában betöltött szerepe elemezhető legyen.

A fenti levezetés értelmében a szerszámhibák hasonló képlet alapján ábrázolhatók:

$$\boldsymbol{Y} = \frac{\boldsymbol{Tszh}}{\boldsymbol{Ttgy}},$$

ahol**:**

Tszh – szerszámhibák ideje

43. ábra: Szerszámhiba a tervezett gyártási időhöz viszonyítva [35]

A trend még markánsabban jelentkezik a szerszámhibák elemzésében. Ugyanúgy elmondható, hogy az első időszak az adatok javításának időszaka. Ekkor elsősorban a folyamatokra koncentráltak. Itt a bevezetés a sajtoló részleg TPM projektje után következett 2012 végén.

2012-es évben megvalósult fejlesztések:

– Új szerszám-karbantartási folyamat kialakítása. Ez egy összetett projekt, melyben egy ún. kisszériás gyártási logikájára fűztük fel a rendszert. Abból indultunk ki, hogy a karbantartó

területre érkező szerszámok karbantartási folyamatai mutatnak ugyan hasonló lépéseket, mégis kiszámíthatatlan technológia sorrendet kell az üzemnek nap, mint nap lekezelnie.

- Munkaállomásokhoz rendelt feladatköröket határoztunk meg, és definiáltuk a munkaállomásokon elvégzendő javítási feladatokat. Mivel a szerszámok kiszámíthatatlan hibákkal érkeztek meghatároztuk azt a munkatársat, aki „Döntő" emberként meghatározza az elvégzendő karbantartási feladatokat, azaz meghatározza a technológiát.
- Szerszámmozgatások kocsik segítségével, azaz az áru mozogjon, ne a dolgozók.

7.3. A folyamatos javítások időszaka

2013-tól elkezdődött a területen az adatok javítása projekt is, amely a folyamat rendezése után annak veszteségeit célozta meg. Definiálásra került, hogy a gépek kiszolgálásánál a sebesség a legfőbb prioritás, emiatt bevezetésre kerültek további folyamatfejlesztési javításokat.

2014-es évben megvalósult fejlesztések:

- Pótalkatrész raktár létrehozása – karbantartás mintájára itt is igény lett a pótalkatrészek ERP-be rögzítése, valamint a folyamatos pótalkatrész ellátottság biztosítása. Elkezdődött az azonosított alkatrészek ERP feldolgozása.
- Gyorsjavítás különválasztása – a szerszámhiba fellépésekor az az idő mutatkozott gyorsan rövidíthetőnek, ameddig a szerszám a gépből a szerszám karbantartási területre érkezik. Ennek csökkentésére összeállítottunk egy ún. gyorsjavító kocsit. Ennek lényege az volt, hogy bizonyos hibák a helyszínen is javíthatóvá váltak, nem kellett a szállítási idő alatt várakoznia a teljes gépnek.
- Nagy méretű szerszámok javítása külön állomáson – a szerszámok a néhány kilóstól kezdve olyan méretűek is lehetnek akár, amit kézi erővel már nem mozgathatók. Hogy ezeknek megfelelő speciális állomást lehessen kialaktani le kellett választani a folyamatról, és különálló területként kellett kezelni.

Az Ipar 4.0 időszaka:

A Szerszámüzem nagyon nagy költségű területe a vállalatnak, azért minden egyes fejlesztés komoly potenciállal rendelkezik. Nem véletlen tehát, hogy itt volt a legnagyobb szükség az Ipar 4.0 elemek beillesztésére.

2015-ös évben megvalósult fejlesztések:

- terminálok a karbantartási munkahelyeken;

- szerszámkövető rendszer elindulása;
- csőposta rendszer kiépítése;
- öntanuló szerszámkövető rendszer;
- karbantartási terv már a kiértékelt adatok alapján.

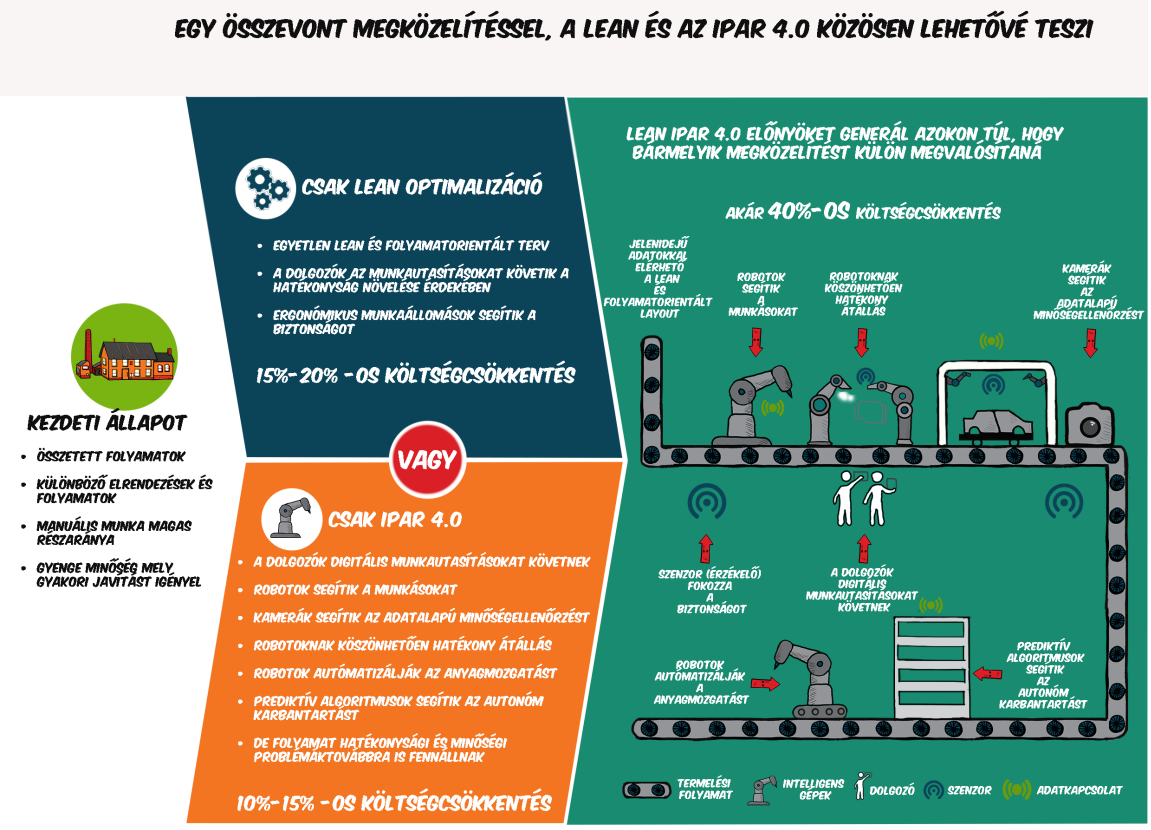
2016-18-as években megvalósult fejlesztések:

- QKL (Qualität, Kost, Lieferservice) rendszer valós időben valós adatok alapján;
- pótalkatrész felhasználás napi szinten láthatóvá tétele;
- a legjobban fogyó pótalkatrészek monitorozása.

