

**Az ipar 4.0 alkalmazási lehetőségei  
a faipar területén**





**Magyar Mérnöki Kamara  
Kiadványsorozata 73.**

**Az ipar 4.0 alkalmazási lehetőségei  
a faipar területén**

**MMK FAP azonosító:  
2021/202-EFAT**

**Sopron, 2021. szeptember 29.**

A sorozat szerkesztője:  
**WAGNER ERNŐ**  
a Magyar Mérnöki Kamara elnöke

Készült a Magyar Mérnöki Kamara Erdőmérnöki, Faipari és Agrárműszaki Tagozatának gondozásában, a 2021. évi Feladat Alapú Pályázatok pénzügyi keretéből.

A kiadvány a Magyar Mérnöki Kamara tulajdona. Másolása, teljes terjedelmében való közzététele csak a Kamara engedélyével lehetséges. Minden jog fenntartva.

*Szerzők:*  
**Dr. Bejó László**

*Lektorálta:*  
**Suriné Lengyel Veronika**

**Kiadó:**  
Magyar Mérnöki Kamara  
1117 Budapest, Szerémi út 4.  
[info@mmk.hu](mailto:info@mmk.hu), [www.mmk.hu](http://www.mmk.hu)

# TARTALOMJEGYZÉK

1. Vezetői összefoglaló.....	7
2. Bevezető: mi is az az ipar 4.0? .....	10
2.1. Történeti áttekintés: a négy ipari forradalom.....	10
2.2. Az ipar 4.0 jellegzetességei.....	12
3. Az ipar 4.0 alapelvei és alkalmazási területei .....	16
3.1. Stratégia: hogyan lássunk hozzá? .....	16
3.1.1. A cég helyzetének felmérése és elemzése.....	17
3.1.2. Az ipar 4.0 célok megfogalmazása .....	18
3.1.3. A célok kommunikációja a szervezeten belül.....	19
3.1.4. Megvalósítás: konkrét lépések.....	20
3.1.5. Vállalatirányítás: egy új modell.....	21
3.2. Az üzleti modellek digitalizációja.....	24
3.3. Okos termékek, szolgáltatások.....	24
3.4. A vevőkapcsolatok digitalizációja .....	25
3.5. Az elsődleges folyamatok digitalizációja: okos termelés.....	27
3.5.1. Az elsődleges rendszer digitális modellje .....	28
3.5.2. Az okos gyártáshoz szükséges infrastruktúra .....	30
3.5.3. Logisztika.....	32
3.5.3.1. Raktározás .....	32
3.5.3.2. Anyagmozgatás.....	34
3.5.3.3. Logisztikai alapelvek .....	35
3.5.4. Az okos gyártás rendező elvei .....	36
3.6. A támogató és vezetési folyamatok digitalizációja.....	38
3.6.1. Vezetés- és döntéstámogatás .....	38
3.6.2. Egyéb támogató folyamatok.....	42
3.6.2.1. Karbantartás.....	42
3.6.2.2. Energiagazdálkodás .....	43
3.6.2.3. Értékesítés és marketing.....	43
3.6.2.4. HR Menedzsment.....	44
3.7. A vállalatirányítási rendszerek (ERP).....	45
4. Faipar 4.0: digitalizáció a fa- és bútoriparban .....	51

4.1.	Faipar 4.0: kihívások és lehetőségek.....	51
4.2.	Példák az ipar 4.0 alkalmazására a faiparban.....	55
4.2.1.	Fűrészáru gyártás .....	55
4.2.2.	A fűrészáru továbbfeldolgozása .....	58
4.2.3.	Okos bútorgyártás.....	61
4.2.4.	Tömörfa elemek és termékek gyártása .....	65
4.2.5.	Faépítészet és egyéb megoldások.....	66
5.	Összefoglalás: kell-e nekünk a Faipar 4.0? .....	70
6.	Irodalomjegyzék.....	71

## 1. Vezetői összefoglaló

---

Az 1700-as évek végén lezajlott első ipari forradalmat, mely elsősorban az ipar gépesítéséről szólt, három másik követte. A második ipari forradalom során vezették be a sorozatgyártást, ami lehetővé tette az egyforma árucikkek nagy tömegű és olcsó előállítását (*tömeggyártás*). A harmadik ipari forradalom a számítógép-vezérelt automatizációra épült, elhozva a korszerű és hatékony sorozatgyártás lehetőségét. A negyedik ipari forradalom kora a 2010-es évekre tehető, és a rugalmas automatizálásról szól, ami lehetővé teszi az egyedi termékek előállítását a sorozatgyártásra jellemző hatékonysággal (*egyedi sorozatgyártás*).

A negyedik ipari forradalom alapja a **digitalizáció**, és a **hálózatos működés**, amely áthatja a vállalat működését, a megrendelésektől a készletezésen, gyártáson, karbantartáson és vevőkapcsolatokon keresztül a vezetői folyamatokig, és azokon túl; összeköti a vállalat belső folyamatait a külső szereplők – beszállítók, megrendelők, egyéb partnerek – rendszereivel. A modern digitális gyártórendszerek alapja a folyamatos és hatékony, valós idejű kommunikáció a vállalatirányítás, támogató rendszerek, üzleti folyamatok és a gyártástechnológia között, sőt, kiterjed magukra az alkatrészekre és termékekre is. A termelési folyamatok olyan hatékony szervezését valósítja meg, melynek keretében az eszközök önállóan kommunikálnak, és összehangoltan működnek az anyagáram mentén.

Az ipar 4.0-s filozófia és megoldások bevezetése gigászi feladatnak, túl nagy kihívásnak tűnhet a kis- és középvállalkozások számára. Nagyon fontos tudni, hogy, bár fontos, hogy a cég vezetése átfogó stratégiával és vízióval rendelkezzen a cég átalakításával, a digitális megoldások bevezetésével kapcsolatban, azonban a gyakorlati megvalósítás nem igényel teljes körű reformot. Az ipar 4.0-s rendszer a vállalat meglévő folyamatainak javításán, hatékonyabbá tételén alapul; a korszerű megoldásokat fokozatosan és módszeresen vezethetjük be, mindig a legkritikusabb területek javítására koncentrálva. Ehhez nagyon fontos az ipar 4.0 filozófiájának, üzleti modelljének a megértése és kommunikációja az egész szervezeten belül.

**5 fő területet** lehet azonosítani, ahol az ipar 4.0-s megoldások jelentős előnyt jelenthetnek a vállalat számára:

- 1.) Az üzleti modellek digitalizációja (okos beszerzés és beszállítás)
- 2.) A termékek, szolgáltatások digitalizációja
- 3.) A vevőkapcsolatok digitalizációja
- 4.) Az elsődleges folyamatok digitalizációja (okos termelés)
- 5.) A támogató és vezetési folyamatok digitalizációja

A fenti öt terület mindegyikét bemutatjuk a tanulmányban, de elsősorban az utolsó kettőre koncentrálunk, amelyek az ipari (és főleg a faipari) termelés területén kiemelt jelentőségűek.