7.4. TPM vs. Ipar 4.0

Az előző fejezetek alapján összefoglalható, hogy a TPM rendszer és az Ipar 4.0 gondolkodás egymásra épülnek, kiegészítik egymást. Ahol a folyamatok, jelen esetben a karbantartási rendszer folyamatai rendben vannak, ott következhetnek az Ipar 4.0 megoldások. Ennek megfelelően az anomália feloldható, hiszen a feltételezés, miszerint TPM és Ipar 4.0 egymásnak teljesnek ellentmondó irányok lennének, kisimítható. Dolgozatommal arra kívántam rávilágítani, hogy az Ipar 4.0 a karbantartás területén is lehetőség. Folyamatszervezési megoldással együtt (mely jelen dolgozatban a TPM), mint a Mintagyárban bevezetett karbantartási rendszer, összegezi az egyes módszerek előnyeit.

A BCG (Boston Consulting Group) 2017. decemberében végzett egy felmérést, amellyel hasonló eredményre jutottak. Ők a lean és Ipar 4.0 kapcsolatát elemezték egy globális felmérésben, ahol vezető ipari vállalatok felelős szakembereit kérdeztek meg Ipar 4.0 és lean kapcsolatáról. Az 49. ábrán látható a BCG kutatásának összefoglalója alapján készített ábránk, mely mutatja és számszerűsíti a lean, illetve Ipar 4.0 előnyeit csak az egyik vagy másik, illetve a kettő közös alkalmazása esetén.



44. ábra: Lean és Ipar 4.0 kapcsolata [52]

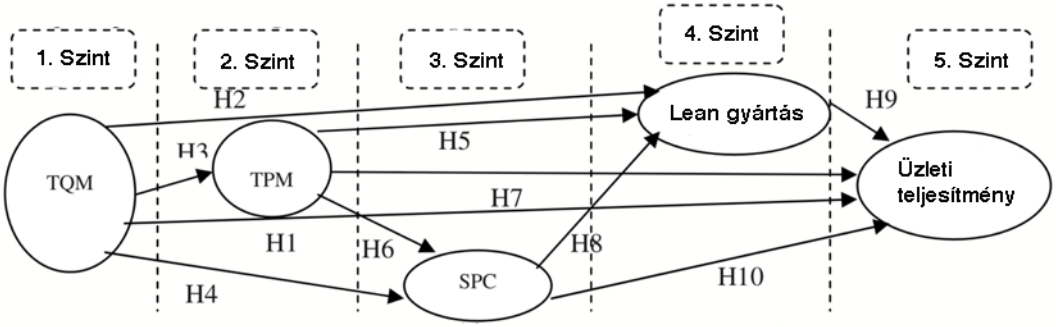
Csak a lean fejlesztésekkel a kutatás 15-20%-os költségcsökkentést mutat ki, míg csak Ipar 4.0 fejlesztésekkel 10-15%-ot. A lean esetében ez folyamatszervezést, munkautasítások használatát és folyamatos fejlesztésekkel kialakított ergonómikus munkaállomásokat jelent. Ugyanakkor az Ipar 4.0 fejlesztések esetében a már részletezett szcenáriók közül emel ki néhányat. Ilyenek a robotok, kamerák, prediktív algoritmusok. Ugyanakkor a fenti ábrából az is szépen követhető, hogy a folyamatfejlesztésekkel (akár lean-nel) kombinált digitális megoldások akár 40%-os költségcsökkentést is eredményeznek. Szabályozott anyagmozgatásról, folyamat mentén működő szenzorokról, adat alapú döntésekről csak ebben a kombinált megoldásban tesz említést a kutatás.

Üzemi felmérések alapján megállapítottam tehát, hogy a TPM szorosan véve ugyan nem lean eszköz, mindenképpen lean megoldásnak kell tekintenünk, és így is értelmeztük jelen értekezésben.

A szakirodalomban nem egyértelmű a TPM és lean lean gyártás kapcsolata. Vannak kifejezetten a kapcsolatot elemző munkák, mint pl a „Relationship of TQM and Business Performance with Mediators of SPC, Lean Production and TPM" [53]. A szerzők kapcsolatokat definiálnak TQM (Total Quality Management) és több mediátor, mint lean gyártás vagy TPM között. A tanulmány azt mutatja, hogy a TQM-et és a TPM-et a lean termelés végrehajtása előtt kell bevezetni. A TQM és a TPM hatékonysága szempontjából a kritikus tényezőket két csoportra osztották:

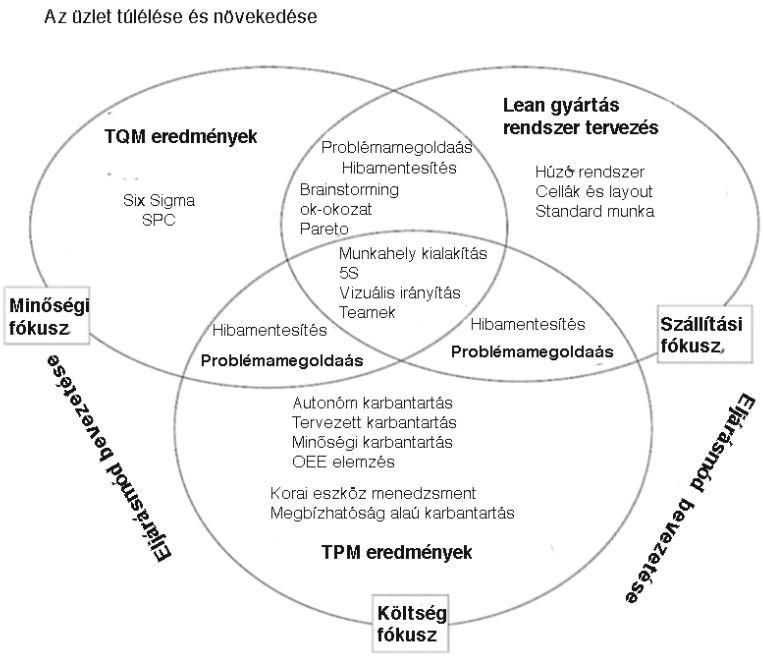
– általánosan tényezők: a vezetés, a folyamatmenedzsment és a stratégiai tervezés;
– megközelítés-specifikus tényezők: a berendezések kezelése, és az ügyfélelégedettség.