Az **okos termelési rendszerek** alapját az ún. **kiber-fizikai rendszerek** (CPS-ek) alkotják. Ezekben a rendszerekben szorosan együttműködnek a fizikai folyamatok (pl. a gyártás és a gyártó berendezések), a számítógépek és a hálózatok. A CPS működéséhez létre kell hoznunk a fizikai gyártó folyamatok virtuális modelljét. Ez történhet pl. úgy, hogy a valós megmunkáló vagy logisztikai berendezéseknek megalkotjuk a digitális „ikerpárját”, amelyek folyamatos kapcsolatban állnak a valós berendezésekkel; a valós berendezések állapotát folyamatosan nyomon követhetjük a virtuális rendszerben, és az utóbbinak adott utasítások megvalósulnak a valóságban is. Ezeket a virtuális berendezéseket lehet egy közös rendszerbe szervezni, és egy egységként kezelni, irányítani. A tanulmányban bemutatjuk az ehhez szükséges infrastruktúrát, az okos gyártási és logisztikai megoldásokat, és a rendszer rendező elveit.

Az okos termelési megoldások és egyéb fizikai folyamatok valós idejű nyomon követése, a pontos adatok nagyon jó lehetőséget kínálnak **a vezetési folyamatok támogatására**. A termelés folyamatos, valós idejű követése, elemzése, értékelése különböző szintű **döntéstámogatást** tesz lehetővé, amely sok terhet vehet le a vezetőkhöz, és intuíció helyett egyre inkább pontos, adatalapú döntéseket tesz lehetővé. A megfelelően feldolgozott termelési és értékesítési adatok sokat javítanak az egyéb **támogató folyamatok** (karbantartás, energiagazdálkodás, értékesítés, emberi erőforrás-gazdálkodás) hatékonyságán is.

Mindezeket az okos megoldásokat és folyamatokat a korszerű, digitális **vállalatirányítási rendszer** (ERP) fogja össze, amely az egész vállalat „idegközpontjaként” működik. A tanulmányban röviden bemutatjuk az ERP egyes részeit és funkcióit, valamint az ERP kiterjesztett változatát, amely a cég termelését beintegrálja egy kiterjedtebb beszállítói láncolatba, és annak részeként kezeli, folyamatosan együttműködve más vállalatok ERP rendszereivel. Az ERP-n belül különös figyelmet szentelünk a **gyártásvezérlő rendszernek** (MES), ami a korszerű termelési rendszer „agya” – összefogja, egyetlen közös rendszerbe szervezi a cég hagyományos gyártó berendezéseit, miközben fogadja az ERP utasításait, és ellátja azt a termelésből származó adatokkal. Áttekintjük a MES legfontosabb sajátosságait, valamint a kialakításának a különböző lehetőségeit (dobozos, felhő alapú és egyedi MES).

A tanulmány második felében megvizsgáljuk, hogy mennyiben speciális a fa- és bútoripar helyzete az ipar 4.0 szempontjából. Áttekintjük a faiparban rejlő kihívásokat



és lehetőségeket, ami alapján eldönthető, hogy van-e lehetőség a „faipar 4.0” bevezetésére, és mely területeken.

Végül áttekintünk több, már meglevő vagy ipar 4.0 potenciált rejtő technikai lehetőséget, ami a faipar különböző szegmenseiben rámutat arra, hogy nemcsak, hogy lehetséges az ipar 4.0-s megoldások bevezetése a faipar területén, hanem már egy ideje folyamatban is van, és nagyon fontos lehetőségeket kínál a „korán ébredő” faipari vállalkozások számára az alábbi területeken:

- Fűrészáru gyártás
- Fűrészáru továbbfeldolgozás, alkatrészgyártás
- Bútorgyártás
- Tömörfa termékek gyártása
- Faépítészet és egyéb alkalmazások.

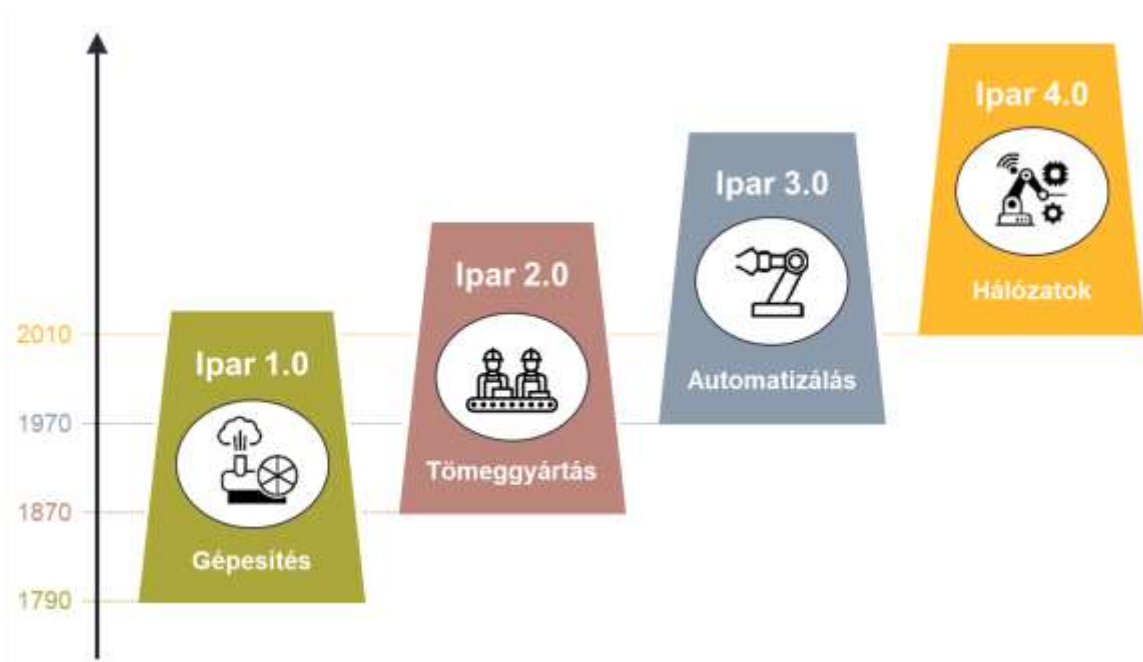
Az összefoglaló fejezet fontos konklúziókat tartalmaz, összefoglalva a hazai faipar előtt álló, az ipar 4.0-s megoldásokból fakadó lehetőségeket és kihívásokat.

## 2. Bevezető: mi is az az ipar 4.0?

Az *ipar 4.0* kifejezés 10 évvel ezelőtt bukkant fel először, és azóta az egyik legfontosabb kulcsszóvá nőtte ki magát, az ipari termelés, gyártástechnológia, kereskedelem, logisztika és energiagazdálkodás szinte minden területén. Ennek a tanulmánynak a célja bemutatni a hazai faipar számára, hogy pontosan mit is értünk e kifejezés alatt, hogy mik az ipar 4.0-s megoldások alkalmazásának a lehetőségei, korlátai, előnyei és hátrányai, és hogy mennyiben alkalmazhatók ezek a megoldások specifikusan a faipar területén.

### 2.1. Történeti áttekintés: a négy ipari forradalom

Az *ipar 4.0*, vagy *Industrie 4.0* kifejezést 2011-ben alkották meg, a német szövetségi kormány egyik technológiai stratégiával foglalkozó projektjének a keretében, és a 2011-es Hannoveri Vásáron terjedt el a nagyközönség körében. Az elnevezés arra utal, hogy a 2000-es évek elejétől kezdve egy nagy jelentőségű, forradalmi változás zajlik az ipari gyártás, a termékek forgalmazása és felhasználása területén – és ez immáron a negyedik ilyen ipari forradalom. Hogy megértsük ennek a folyamatnak a lényegét, érdemes röviden áttekinteni az ipari fejlődés négy nagy állomását, az 1700-as évek végétől kezdve.



1. ábra – a négy ipari forradalom

**Az első ipari forradalom** az 1700-as évek végén vette kezdetét, a gépesítés bevezetésével. A Watt-féle gőzgép bevezetésével olyan erőforrás került a gyártó cégek kezébe, amely erősebb volt minden emberkéznél, amely sosem fáradt el, és amely bizonyos gyártási folyamatokat sokkal hatékonyabban el tudott látni, mint a szakmunkások. Ezek a gépek azonban költségesek voltak, és csak bizonyos, speciális feladatok ellátására volt érdemes használni őket.

**A második ipari forradalom** kora 80 évvel később, az 1870-es években kezdődött. Ekkor jöttek rá a nagyobb gyártók, hogy ha a gyártási folyamatot egyszerű lépésekre bontják, és az ilyen lépések sorozataként kezelik, a gyártási folyamat sokkal hatékonyabbá tehető. Nincs szükség az egész gyártási folyamat minden lépéséhez értő szakemberekre – az egyes lépéseket betanított munkások egyszerű szerszámok vagy gépek segítségével könnyen el tudják végezni. A folyamat jelentősen felgyorsul, és az egyes lépéseket végző emberek vagy gépek könnyen pótolhatók. Ennek legismertebb példája a Ford T-modell autók gyártása; a gyártósorok bevezetésével mind az autók gyártási ideje, mind azok előállítási költsége töredékére csökkent. Fontos, hogy ez a gyártási modell csak uniformizált termékek előállítására használható; gyorsan és olcsón állították elő az egyes iparcikket; pl. a járművek ezáltal mindenki számára elérhetővé váltak, azonban mindenkinek egyforma autója volt; a testre szabás lehetősége nagyon korlátozott. Eljött a tömeggyártás, a konfekcióipar kora. Ugyanebben az időszakban egyre inkább elterjednek az elektromos meghajtású gépek is, ami tovább növeli a gyártás hatékonyságát.

**A harmadik ipari forradalom** lezajlását a digitalizáció tette lehetővé, mintegy 100 évvel később, az 1970-es években. Ennek a jellemzője az automatizálás; a gyártási folyamatokat már egyértelműen gépek végzik, számítógépes irányítással. A gépek vezérlése automatikus (nincs szükség emberi beavatkozásra), de a gépek nem gondolkodnak; előre be vannak programozva egy adott feladatra, azt hajtják végre. A vezérlést eleinte specializált, kezdetleges számítógépek végezték. Az évek múltával és az informatika fejlődésével azonban egyre rugalmasabb, univerzális számítógépek jelentek meg, amelyeket már egyszerűbb átprogramozni. Így a sorozatgyártás valamivel rugalmasabbá vált; a termékválaszték szélesedik.

Így jutunk el **a negyedik ipari forradalom**hoz, a kétezres évek elején. Az ipar 3-as rendszerekben ugyan már digitális berendezések üzemeltek, melyek bizonyos algoritmusokat képesek voltak önállóan végrehajtani, de a döntéseket alapvetően a kezelőnek kellett meghozni. Ezzel szemben az ipar 4.0-ban a gyártás nem csupán számítógépes irányítással történik, de ezek a számítógépek hálózatba kötöttek; folyamatosan kommunikálnak a tervezőkkel és az üzemvezetőkkel, a többi számítógéppel, a gyártó gépekkel, sőt, magukkal az alapanyagokkal és termékekkel,

vagy akár a cégen kívüli szereplőkkel (pl. a megrendelőkkel, beszállítókkal) is. Ez a korábbiakban elképzelhetetlen lehetőségeket nyitott meg a gyártási folyamatokban; hatékonyabb ütemezést, karcsúbb készletgazdálkodást, takarékosabb energiagazdálkodást, és főleg: rugalmasabb és egyedibb termelést tesz lehetővé.

A negyedik ipari forradalmat sokan csak hóbortnak, felkapott, de kevés valódi tartalommal bíró ideának tekintik, és nem kívánnak foglalkozni vele. E kiadvány írásakor a piaci viszonyok Magyarországon és világszerte sok esetben a gyártóknak kedveznek; főleg az egyedi termékek piacán nagy a kereslet és viszonylag kevés a gyártó. Ezért a cégek ma még valóban nincsenek rászorulva a szemléletváltásra, és a faiparban csak az innovatívabb cégek foglalkoznak az ipar 4.0-s megoldások bevezetésével – és élvezik annak előnyeit. A későbbiekben azonban várhatóan elkerülhetetlen lesz ezek bevezetése, ha nem akarunk kiszorulni a piacról.