Ezek alapján építették fel TQM modelljüket, melyből látható a lean és TPM határozott elválasztása, ugyanakkor egymásra épülése.



45. ábra: Lean és TPM kapcsolata [53]

Dennis McCarthy, Nick Rich Lean TPM: A Blueprint for Change című könyvében a Mintagyárban is alkalmazott QKL (Qualität–Kost–Lieferservice) logika alapján csoportosítja a fejlesztési eszközöket. Amíg a lean gyártást a szállítási pontosságot befolyásoló eszközök közé sorolja, addig a TPM-et a költség területre helyezi. [54]



46. ábra: Lean és TPM [54]

Hasonló megközelítéssel találkozunk a „The Lean Toolbox: The Essential Guide to Lean Transformation” című könyvben, a szerzők itt is külön fogalomként azonosítják a leant és a TPM-t [55]

Andrea Chiarini ugyanakkor a lean módszertanok közé sorolja a TPM-et, ahogy a húzórendszert, 5S-t vagy a cella rendszerű gyártást is. [56]

„A TPM ma egy önálló tudomány, a Lean bevezetés és alkalmazás azonban nem lehet teljes mértékben eredményes a TPM használata nélkül.” [57]

8. Összefoglalás, tézisek

Dolgozatommal össze kívántam kapcsolni a sok év gyakorlati tapasztalatát és az alkalmazott kutatás eredményeit, melyet az elmúlt években szereztem Ipar 4.0 kutatásaim és ipari szakértői munkáim révén. Meggyőződésem, hogy az elméleti eredményeket érdemes a gyakorlatba ültetni, és olyan használható eszközöket alkalmazni, melyek segítik a vállalatokat és azok vezetőit a digitalizáció kötelező, de korántsem egyértelmű útján.

A kutató munkám során az alábbi téziseket definiáltam:

Tézis 01

A hazai vállalatok digitális átállási felkészültségét mérő, ágazatfüggetlen kérdőíves felmérő rendszert alkottam, mely lehetővé teszi a digitális átállás felkészültségének számszerűsített megítélését. Az egyedi felmérő rendszer az adott cég egyedi jellemzői alapján testreszabott, hatékony Ipar 4.0 fejlesztési irányok kidolgozását is lehetővé teszi.
A felmérési módszert a P4-es sorszámú publikációban mutattam be.

Tézis 02

Az általam kidolgozott faipari és egyéb iparágbeli KKV-knál végett felméréseim alapján meghatároztam a legnagyobb fejlesztési lehetőségeket rejtő területeket, melyek a következők:

- 3D nyomtatás
- Belső logisztika
- Karbantartás

Ezt az alábbi 6 kérdés alapján a következőképpen számszerűsítem:

– Hibaelhárítás 3D modellekkel	0,68
– Megelőző karbantartás támogatása virtuális címke	0,92
– 3D nyomtatás	0,96
– Belső logisztika	1,36
– Karbantartásban alkalmazott IT technológia	1,47
– Karbantartási rendszer / szerszámok, gépek	1,48,

ahol a pontszámok az 1-5 érték közötti számok átlaga a vizsgált vállalatokra.

Tézis 03

Az Ipar 4.0 fejlesztési lehetőségek nem iparágspecifikusak, a vizsgált két iparági csoport (faipar, egyéb iparág) között jelentős felkészültségi különbség nem mutatkozik. A megállapítás részletesen publikálva a P7-es jelzésű publikációban. Az elért összesített átlag pontszám a faipar alapján 2,41 pont, míg az egyéb iparágak képviselőinek az összesített átlag pontszáma 2,42 (lásd 1.ábra)

Tézis 04

Fémipari Ipar4.0 mintagyárban alkalmazott TPM rendszer esetén, a mintagyári adatok elemzése alapján az alábbiak szerint definiáltam új, pontosított OEE képletet:

OEE= AQ X P = $\frac{\boldsymbol{DBgy\,x\,n}}{\boldsymbol{Ttf-Ttá-Ttk}}$

amely mélyrehatóbb elemzést tesz lehetővé az állásidők esetében.

Tézis 05

Fémipari Ipar 4.0 mintagyári adatok alapján megállapítottam, hogy a TPM rendszer esetén az Ipar 4.0 megoldások bevezetése további állásidő csökkenést generál, mely az adott vállalat esetében költségcsökkenést eredményez. Ez a tény alátámasztja azt a hipotézisemet, mely szerint az egyes szakterületek szempontrendszerének komplex alkalmazása eredményezi a leggyorsabb és leghatékonyabb fejlődést a digitális átállás területén.

Ezt az állításomat a Mintagyár adatainak két irányból történő elemzésével (saját kérdőívem és a Mintagyári gépállások adatai) támasztom alá. Ezt a P7-es sorszámú publikációban ismertettem.

Tézis 06

Üzemi felmérések alapján megállapítottam, hogy a TPM szakirodalmi értelemben nem egységesen lean eszköznek definiált, azonban lean megoldásnak kell tekintenünk az Ipar 4.0 bevezethetőség analízisének sikere érdekében. Ezt a P2-es sorszámú publikációban részletesen levezettem.

Köszönetnyilvánítás

Dolgozatom, és az azt megelőző több éves munkáért elsősorban férjemnek, Suri Jánosnak tartozok köszönettel, aki nem csak támogatott, hanem konkrét segítséget adott minden felmerülő probléma átgondolása, megoldása esetén. Az együtt töltött több, mint 30 év utolsó évtizede már a munkában is összeköt bennünket, így az én eredményeim az ő eredményei is.