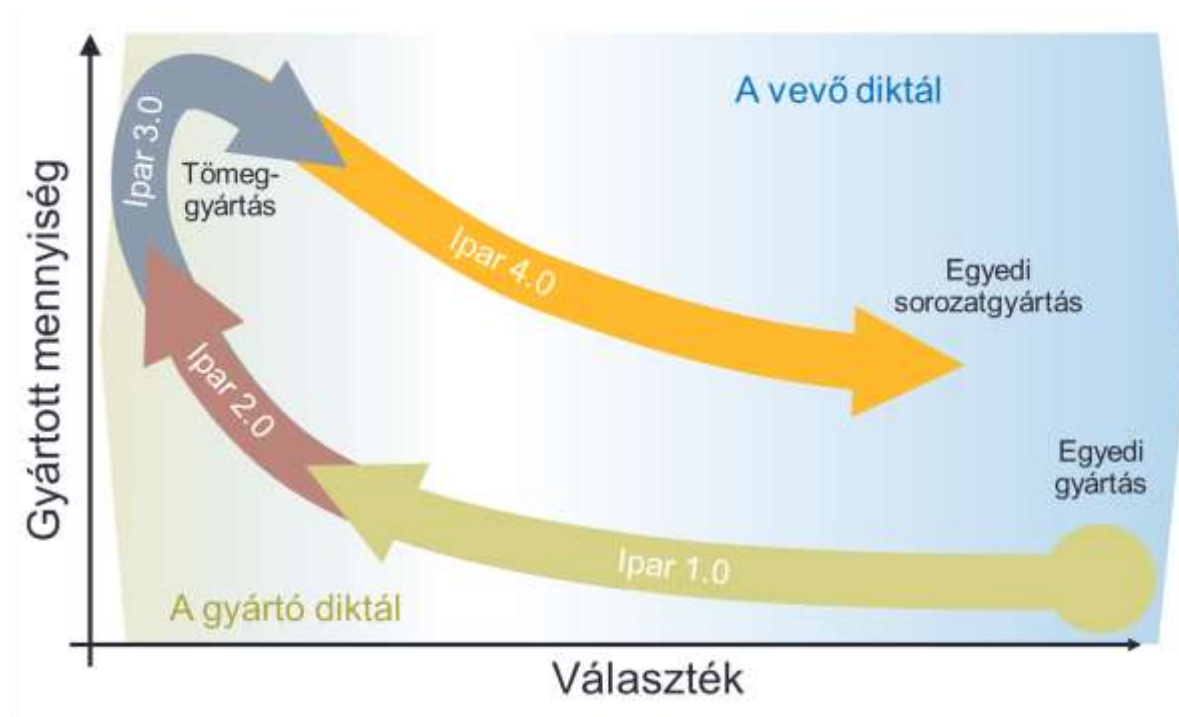
Az alábbiakban szeretnénk röviden bemutatni az ipar 4.0 jellegzetességeit, és az általa biztosított lehetőségeket.

## **2.2. Az ipar 4.0 jellegzetességei**

---

Mint korábban már említettük, a negyedik ipari forradalom alapja, hogy a gyártási folyamatokat végző és irányító gépek hálózatba kötöttek, képesek kommunikálni egymással. A kommunikáció ezen túlmenően kiterjed a gyártási folyamaton túlra is; a megrendelések, a beszerzés, készletgazdálkodás és logisztika, sőt, maguk az alapanyagok, termékek, a karbantartás, az értékesítés, és az energiagazdálkodás mind-mind részei ennek a kommunikációs folyamatnak. Elsőre talán nem egyértelmű ennek a jelentősége, azonban, amennyiben ez a kommunikációs folyamat megfelelően, optimálisan épül fel, az valóban forradalmi módon megváltoztatja, és jóval hatékonyabbá teheti a cég folyamatait.

A gyártóknak elsősorban azt kell megérteniük, hogy az ipar 4.0-s megoldások alkalmazása jelentős versenyelőnyt jelenthet a hagyományos gyártástechnológiákat alkalmazó versenytársakkal szemben. Ennek a megértéséhez fontos végiggondolni a közelmúlt piaci változásait: míg a '60-as, '70-es években a vásárlók örömmel elfogadták a konfekcióipar olcsó termékeit, a '80-as évektől kezdve a vásárlói ízlés egyre kifinomultabbá válik. Ma már természetes igény, hogy a termék testre szabható legyen; a szín, forma, műszaki paraméterek tekintetében széles választékra kell törekedni, és ezt ráadásul olyan áron és olyan tempóban kell teljesíteni, ami eddig csak sorozatgyártással volt lehetséges. Hogyan lehet megfelelni ezeknek a látszólag egymásnak ellentmondó elvárásoknak?



2. ábra – Az ipar 4.0 által biztosított versenyelőny: az egyedi sorozatgyártás

A kérdésre az ipar 4.0 adja meg a választ. Mint a fenti ábrán is láthatjuk, eleinte, a kézműves gyártás idejében lehetőség volt a termékek teljes testre szabására. Az iparosok teljes egészében ki tudták elégíteni a vásárlói igényeket (a kor műszaki színvonalán), viszont, az alacsony hatékonyságú gyártás miatt az iparcikkek nagyon költségesek voltak. Az ipari forradalmak – különösen a második – gyökeresen megváltoztatták ezt a modellt: a gyártás jóval hatékonyabb, és ezáltal jóval olcsóbb lett, azonban elveszítette a rugalmasságát, emiatt a vevőknek be kellett érnie egy jóval szerényebb választékkal. A 3. ipari forradalom után ez a helyzet valamennyire javult; a gyártóberendezések átállítása, átprogramozása könnyebbé vált, de ennek a rugalmasságnak megvannak a korlátai, így ez még mindig messze van az egyedi igények kielégítésétől.

Az ipar 4.0-s gyártási modell segítségével az automatizált berendezések is alkalmassá tehetők igen rugalmas, változatos gyártási feladatok ellátására. A cégen belüli belső, és a külső partnerekkel végzett külső, digitális kommunikáció segítségével, megfelelő adatbáziskezelő programok és rugalmas gyártóberendezések alkalmazásával lehetővé válik az *egyedi sorozatgyártás*, azaz a sorozatgyártás hatékonyságának és az egyedi gyártás rugalmasságának az ötvözése.

Hogyan lehetséges ez? Milyen eszközökkel teljesíthető ez a látszólag „lehetetlen küldetés”?

Az ipar 4.0-s rendszerekben a fizikai folyamatok a valóságban összekapcsolódnak, minden mindenre hat. A digitalizáció korábban szigetszerű megoldásokat nyújtott, mára azonban felismerték, hogy a digitalizáció akkor lehet hatékony, ha csaknem olyan szinten összekapcsolódik, mint a valós folyamatok, sőt akár még algoritmusok szintjén a döntési modellek is általánosíthatók. Az ipar 4.0 eszköztára számos, egymással összefüggő kellékből áll össze, a teljesség igénye nélkül:

- Digitális kapcsolattartás a megrendelőkkel és vevőkkel;
- Rugalmas digitális kapcsolat a beszállítókkal, ami lehetővé teszi a minél gyorsabb beszállítást és a minimális saját készletgazdálkodást;
- Feltétele az egységes adatbázis kezelés; egy adatot csak egyszer kell felvinni, minden adat egy közös adatbázis-rendszerből elérhető.
- Automatizált üzemben belüli logisztika; az anyagok és alkatrészek gyors beazonosítása, megkeresése, gyártó helyszínre szállítása;
- Rugalmas, minél több feladat elvégzésére alkalmas, automatikus gyártóberendezés (robotok, CNC, 3D nyomtatók, stb.) alkalmazása;
- Az üzemben belüli berendezések közötti kapcsolat megteremtése; a berendezések közötti kommunikáció, a berendezések összehangolt, mégis önálló működése a legoptimálisabb gyártás érdekében;
- Kommunikáció a munkadarabbal; „okos alkatrészek”, amelyek magukon/magukban hordozzák a gyártási műveletekkel kapcsolatos információkat;
- Okos karbantartás; prediktív és automatizált karbantartási rendszer, amely biztosítja a gyártási pontosságot, és a meghibásodások, leállások minimalizálását;
- Gyártásfelügyelet; alapja a folyamatos információgyűjtés és -elemzés az egyes gyártási helyekkel és műveletekkel kapcsolatban; diagnosztika, döntéstámogatás. A valódi ipar 4.0-s rendszerekben ez alapján automatikus beavatkozás is történik;
- Az energiagazdálkodás optimalizálása;
- stb.