Köszönet illeti gyerekeimet, Suri Benedeket, Bálintot és Sárát, akik hallgató, illetve már végzett mérnökökként tolerálták, hogy folyamatosan tanultam és gyakran elvesztem az új és izgalmas munkákban. Segítségemre voltak nem csak a rajzok elkészítésében, de a velük való beszélgetésekkel olyan inspirációkat kaptam a technika világáról, amit szintén beépíthettem a munkába.

Köszönöm konzulenseim, Dr. Magoss Endre és Dr. Kocsis Zoltán kitartó együttműködését. Nélkülük az anyag, ami most egységes formában összeállt, csupán gondolatok és file-ok sokasága lenne.

Köszönöm egykori egyetemista társamnak, Kocsis Ernőnek, a Roto Elzett Certa Kft. Ügyvezetőjének a dolgozathoz rendelkezésre bocsátott rengeteg anyagot és információt. Hálás vagyok azért a lehetőségért is, hogy tanácsadóként évek óta részese lehetek cégük fejlődésének, sikereinek.

Természetesen sok más embernek tartozok köszönettel, akiket felsorolni képtelenség lenne: Barátaim KÖSZÖNÖM!

Felhasznált irodalom

[1] E. Kis, „Gyártástrend - A technológia 10 éve Az ipar 4.0 évtizede," 26 08 2018. [Online]. Available: http://gyartastrend.hu/muveltmernok/cikk/az_ipar_4_0_evtizede. [Hozzáférés dátuma: 09 2018].

[2] IFKA, „Ginop I4.0 demonstrációa anyag," 2018. [Online]. Available: https://ipar4.hu/hu/page/ipari-forradalmak-ipar-4-0. [Hozzáférés dátuma: 2018].

[3] Mítoszik az automatizációról, a robotokról és az ipar 4.0-ról, „hvg.hu," 11 2018. [Online]. Available: https://hvg.hu/brandcontent/20181114_Mitoszok_az_automatizaciorol_a_robotokrol_es_az_ipar_40rol?gclid=Cj0KCQiAr93gBRDSARIsADvHiOogApY-zseiOPX7LI9-rUVE74VN9_i0-TA2CQ2BKI8qoYccJZNdn8YaAjnUEALw_wcB. [Hozzáférés dátuma: 2018].

[4] H. Trapp, „A digitalizáció természetes!," 09 2017. [Online]. Available: https://hvg.hu/brandcontent/20181114_Mitoszok_az_automatizaciorol_a_robotokrol_es_az_ipar_40rol?gclid=Cj0KCQiAr93gBRDSARIsADvHiOogApY-zseiOPX7LI9-rUVE74VN9_i0-TA2CQ2BKI8qoYccJZNdn8YaAjnUEALw_wcB. [Hozzáférés dátuma: 09 2017].

[5] Széchenyi Tőkealap-kezelő Zrt., „A mesterséges intelligencia előtt üzleti intelligenciára van szükség," 10 2018. [Online]. Available: https://www.blog.szta.hu/a-mesterseges-intelligencia-elott-uzleti-intelligenciara-van-szukseg/. [Hozzáférés dátuma: 2018].

[6] Dr. Zsolt János Viharos, Szilveszter Soós, Gábor Nick, Tamás Várgedő, Richárd Beregi, „Non-comparative, Industry 4.0 Readiness Evaluation for Manufacturing Enterprises," in *15th IMEKO TC10 Workshop on Technical Diagnostics Technical Diagnostics in Cyber-Physical Era*, Budapest, 2017.

[7] Markus Lorenz , Daniel Küpper , Michael Rüßmann , Ailke Heidemann , and Alexandra Bause, „BCG.com," 19 05 2016. [Online]. Available: https://www.bcg.com/publications/2016/lean-manufacturing-operations-time-accelerate-race-toward-industry-4.aspx. [Hozzáférés dátuma: 2018].

[8] Klaus Schwab, World Economic Forum, „The Global Competitiveness Report 2017–2018," 2018. [Online]. Available: http://www3.weforum.org/docs/GCR2017-2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2017–2018.pdf.

[9] Institute, Roland Berger, Anne Dujin, Dr. Cornelia Geissler, Dirk Horstkötter, „INDUSTRY 4.0 The new industrial revolution How Europe will succeed," *Think act: Magazin,* p. 16., 25 04 2014.

[10] J. Nagy, „Industry 4.0: How to assess the readiness of firms," Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, 2018.

[11] R. B. Institute, „Radikal digital - Die Transformation unternehmerisch gestalten: Welche Fragen sich Entscheider jetzt stellen müssen," *Think: Act Magazin,* %1. kötetRadical digital, p. 4, 2015.

[12] Capgemini, „Capgemini.com," 11 szeptember 2018. [Online]. Available: https://www.capgemini.com/fi-en/2018/09/industry-4-0-maturity-model-mirroring-today-to-sprint-into-the-future/. [Hozzáférés dátuma: 2018].

[13] D. Spath, O. Ganschar, S. Gerlach, M. Hämmerle, T. Krause, S. Schlund, Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0, Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2013., 2013.

[14] Dr. Karl Lichtblau / Prof. Volker Stich, Dr.-Ing. / Dr. Roman Bertenrath / Matthias Blum / Martin Bleider / Agnes Millack / Katharina Schmitt / Edgar Schmitz / Moritz Schröter, „VDMA.org," VDMA's IMPULS-Stiftung, október 2015. [Online]. Available:

https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/26342484/Industrie_40_Readiness_Study_1529498007918.pdf/0b5fd521-9ee2-2de0-f377-93bdd01ed1c8. [Hozzáférés dátuma: 2018].

[15] Philip Harris, Michele Hendricks, Eric A. Logan, Paul Juras, „KPMG.com," KPMG, 2018. [Online]. Available: https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/xx/pdf/2018/11/a-reality-check-for-todays-c-suite-on-industry-4-0.pdf.

[16] IFKA, „Ipar4.hu," IFKA, 2017. [Online]. Available: https://ipar4.hu/hu/page/tudasbazis-ipar-4-0-erettsegi-modell. [Hozzáférés dátuma: 2017].

[17] M. SZTAKI, „Az Ipar 4.0 nemzeti Technológiai Platform - kérdőív projekt," 2017. [Online]. Available: https://www.i40platform.hu/sites/default/files/2018/news/media/Flyer_v6.0.pdf.