A fenti lista első látásra elég félelmetesnek tűnhet, pedig még nem is tartalmazza az ipar 4.0 összes lehetséges elemét (pl. nem szóltunk olyan lehetőségekről, mint az okos termékek és szolgáltatások). Egy nem túl tőkeerős kis- vagy középvállalkozás számára egy ilyen gyártási rendszer bevezetése elérhetetlen célnak tűnhet; túl komplex, és főleg túlságosan költséges feladatnak. Ráadásul, a faipari vállalkozások esetében egyes megoldások – pl. a 3D nyomtatók alkalmazása – nem is feltétlenül relevánsak. Nem csoda, hogy a faipari cégek sokszor ellenérzésekkel viseltetnek ezzel a nehezen megfogható, összetett új megoldással szemben...

Az ipar 4.0-s megoldások nagyon fontos előnye, hogy nem szükséges nagyon nagy lépetekkel haladni, nem kell azonnal mindent átalakítani egy cég működésében. Bár látszólag nagyon elvontnak és a gyakorlattól távolinak tűnhet, az ipar 4.0 valós problémákra kínál nagyon is gyakorlatias válaszokat. Bevezetése a cég meglevő folyamatainak elemzésével indul, és azok ésszerűsítésére, hatékonyabbá tételére irányul.

Nagyon jó, ha a cég vezetőinek van nagyívű elképzelése, hogy hova szeretnének eljutni, milyennek szeretnék látni a vállalkozás működését 10 év múlva, de nem kell azonnal minden területet átalakítani, és nincs szükség egyszerre hatalmas beruházásokra. Ennél sokkal fontosabb a stratégiai látásmód, a célok helyes megfogalmazása és sikeres kommunikálása a cégen belül, amit aztán el lehet kezdeni fokozatosan és módszeresen megvalósítani.

A következő fejezetben részletesen áttekintjük az ipar 4.0-s megoldásokat a gyártás különböző területein, és szót ejtünk arról, hogy hogyan érdemes nekiindulni egy modern, ipar 4.0-s gyártási rendszer bevezetésének.

### 3. Az ipar 4.0 alapelvei és alkalmazási területei

---

Mint az előző fejezetben már tárgyaltuk, az ipar 4.0 célja a minél egyedibb, testre szabható termékek előállítása úgy, hogy közben megtartjuk az automatizált sorozatgyártás hatékonyságát is. Amikor egy teljesen automatizált gyártósorra gondolunk, jellemzően egy elég rugalmatlan gyártási rendszer jut az eszünkbe; nagy hatékonysággal tudunk gyártani sok egyforma terméket, de egy másik termékre való átállás jellemzően a gyártósor bonyolult és időigényes átállítását, átkonfigurálását jelenti. Ezzel szemben egy ipar 4.0-s gyártósor szintén nagy mértékben automatizált, azonban az egyik termékről a másikra való átállás gyorsan és egyszerűen elvégezhető; szélsőséges esetben akár egyetlen termék automatikus gyártása sem okoz gondot. Az ipar 4.0-ban ezt nevezik „*egyedi sorozatgyártásnak*”.

A faiparban – és főleg a bútorigarban, belsőépítészetben – jelenleg két szélsőség a jellemző. Az egyik a szériagyártás; sok egyforma bútor gyártása és értékesítése bútoraruházakban (tömeggyártás), vagy az egyedi gyártás, vevői megrendelésre. Hazánkban az utóbbi a jellemzőbb; sok kisebb-nagyobb cég foglalkozik egyedi belsőépítészeti igények kielégítésével, azonban a megrendelés, felmérés, tervezés, gyártás és szállítás folyamatai messze vannak az optimálistól. A felmérés és tervezés általában több iterációt, esetenként zsákutcákat, vagy a vevői igények félreértését eredményezi (ami rossz esetben vevői elégedetlenséghez is vezet az elkészült termékkel kapcsolatban). A gyártás során sokszor okoz fennakadást a logisztika; a beszerzés akadozik, a raktárban vadászni kell a megfelelő alkatrészeket, anyagokat vagy szerszámokat. A gyártásszervezés sokszor nem optimális; nincsenek ott időben az anyagok, fölöslegesen cseréltünk kést a marógépen, mert két darab után úgyis újra vissza kell cserélni, stb. Mindezekre, és ennél sokkal többre is megoldást kínál az ipar 4.0.

#### 3.1. Stratégia: hogyan lássunk hozzá?

---

Az ipar 4.0-tól való idegenkedés egyik fő oka, hogy legtöbbször teljesen életidegen dolognak tűnik, aminek semmilyen relevanciája nincs a cég működésére. Miért kezdjük el csinálni valami teljesen újat, miért forgassuk fel a jól bevált termelési rendszert, csak azért, mert most ez a divat?

Fontos megérteni, hogy az ipar 4.0 nem a meglevő rendszer felforgatásáról, hanem annak javításáról, optimálisabbá tételéről szól. Az ipar 4.0-s rendszer kiépítésekor a cég meglevő folyamataiból indulunk ki; azt vizsgáljuk, hogy melyek azok a problémák, nehézségek, logikátlanságok, amelyek újra és újra felmerülnek, és fennakadást



okoznak a gyártásban, a logisztikában, vagy akár az egymással és az üzletfelekkel történő kommunikációban.

Az ipar 4.0-s átállás minden cég esetében mást és mást jelenthet. Több területen is alkalmazhatunk ipar 4.0-s megoldásokat, és nem biztos, hogy ezek közül mindegyikkel érdemes foglalkozni. Az átállás megvalósításakor érdemes az alábbi lépéseket követni:

- A cég helyzetének felmérése és elemzése
- Célok kitűzése: mit akarunk megvalósítani, miben akarunk fejlődni?
- A célok kommunikációja a szervezeten belül
- A megvalósítás lebontása konkrét lépésekre.