[18] Cornelius Baur and Dominik Wee, „Manufacturing's next act," McKinsey and Company, 06 2015. [Online]. Available: https://www.timereaction.com/papers/manufacturing_next_act.pdf. [Hozzáférés dátuma: 2017].

[19] D. H. Géza, „Docplayer.hu," 16 november 2016. [Online]. Available: https://docplayer.hu/35484232-Ipar-4-0-jegyzet-utoljara-modositva.html. [Hozzáférés dátuma: 2017].

[20] OECD, „data.oecd.org," 28 04 2020. [Online]. Available: https://data.oecd.org/lprdty/gdp-per-hour-worked.htm#indicator-chart. [Hozzáférés dátuma: 2018].

[21] V. Suri, „A szuperhősök kora lejárt – folyamatfejlesztés a gyakorlatban," in *BME Gyártás folyóirat*, Budapest, 2015.

[22] Kaizen Pro, „Lean szótár," [Online]. Available: https://leanszotar.hu/page.php?69.

[23] Szalay Zsigmond Gábor, *Menedzsment információs rendszerek gazdasági elemzése,* Gödöllő, 2009.

[24] Lean Enterprise Institute, „A leanről," [Online]. Available: http://lean.org.hu/alapok/a-leanrol/.

[25] J. Womack, D. Jones és D. Ross, „The Machine that changed the world," 1990.

[26] Staufen AG, Institut PTW, „25 éves a lean menedzsment – A lean jelene, múltja és jövője," Darmstadt, 2016.

[27] Juan Antonio Tena, Emi Castro , Eliminating waste to get closer to your customer, Barcelona, 2017.

[28] Kardos Csaba, Váncza József, „Industry 4.0: a digitális technológiák alkalmazásának új kihívásai és lehetőségei," in *Gépipari Tudományos Egyesület*, Budapest, 2015.

[29] Mike Rother, John Shook, Tanulj meg látni!, 2012.

[30] Emri Zsuzsanna, „Kérdőív-tervezés szabályai," [Online]. Available: http://zsuzsanna.emri.uni-eger.hu/public/uploads/kerdoiv-elmelet_589a036cf0522.pdf.

[31] Suri János, Suriné Lengyel Veronika, „Faipar 4.0 a digitális átállás lehetőségei - Projekt összefoglaló," Sopron, 2018.

[32] Magyar Államkincstár, „Tájékoztató a mikro-, kis- és középvállalkozások (KKV) minősítés megállapításához és a partner és kapcsolt vállalkozások meghatározásához," 2016.. [Online]. Available: https://www.mvh.allamkincstar.gov.hu/asset_publisher/-/asset_publisher/J1q1NxT6idbc/content/tajekoztato-a-mikro-kis-es-kozepvallalkozasok-kkv-minosites-megallapitasahoz-es-a-partner-es-kapcsolt-vallalkozasok-meghatarozasahoz?inheritRedirect=false.

[33] IFKA, *Ginop Demonstrációs anyag,* 2018.

[34] SURI Veronika, Suri János, „A digitális átállás felkészültségének minősítésé, faipari kis és középvállalatoknál," *Faipari Konferencia és Vásár,* 2018.

[35] ROTO, *Saját adatok.*

[36] Dr. Magoss Endre, „Modern karbantartási stratégiák előadás".

[37] Bob Williamson, „Uptime: Remembering The Father of TPM," 2015. [Online]. Available: https://www.efficientplantmag.com/2015/06/remembering-the-father-of-tpm/.

[38] SRL_Advantage_Kft, Szerző, *TPM bemutató.* [Performance]. 2011.

[39] Gert Hostede, „Hofstede Insights," [Online]. Available: https://www.hofstede-insights.com/product/compare-countries/.

[40] KOPFER-RÁCZ Kinga – – HOFMEISTER-TÓTH Ágnes – SAS Dóra, „Uni Corvinus," [Online]. Available: http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/1353/1/vt_2013n10p2.pdf.

[41] The Japan Institute of Plant Maintenance, TPM for every Operator, Portland, 1996.

[42] The productivity develoment team, OEE for Operators, Portland, 1999.

[43] Peter Muchiri, Liliane Pintelon, Ludo Gelders, Harry Martin, „Development of maintenance function performance measurement framework and indicators," Elsevier, 2010.

[44] „OEE data collection," [Online]. Available: http://oeecoach.com/step-3/.

[45] Miskolci Egyetem, „A minőségbiztosítás 7 eszköze," [Online]. Available: http://www.szervez.uni-miskolc.hu/blaci/leanjegyzet/a_minsgbiztosts_7_eszkze.html.

[46] Suri Vera, *Saját ábra,* 2018.

[47] Suriné Lengyel Veronika, „TPM vs. INDUSTRIE 4.0 – ANOMALIE ODER POTENTIAL?," in *Gépipari Tudományos Egyesület*, Miskolc, 2018.

[48] Vladimír JURČA, Zdeněk ALEŠ, „MAINTENANCE MANAGEMENT EFFICIENCY EVALUATION," %1. szám1/2017, 2017.

[49] Taufik Djatnaa, Imam Muharram Alitub, „An application of association rule mining in total productive maintenance strategy: an analysis and modelling in wooden door manufacturing industry," *ScienceDirect,* %1. kötetProcedia Manufacturing 4 (2015) 336 – 343, 2025.

[50] Leachman, Robert C., „Closed-Loop Measurement of Equipment Efficiency and Equipment Capacity," in *University of California at Berkeley*, Berkeley, 2002.

[51] Roto, *RPS oktató anyag,* Lövő, 2013.

[52] Daniel Küpper , Ailke Heidemann , Johannes Ströhle , Daniel Spindelndreier , Claudio Knizek, „When Lean Meets Industry 4.0," 2018. [Online]. Available: https://www.bcg.com/publications/2017/lean-meets-industry-4.0.aspx.

[53] Ahmad, M.F., Zakuan, N., Jusoh, A. and Takala, J., „Relationship of TQM and Business Performance with Mediators of SPC, Lean Production and TPM," in *Elsevier*, 2012.

[54] Dennis McCarthy, Nick Rich , Lean TPM: A Blueprint for Change, Elsevier, 2015.

[55] John Bicheno, Matthias Holweg, The Lean Toolbox: The Essential Guide to Lean Transformation, Buckingham: PICSIE Books, 2004.

[56] A. Chiarini, Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office, Bologna: Springer, 2013.

[57] Tóth Csaba László, „A Karcsúsított Gyártás - a Lean Production," *Magyar Minőség,* 2007.

Ábrák jegyzéke

5. ábra: Roland Berger kutatás – Az Ipar digitális átállása [11] 13
6. ábra: Az ipar digitális érettség modellje [12] 14
7. ábra: Fraunhofer felmérés [13] 15
8. ábra: VDMA érettségi modell [14] 16
9. ábra: KPMG holisztikus modell [15] 18
10. ábra: Ipar 4.0 érettségi modell [16] 19
11. ábra: A stratégia pillérszerkezete, NTP [17] 19
12. ábra: Ipar 4.0 irányok a McKinsey modellben [18] 20
13. ábra: Az ipar "forradalmai" [19] 21
14. ábra: Óránként GDP termelés OECD alapján [20] 22
15. ábra: A lean bevezetése a vizsgált vállalatoknál [26] 25
16. ábra: Digitális Technológiák alkalmazhatósága [28] 26
17. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Az összes kérdés iparág szerinti bontásban [31] 35
18. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Az összes kérdés vállalati méret szerint [31] 36
19. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – MES – cégenként (csak faipar) [31] 41
20. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – MES - min/max (összes vizsgált cég) [31] 42
21. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Ellátási lánc kollaboráció – cégenként (csak faipar) [31] 44
22. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Ellátási lánc kollaboráció - min/max (összes vizsgált cég) [31] 44
23. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Ellátási lánc- cégenként (csak faipar) [31] 46
24. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Ellátási lánc – min/max (összes vizsgált cég) [31] . 46
25. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Karbantartás – cégenként (csak faipar) [31] 48
26. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – karbantartás - min/max (összes vizsgált cég) [31] .. 49
27. ábra: Humán követelmények megváltozása az Ipar 4.0 következményeként [33] 50
28. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Big Data – cégenként (csak faipar) [31] 52
29. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Big Data - min/max (összes vizsgált cég) [31] 52
*30. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Energiamanagement – cégenként (csak faipar) [31]*54
31. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Energiamanagement - min/max (összes vizsgált cég) [31] 54
32. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Robotizálás – cégenként (csak faipar) [31] 56
33. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Robotizálás - min/max (összes vizsgált cég) [31] ... 56
34. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Kissorozatú gyártás – cégenként (csak faipar) [31] 58

35. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Kissorozatú gyártás - min/max Összes vizsgált cég) [31] *59*
36. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – IoT rendszerek – cégenként (csak faipar) [31] *60*
37. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – IoT rendszerek - min/max (összes vizsgált cég) [31]61
38. ábra: Ipar 4.0 kutatás eredményei – Összes kérdés - min/max (összes vizsgált cég) [31] 62
39. ábra: TPM-házikó [38] *67*
40. ábra: Hostede kultúra dimenziói - 3 ország összehasonlítása [39] *68*
41. ábra: A legfontosabb karbantartási mutatók integrálása az OEE mérésbe [43] *72*
42. ábra: OEE- veszteségek vizuálisan [46] *73*
43. ábra: A felmérés eredményeinek összehasonlítása 2011 vs. 2018 [47] *75*
44. ábra: A tervezett állások és a tervezett karbantartások időarányának alakulása [35] *80*
46. ábra: Géphibák a tervezett gyártási időhöz viszonyítva [35] *81*
47. ábra: Roto termelési rendszer - Roto Produktion System (RPS) [51] *83*
48. ábra: Szerszámhiba a tervezett gyártási időhöz viszonyítva [35] *84*
49. ábra: Lean és Ipar 4.0 kapcsolata [52] *87*
50. ábra: Lean és TPM kapcsolata [53] *88*
51. ábra: Lean és TPM [54] *88*

1. számú Melléklet

Ipar 4.0 felmérés

Cégnév	
Telephely	
Létszám	
Produktív létszám	
Inproduktív létszám	
Éves forgalom [HUF]	
Alapanyag / vásárolt értéke [HUF / év]	
Alapanyag / vásárolt mennyisége [kg / év]	
Hulladék mennyisége [kg / év]	

Ipar 4.0 ismeretek	
Ipar 4.0 stratégia	
Humán erőforrás a digitalizációhoz	
Külső erőforrás igény a digitalizációhoz	

Fejlesztési potenciál

Ez a kutatás az FSA projekt keretében kerül megvalósításra. A kutatás során cél a faipari kis- és közepes vállalkozások ipar 4.0 érettségének felmérése és iparági specialitások feltárása. A felmérés eredményeit a Soproni Egyetem Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar honlapján fogjuk nyilvánossá tenni és online lehetőséget biztosítunk további cégek felmérésbe történő jelentkezésére (a honlap tárhelyet az egyetem Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kara biztosítja).
A felmérés eredményeit a Soproni Egyetem Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kara által szervezett Faipari Ipar 4.0 c. tematikus napon előadás formájában is ismertetjük, de az egyes vállalatok egyéni értékei nem nyilvánosak.

kutatási vezető

A fenti vállalat nevében nyilatkozom, hogy a megadott adatok megfelelnek a vállalatnál található valóságnak,
és engedélyezem a kutatási összesítő anyagban való felhasználását.