### **3.1.1. A cég helyzetének felmérése és elemzése**

---

Az ipar 4.0-s megoldások sikeres bevezetéséhez jó pár kérdést érdemes megvizsgálni és megválaszolni, pl.:

- Célok: vannak-e a cégnek egyértelmű és jól meghatározott céljai? A munkatársak ismerik és követik-e ezeket a célokat?
- Pozíció: a piac melyik szegmensének szállít a cég, és kik a versenytársak? A versenytársakhoz képest milyen az árképzés és a minőség?
- Termékek: milyen a termékszerkezet? Mennyire jellemzőek az egyedi megrendelések? Milyen jelentős az eltérés a standard és az egyedi termékek között?
- Beszállítók: milyen az alapanyag- és alkatrészellátás? Mennyire megbízhatók a beszállítók?
- Logisztika: milyenek az üzemben belüli logisztikai megoldások (anyagmozgatás, raktározás)? Vannak-e benne logikátlanságok? Hogy lehetne fejleszteni?
- Készletezés: mennyi egyedi alkatrésszel dolgozunk? Van-e lehetőség ezek egyszerűsítésére, az eltérő termékek standard alkatrészekből történő gyártására?
- Gyártás: mennyire hatékony a gyártási rendszer? Mennyire jól szervezett, mennyire esetleges? Milyen a hulladék- és selejt százalék?
- Értékesítés: kik a megrendelőink? Mennyire hatékony a velük történő kommunikáció? Vannak-e a rendszerben fölösleges elemek vagy hiányosságok?
- Karbantartás: milyen karbantartási rendszert üzemeltet a cég? Milyen gyakoriak a váratlan meghibásodások, és az ebből fakadó leállások?
- stb.

Miután kiválasztottuk, hogy az egyes területek közül melyikre, és azon belül milyen folyamat(ok)ra akarunk koncentrálni, alaposan meg kell vizsgálni az adott folyamat(oka)t. Milyen lépésekből állnak, a lépések hogy következnek egymás után, milyen lépések ismétlődnek, stb. – azaz mi a folyamat algoritmus? Sokszor észre sem vesszük, hogy a folyamatok mennyire esetlegesek vagy logikátlanok. Miután tudatosítottuk, hogy hogyan épülnek fel (vagy hogyan kellene felépülniük) a folyamatoknak, ezután kell megvizsgálni, hogy lehet-e ezek hatékonyságán digitális megoldásokkal javítani, és ezek feltételei rendelkezésre állnak-e.

A cég helyzetének a felmérése során az egyik legnagyobb kihívást az adatok hiánya vagy megbízhatatlansága jelentheti. Sok esetben a munkatársak nem feltétlenül érdekeltek abban, hogy pontos adatokat szerezzenek be, vagy megbízható nyilvántartást vezessenek – vagy azért, mert erre egyszerűen nincs energiájuk és kapacitásuk a napi feladatok mellett, vagy azért, mert könnyebb „zavarosban halászni”... Az ipar 4.0 rendszerek egyik alapvető sajátossága a megbízható információ megléte és minél hatékonyabb kihasználása: csak pontos információk birtokában lehet megbízható, hatékony, optimális gyártási megoldásokat kidolgozni és alkalmazni.

### **3.1.2. Az ipar 4.0 célok megfogalmazása**

---

A „cél” kifejezés talán nem is a legszerencsésebb; valójában vízióra, nagyívű, átfogó elképzelésre van szükség arra nézve, hogy mit akarunk az ipar 4.0-s megoldások segítségével megvalósítani. Fontos, hogy az ipar 4.0 önmagában nem cél, hanem csupán egy eszköz a hatékonyabb működés, a jobb minőség és a gazdaságosabb működés érdekében.

Milyennek tudjuk elképzelni a céget? El tudunk képzelni olyan szituációt, hogy pl. a vasalatokból nem kell jelentős raktárkészletet fenntartani, mert mindig időben megérkeznek a megrendelt alkatrészek (akár anélkül, hogy rendelést kellene összeállítani és kiküldeni)? Hogy nem kell minden összeszerelő munkatársnak a raktárban keresgélnie az alkatrészeket, hanem azok megfelelő időben megérkeznek a munkahelyre – pontosan az, amire szükség van, előkészítve, épp a munkatárs keze alá? Hogy az alkatrészjegyzékeket nem kell külön böngészni a lapszabász gépnél, az élelárónál, a CNC fúrónál stb., hanem az egyes berendezések rögtön tudják, hogy mit kell az adott alkatrésszel csinálni, anélkül, hogy külön megmondanánk neki? Mindezekre, és még ennél jóval többre, ma már léteznek megoldások. Lehet, hogy nem mindegyik releváns a saját cégünkre, vagy lehet, hogy nem pont olyan formában állnak rendelkezésre, ahogy elképzeljük. Amikor a víziót megfogalmazzuk igyekezzünk elsősorban az értékteremtő lépésekre koncentrálni (azaz azokra a folyamatokra,

amelyek a megrendelő igényeinek a kielégítését szolgálják, mint a logisztika, gyártás, marketing, szállítás.) A cél a veszteségek csökkentése, és az igények minél magasabb szintű kielégítése. Ehhez a digitális megoldások mellett hozzájárul a megfelelő szervezési háttér, pl. a lean alapelvek<sup>1</sup> alkalmazása.

A célok megfogalmazásakor nyilván fontos a realitások talaján maradni (pl. nem biztos, hogy egy néhány fős bútoripari vállalkozás képes lesz fél Magyarországon belsőépítészeti igényeit kielégíteni, alkalmazzon akármilyen fejlett ipar 4.0-s megoldást is), de érdemes kicsit elengedni a fantáziánkat. Az ipar 4.0-s megoldások bevezetésének talán a legnagyobb gátja, ha nem vagyunk képesek túllátni a jelenlegi lehetőségeinken. A ma még talán elképzelhetetlen megoldások a közeljövőben a legtermészetesebb valósággá válhatnak. A 4. fejezetben bemutatunk több olyan okos megoldást, amelyeket a faipar különböző területein már ma is alkalmazhatunk.

### **3.1.3. A célok kommunikációja a szervezeten belül**

---

Nagyon fontos és szükséges, hogy a szervezet vezetőinek egyértelmű víziója legyen a célkitűzésekről, a tervezett fejlesztési irányokról. Ez azonban önmagában nem elégséges. A változtatásokat, az új termelési rendszert a munkatársak – mérnökök, szakemberek, fizikai dolgozók – fogják végrehajtani. Ha az elképzelések kikristályosodnak, nagyon fontos mindenkivel megértetni, hogy ezek miért fontosak, mi lesz az előnyük, milyen változások várhatók, és – lehetőleg – azt is, hogy ez milyen előnyökkel jár majd a munkatársak számára. Ennek hiányában könnyen elképzelhető, hogy nem lesznek képesek a fejlett rendszer előnyeit teljes egészében kihasználni, sőt, akár az is, hogy sabotálják az új megoldások bevezetését, pusztán azért, hogy bizonyítsák, hogy a régi jobb volt.