Hely Dátum

1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
Termékazonosítás	Nincs - "mindenki ismeri"	Papír alapú - rajzdokumentáció	CAD Rajz - esetleg 3D modell	Alkatrészazonosító látható a terméken	Egyedi azonosító minden termékegyedhez
20	20.1	20.2	20.3	20.4	20.5
A gyártott termék mennyire alkalmas automata gyártásra ?	Egyedi termék, minden darab más	Kisszériás termékek, 1-10 darabos gyártás	Tervezéskor figyelmbe vesszük a gyárthatóságot	Tervezéskor figyelembe vesszük az automatizálhatóság feltételeit	Tervezéskor a gyártás mellet az automatikus ellenőrzés is figyelmet kap (Poka yoke)
26	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5
Termékek kis sorozatra tervezve	A termékekben az alkatrészek túlnyomó többségben egyediek, nem szerepelnek több késztermékben	Standardizált alkatrészek alkalmazása az egyes késztermékek kialakításában	Tipizált termékek, építőszekrény elv	Csak standard építőelemekből álló termékek	Egyedi azonosítással rendelkező tipizált alkatrészekből épített termékek
34	34.1	34.2	34.3	34.4	34.5
Termék információk készítése	Rajz minden termékhez	Rajzszámrendszer / változáskövetés	2D rajz elektronikus formában	Termékek 3D modellezése	Termék életgörbe követés - minden a termékre vonatkozó digitális információ egy helyen
2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
Munkaterv / receptúra - elvárások az adott lépésben	Nincs - "mindenki tudja, mit kell vele csinálni"	Excel alapú - esetleg a kalkulációban szereplő munkaterv	ERP rendszerben rögzített	Átállást, gyártási időt tartalmazó munkaterv	Esetfüggő munkaterv (átállási mátrix, stb)
3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
Gépkialakítás - adatszolgáltatás szempontból	Manuális gép, nincs adatkapcsolat	CNC / PLC vezérelt gép, adatok rendelkezésre állnak	Mérő, adatolvasó szenzorok - belső folyamat kontroll	Hálózatra kapcsolható gépek - folyamatkontroll adatok folyamatos mentése	Internetre kapcsolt gép, folyamatellenőrző adatok felhőben - M2M képes gép
22	22.1	22.2	22.3	22.4	22.5
Automatizálható munkát végző gépek	Kézi irányítású berendezés, kezelő folyamatos jelenléte szükséges	Automatikus lépéseket hajt végre a gép, a kezelő bizonyos ideig csak felügyel	Automata berendezés, a kezelő csak felügyel	Egymással fizikailag összekapcsolt gépsorok - műveleti helyek száma	Egymást elektronikus adatkapcsolattal vezérlő gépek
13	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5
Karbantartásban alkalmazott IT technológia	Beépített alkatrészek, elvégzett munkák manuális követése (munkalapok)	Elektronikus adatkövetés - elektronikus munkalapok - kiértékelések - időzített figyelmeztetés	Elektronikus hibabejelentő rendszer - összekötve az elvégzett munkákkal	Szenzoros/ speciális adatgyűjtés kiértékelés	Kritikus alkatrész élettartam meghatározás
14	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5
Karbantartás mérése	Utólagos elszámolás - ami sikerült	Karbantartási költségterv terv - a stratégiai terv része	Pótalkatrész készlet tervezés	Géprendelkezésre állás tervezés - rendelkezésre állási szint tervezése	Megelőzés - hirtelen megállások mértéke, aránya

12 Karbantartási rendszer / szerszámok, gépek	12.1 Megelőző karbantartási lépések	12.2 Hibajelző rendszer - ez is lehet ad hoc, vagy strukturált (T-kártya)	12.3 Autonóm karbantartás, szakértői karbantartás feladatainak meghatározása	12.4 TPM - Diagnosztikai eszközökkel támogatott felülvizsgálat	12.5 Berendezésekbe beépített önellenőrzés
27 Kis sorozat, illetve egyedi gyártásra alkalmas technológiák	27.1 Csak szériagyártásra alkamas gépek	27.2 Gyors átfogású gépek	27.3 CNC / NC programozható gyártógépek	27.4 Programváltással különböző termékek gyártására alkalmas gépek (lézervágó, vízzel vágás ...)	27.5 Additív technológia a gyártásban
32 Megelőző karbantartás támogatása virtuális címke	32.1 Tervezett karbantartás létezik	32.2 T-kártya rendszer létezik	32.3 Gépek befoglaló 3D modellezése létezik ?	32.4 Elektronikusan elhelyezett címkék a gépeken.	32.5 Öntanuló rendszer, ami a címkéket generálja
36 3D nyomtatás	36.1 3D modellezés	36.2 3D nyomtatás - műanyag - prototípus előállítás	36.3 Gyártási segédeszközök gyártása - ülékek, termelőeszközök	36.4 Pótalkatrész gyártás	36.5 Terméknyomtatás
4 Gyártási folyamat megtervezettsége	4.1 Mindenki tudja, hogy mi lesz a következő feladat	4.2 Munkatervben szerepel minden lépés	4.3 Termelési terv tartalmazza a konkrét alkatrész útját - melyik gépekre kerül	4.4 Adatok alapján döntési algoritmus támogatja a termékutat - szimulációs modell - személyi beavatkozás	4.5 Automatikus anyagtovábbítás az adott helyről
10 Készletezési módszer	10.1 Raktáron csak a maradék	10.2 Készletezési politika a stratégiai alapanyagokra	10.3 Húzó elv a gyártási folyamatban	10.4 Ellátási lánc kiterjesztve a vevőkre / beszállítókra	10.5 Ellátási lánc menedzselése a teljes értékláncban
11 Belső logisztika	11.1 Hagyományos anyagmozgatás - kézi ill targonca	11.2 Szervezett körök vannak a szállításban	11.3 Önvezérlő feltöltés, és kiszolgálás (KANBAN , milkrun..)	11.4 Digitalizációs eszközökkel támogatott anyagmozgatás (eKANBAN, elektronikus tárolókövetés ...)	11.5 Automatikus anyagmozgatás (önjáró targoncák, vezényelt mozgás)
25 Belső logisztika algoritmizálhatósága	25.1 Csak eseti szállításokról beszélünk	25.2 A munkatervek tartalmazzák a következő megmunkálási / tárolási helyet	25.3 Üzemi és raktári tárolóhelyek definiáltak	25.4 Bizonyos vizualizációs jelzések mutatják, ha valamit mozgatni kell	25.5 Okostermék
24 Automatizálható folyamatok (Az üzleti folyamatok hány %-a jelent alacsony hozzáadott értékkel bíró monoton munkát)	24.1 Kezdetleges: alacsony szinten kontrollált, reaktív viselkedés - a környezeti változásokra próbál reagálni	24.2 Menedzselt: projekt alapú működés, gyakran reaktív viselkedés	24.3 Definiált: szervezeti szintű működés, proaktív jelleg. Az egyes projektek a szervezeti folyamatokat testre szabják.	24.4 Számszerűen menedzselt: folyamatosan mért, kiértékelt és kontrollált folyamatok.	24.5 Optimalizált: a hangsúly a folyamatok folyamatos optimalizálásán van.