(Itt jegyezzük meg, hogy bár az ipar 4.0-s rendszereket többnyire az automatizálással, a teljes gépesítéssel azonosítjuk, ez nem feltétlenül jelenti szükségszerűen az emberi munkaerő mellőzését vagy kiiktatását a rendszerből. Ellenkezőleg: magasan képzett munkaerőre van szükség a fejlett rendszer működtetéséhez. Pl. egy okos raktározási rendszer bevezetése nem feltétlenül jelenti azt, hogy minden alkatrészt és anyagot robotok fognak a helyszínre szállítani – önmagában az is sokat javíthat a

---

<sup>1</sup> A lean menedzsment egy olyan vállalatirányítási, illetve -szervezési metódus, amelynek célja a termékek, szolgáltatások minél hatékonyabb, ésszerűbb és gazdaságosabb előállítása. A lean menedzsment a hatékonyság növelését a termelési, érték-előállítási folyamatok racionalizálásával éri el. A lean folyamatszervezés és az ipar 4.0-s digitális megoldások jól kiegészítik egymást, és érdemes őket együtt, egységesen alkalmazni.

hatékonyságon, ha a raktáros munkáját egyértelmű jelzésekkel segítik, hogy könnyen és gyorsan meg tudja találni az éppen szükséges elemeket.)

Mint a 0. fejezetben látni fogjuk, az ipar 4.0-s átálláshoz nem kell feltétlenül hatalmas beruházással az egész cég működését azonnal átállítani. Lehet, hogy először pl. csupán a táblafelosztó és éllezáró gépeket cseréljük ki, vagy készítjük fel az automatikus működésre. Ez azonban nem jelenti azt, hogy csak az ezen a területen dolgozó munkatársaknak kell tisztában lenniük a változásokkal – hiszen az ipar 4.0 lényege éppen a hálózatos működés, az egyes területek integrálása. A változások érinteni fogják a megrendelőkkel való kommunikációt, az adatbázis kialakítását, a tervezést és konszignációt, az anyagbeszerzést, és érinthetik a későbbi műveleteket is (pl. a QR vagy RFID azonosítóval ellátott alkatrészek további kezelése, az információk kiolvasásának szükségletei miatt.) Emiatt fontos, hogy az egész szervezet megértse, hogy milyen irányban haladunk, mit próbálunk megvalósítani, és hogyan érhetjük el a leghatékosabb eredményt.

#### **3.1.4. Megvalósítás: konkrét lépések**

---

Ha egy vállalatot egy lépésben, egyszerre akarunk átállítani teljes egészében digitalizált, hálózatos működésre, az gigantikus méretű feladat – hihetetlenül komplex és költséges vállalkozás. Ezt még a nagy és tőkeerős vállalkozások is csak ritkán engedhetik meg maguknak.

Míg a célok megfogalmazásánál, a vízió felvázolásakor fontos az egész cégre vonatkozó, átfogó elképzelés, ennek a konkrét kivitelezése szerencsére nem szükségszerűen jelent egyetlen, hatalmas lépést. Érdeemes először viszonylag könnyen digitalizálható lépéseket keresni, amelyen keresztül látható az ipar 4.0-s megoldások előnye. Ha ez megtörtént, akkor nekivághatunk a nagyobb kihívásoknak is. Mi a működésünkben a leggyengébb láncszem? Mi jelenti a legnagyobb kihívást? A folyamatos telefonos/e-mailes egyeztetés a beszállítókkal? A kaotikus raktározás/készletezés? A megrendelőkkel való kapcsolattartás, a pontos igények megfogalmazása? Vagy a technológia valamelyik része, amely erősen elavult?

Fontos alapelv, hogy bár maga a megvalósítás lehet „szigetszerű”, azaz csupán a működés egyes területeit érintő, de a koncepciónak átfogónak és átgondoltnak kell lennie. Hiába alkalmas pl. a táblafelosztó arra, hogy automatikusan működjön, ha az alkatrészjegyzéket ezután manuálisan kell levinni a gyártócsarnokba, és kézzel bepötyögni a méreteket. Hiába kapcsoljuk össze a raktárnyilvántartást a beszállítókkal, ha ezután mégis manuálisan kell küldözgetni a megrendeléseket. Hiába lehet

automatikusan összeállítani a megrendelést a cég honlapján, ha ezután mégis háromszor kell e-mailt váltani a megrendelővel, mert a honlap nem eléggé átgondolt, és az információkat utólag kell pontosítani.

Valószínű, hogy a munkatársak könnyen meg tudják fogalmazni, hogy hol lenne a legnagyobb szükség a változtatásra. Ugyanakkor sok esetben ők azok, akik a legjobban ellenállnak, leginkább gyanakvással kezelik az ipar 4.0-s átállást. Ha viszont az első lépések sikeresek, utána már sokkal könnyebb meggyőzni őket, hogy a változások az egész cég, és ezen belül az ő érdekeiket is szolgálják.

### 3.1.5. Vállalatirányítás: egy új modell

A zökkenőmentes és hatékony működés egyik legfontosabb alapfeltétele a megfelelő logisztika, az alapanyagok és alkatrészek zökkenőmentes biztosítása. Különösen fontos ez a sorozatgyártásban, ahol bármelyik összetevő hiánya azonnal megbénítja a folyamatot. Michael E. Porter 1985-ös könyvében a következő modell szerint mutatta be a vállalati értékláncolat felépítését:



3. ábra – Porter klasszikus értékláncolat-modellje

A klasszikus sorozatgyártással foglalkozó cégek ez alapján állították össze a vállalatirányítási rendszereiket (ERP, Enterprise Resource Planning). Mint látható, a bemutatott modell a gyártói tevékenységeket két csoportra, elsődleges gyártási és támogató tevékenységekre bontja. Az elsődleges tevékenységek a klasszikus, szekvenciális folyamatok (mint pl. a gyártás vagy értékesítés), míg a támogató

tevékenységek (pl. fejlesztés, HR) szigorúan véve nem elengedhetetlenek a gyártáshoz, de olyan hozzáadott értéket hoznak létre, ami nélkül a termék és a cég hosszú távon biztosan nem életképes.

Mint a fenti modellből látszik a beszerzési folyamatok két részből állnak: az elsődleges, a gyártáshoz szükséges közvetlen beszerzés és az ún. „stratégiai beszerzés”. Ez utóbbi a beszerzés hosszabb távú stratégiájával foglalkozik: honnan mit, és milyen áron érdemes beszerezni? Érdemesebb-e vásárolni, vagy saját magunknak legyártani bizonyos dolgokat? Milyen beszállítókkal tudunk hosszú távú, előnyös megállapodást kötni?

Sorozat- és tömeggyártásnál, amikor viszonylag kis számú terméket állítunk elő korlátozott számú alkatrészből, nagyon fontos, hogy ezek mindig megfelelő mennyiségben rendelkezésre álljanak, különben megakad a gyártás. Ezért érdemes és fontos viszonylag jelentős készletet a raktáron tartani az alapanyagokból és alkatrészekből (különösen, ha nem magunk állítjuk elő azokat).

Nem nehéz belátni, hogy ez a fajta gondolkodás csak addig tud működni, amíg viszonylag kis választékban, sok egyforma terméket állítunk elő. A termékválaszték bővülésével az összes potenciálisan gyártható termékhez szükséges alapanyagok és alkatrészek száma és fajtája olyan mértékben elkezd bővülni, hogy képtelenség mindenből megfelelő mennyiséget (vagy akár csak egy kis mennyiséget is) raktáron tartani. Az egyedi, manufaktúráis gyártásban tehát a gyártó a megrendelést követően szerzi be kimondottan az adott termékhez szükséges alapanyagokat, és mindig csak a szükséges mennyiségben.