23	23.1	23.2	23.3	23.4	23.5
Munkahelyi standardok alkalmazása	Nincs	Általános munkaköri definíciók, leírások	Léteznek munkautasítások az adott munkahelyekre	Standardizált munkafeladatok vannak munkahelyenként (SOP)	Digitálisan rögzített SOP (Standard Operating Procedure)
33	33.1	33.2	33.3	33.4	33.5
Hibaelhárítás 3D modellekkel	Gépek részletes 3D modellje rendelkezésre áll ?	Karbantartási pontok definiálva vannak.	Cserealkatrészek / robbantott ábrák léteznek	Statikus elektronikus javítási útmutatók	Eseményfüggő elektronikus javítási segédlet
5	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
Elvárt mutatószám a gyártási helyen (QKL)	Nincs - mindenki látja mennyit csináltunk, mennyi sikerült	Tervezett gyártási idő minden lépésre meghatározott - céldarabszám szériára	Tervezett átfogási idő / gyártási idő meghatározott - napi céldarabszám ebből számított	Kieső idők kategorizálva - terv / tény kiértékelés - OEE	Gyártási folyamat kritikus adatai real time követve - predikció
7	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5
Kapcsolatok standardizálása	Vevői igények alapján eseti megrendelések a beszállítók felé	Keretmegállapodások - lehívások a szállítóknál	Stratégiai együttműködési megállapodás a szállítókkal / vevőknél - egyeztetett árképzés	Adatokra rálátás a gyorsabb reakció elérésére	Elektronikus adatkapcsolat - real time
9	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5
Külső logisztika	Megrendelések ki/be szállítása eseti fuvarszervezéssel	Gyűjtőfuvarok, és fuvarköltségoptimalizálás (fuvarkörök szervezése)	Stratégiai partnerekkel végzett fuvarszervezés - informatikai kapcsolat	Rendszeres körjáratok szervezése (milkrun) az ütemes szállítás biztosítására	Fuvarszervezés a költségtényezők mellett a környezeti terhelés minimalizálásával
15	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5
Adatgyűjtés	Nincsenek konszolidált adatok, maximum szigetszerű megoldások	Van az egész céget átható gerinc - ERP - ami az adatgyűjtést összehangolja	Összesített adatok naponta, hetente, havonta kerülnek feldolgozásra	Real time adatforrások adatai kerülnek összesítésre - mindent gyűjtünk amit lehet	Real time - ellenőrzött , kontrollált adatok összesítése egy helyen - adat 5S
16	16.1	16.2	16.3	16.4	16.5
Adatfeldolgozás szintjei	Az adatok külön életet élnek, nincs összekapcsolás	Az összefüggő adatokat meg lehet jeleníteni	Manuális összefüggés elemzés lehetőség (pl SPC)	Bármely adatot bármelyikkel össze lehet hasonlítani, és megjeleníteni	Mesterséges intelligencia algoritmus - Automatikus korreláció analízis - döntési javaslatok
17	17.1	17.2	17.3	17.4	17.5
BI - Business Intelligence - Vállalatot átfogó adatokon alapuló döntési rendszer	Nincs	Néhány mutatószám (ökölszám, amit nézünk)	Mutatószám rendszer - többszintű, lebontott (pl utókalkuláció)	Dashboard rendszer szintje - különböző adatok összefüggéseit követjük	Tudásbázis - döntések visszakövetése
18	18.1	18.2	18.3	18.4	18.5
Intelligens energiafelhasználás	Csak a szolgáltatók mérnek (gázóra, villanyóra)	Vannak területi mérőberendezések, de csak az összesített mennyiségekre	Minden fő fogyasztó adatai külön monitorozható	Adatok elemzésével beavatkozási javaslatok (SMS, email)	Teljesen automatikus energiamanagement, Kollaboráció az energiaszolgáltatóval

19	19.1	19.2	19.3	19.4	19.5
Környezeti terhelés csökkentése	Nem foglalkoznak ilyennel	Környezetvédelmi szabályok betartása rendben	A dolgozók munkakörülményeinek tudatosan megfelelő szinten tartása (elszívás, takarítás, 5S)	Környezetirányítási rendszert üzemeltetnek	A vállalat fenntartható gazdálkodást folytat - ökológiai lábnyom
28	28.1	28.2	28.3	28.4	28.5
Vállalati IT hálózat elérhetősége	Csak a vezetők	Alkalmazottak	Mindenki a gyár területén	Gépek és emberek egyaránt	Minden gép és minden ember
29	29.1	29.2	29.3	29.4	29.5
Vállalati IT hálózat kiépítettsége	Az üzemben nincs IT hálózat	Meghatározott csomópontokban belső hálózat	Az egész területen kiépített, vagy könnyen kiépíthető vezetékes hálózat	Vezeték nélküli hálózat az üzemben	Az üzem minden pontján elérhető vezetékes vagy vezeték nélküli hálózat
31	31.1	31.2	31.3	31.4	31.5
Távoli segítségnyújtás	Van expert karbantartó közel / távol	Telefonos segélyhívás esetenként	Ügyeleti rendszer kialakításra került	Elektronikus kapcsolaton keresztül segíteni képes expert létezik	Kiépített AR/VR alapú rendszer
35	35.1	35.2	35.3	35.4	35.5
Termék információk elérése	Csak a tervező	PDf alapú rajzkezelés - változáskezelés offline	Változáskövetés online - megjegyzésekkel - markerek	CAD közös adatkapcsolat, kommunikációs adatformátumok definiálva	Online publikus
6	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5
Emberi oldal - Lean alapok - mit kezdünk az adatokkal	Mindenki teszi a dolgát	Hierarchikus struktúra - erős kontroll - félünk a vezetőtől	Team munka szemlélet - feladatcentrikus organizáció - döntés a vezetők kezében	Döntés a Shopfloor-on	Life Long Learning - Kaizen
21	21.1	21.2	21.3	21.4	21.5
Automatizálható munkát végző személyek száma	Betanított, ismétlődő munka (alkalmazott / fizikai egyaránt)	Betanított munka változó körülmények között , pl kis széria	Alkalmazott saját döntésekkel, szakmunkások, technikusok egyedi feladatokkal	Alkalmazottak döntési jogkörrel, külső kapcsolatokkal	Vezetők
30	30.1	30.2	30.3	30.4	30.5
Kiberbiztonság	Szoftvergazdálkodás	Vállalati IT biztonsági policy - jogosultsági szintek	Megnevezett felelős szakember, akinek az IT biztonság a feladata	Hálózati kapcsolatok védelme (külső)	A hálózat mélységi védelme
37	37.1	37.2	37.3	37.4	37.5
Elszívás	Nincs	Csak a munkahelyeken helyi	Területi elszívás	Teljes üzemet behálózó rendszer	Intelligens elszívás szenzorokkal