Mi a helyzet az ipar 4.0-ra jellemző egyedi sorozatgyártással? Itt bizony nem működik sem a hagyományos készletgazdálkodás (amihez hatalmas raktárkészletet kellene kialakítani), sem a „gyalogos” alapanyagbeszerzés, ami megakasztja, akadályozza az egyébként rugalmas és hatékony gyártási folyamatokat.

A megoldást az értékláncolatok összekapcsolása, hálózatba kötése jelenti. Elméletileg az ipar 4.0-s termelő üzemeknél a beszerzéssel nem szükséges megvárni, amíg befut a megrendelés, azt egyeztetik, elkészítik az alkatrészjegyzéket, majd ezek után az alapján elküldik a megrendelést a beszállítónak, aki vagy tud szállítani, vagy nem. A megrendelést követően a rendszer automatikusan felméri az alapanyagszükségletet, és automatikusan, emberi beavatkozás nélkül jelzi a beszállítónak az igényeket, aki szintén nem vár semmilyen emberi visszaigazolásra, hanem szállítja a szükséges alapanyagokat vagy alkatrészeket. Mi több, igazán hatékonyan működő beszállítói hálózat esetén még erre sincs szükség; a beszállító eleve látja a megrendelőhöz befutott igényeket és a raktárkészletet, és külön jelzés nélkül automatikusan szállít. (Ezzel a

megoldással kapcsolatban felmerülhetnek bizonyos adatbiztonsági aggályok.) Ennek a megoldásnak természetesen több feltétele is van, amelyek szükségesek az értékláncolatok összekapcsolásához:

- 1.) A szállítónak kellően megbízhatónak kell lennie ahhoz, hogy a szükséges anyagokat, komponenseket határidőre, megfelelő mennyiségben és minőségben szállítani tudja. Ez különösen nagy kihívást jelent a faipar számára, ahol bizonyos alapanyagok természetüknél fogva nem feltétlenül állnak azonnal rendelkezésre.
- 2.) Mind a beszállítónak, mind a megrendelőnek megbízható ipar 4.0-s rendszert kell üzemeltetnie.
- 3.) A beszállító és a megrendelő adatbázisai között megfelelő kommunikációs protokollt kell kialakítani – magyarul szólva, fontos, hogy a két cég szoftverei „egy nyelvet beszéljenek”, nehogy félreértsék egymást!

A fenti természetesen egy ideális állapot, amit a gyakorlatban nem lehet elérni, de érdemes törekedni rá. Fel kell mérni, hogy melyik beszállítótól mit várhatunk, melyik alkatrészt tudják várhatóan azonnal szállítani, miből érdemes egy (minimális) raktárkészletet tartani. Az ipar 4.0 által kívánt digitális megoldások segíthetnek ezeknek a döntéseknek a meghozatalában, és a raktárkészletek racionális szinten tartásában.

Talán nem meglepő, hogy a faipar területén ez ma még eléggé gyerekcipőben jár. A fa- és faalapú anyagok különösen nagy kihívást jelentenek e tekintetben, hiszen pl. aki fűrészáruval dolgozik, az tudja, hogy nem létezik két teljesen egyforma deszka vagy lécs. Ugyanakkor a falemezek, vasalatok, élzárók és egyéb alkatrészek esetében már más a helyzet, és a szállító cégek már elkezdtek a felkészülést, hogy ki tudják elégíteni az ipar 4.0-s igényeket. A faipar jelen fejlettségi szintjén biztos, hogy egyelőre nem lehet teljes ipar 4.0-s beszállítói láncolatot kialakítani, így egyelőre inkább valamilyen hibrid rendszer jöhet szóba.

Ipar 4.0 alatt elsősorban a gyártástechnológia digitalizációját, automatizált működését szoktuk érteni, de fontos tudni, hogy ez a szemléletmód kiterjed a cég működéseinek más területeire is. Móricz Péter a digitalizáció alábbi öt területet azonosítja az ipar 4.0 fontos területeiként:

- 1.) Az üzleti modellek digitalizációja
- 2.) A termékek, szolgáltatások digitalizációja
- 3.) A vevőkapcsolatok digitalizációja
- 4.) Az elsődleges folyamatok digitalizációja (okos termelés)
- 5.) A támogató és vezetési folyamatok digitalizációja



Az ipar 4.0-s átállás jellemzően a fenti öt terület közül többet is érinteni szokott. A következőkben áttekintjük mind az öt területet, de ezek közül elsősorban a negyedikre, az okos termelésre fogunk koncentrálni, mint a faipari vállalatokat leginkább érintő témakörre.

### **3.2. Az üzleti modellek digitalizációja**

---

Az ipar 4.0 első lehetséges alkalmazási területe az üzleti modellek átgondolása. Az internet által nyújtott lehetőségek merőben új, eddig ismeretlen megoldásokat hozott ezen a területen. Ide tartoznak például az UBER, az AirBNB és hasonló sharing megoldások, amelyek közel hozták az ügyfelekhez a szolgáltatásokat. Szintén teljesen új filozófia az on-demand szolgáltatás, pl. az HBO vagy a Netflix interneten, igény szerint elérhető tartalmai, vagy a hirdetések által „ingyenessé” tett alkalmazások a szoftvervilágban. Gondoljunk bele, hogy milyen messze vannak ezek az 1-2 évtizeddel ezelőtt még egyeduralkodó taxik, vagy videókölcsönzők üzleti modelljétől. Egy másik példa az Apple üzleti filozófiája, amely teljesen átalakította azt a módot, ahogyan az informatikai eszközeinket szinkronizálni tudjuk – és ezáltal a felhasználók egy rétegét igen hűségessé teszi a márkához.

Ezeknek az új üzleti modelleknek a hallatlan nagy előnye, hogy valamilyen merőben új szolgáltatást kínál, ami a felhasználók számára valamilyen szempontból jelentős extra kényelmi vagy használati értékkel bír. Ez nagyon nagy vonzerőt jelent, és seregestül csábítja el a vásárlókat a hagyományos modellben működő versenytársaktól. Ehhez elsősorban ötlet és fantázia szükséges – ha ki tudunk találni egy reális és hasznos digitális üzleti modellt, annak megvalósítása általában már csak szakértelem kérdése.

A tartós használati cikkek – mint pl. a belsőépítészeti és faipari termékek – piacán jóval nehezebben lehet megtalálni a digitalizáció lehetőségeit, mint az elektronikus szolgáltatások esetében – de nem lehetetlen. Jó példa erre a car sharing szolgáltatások nagy sikere. Nem biztos, hogy érdemes hatalmas energiákat fektetni a faipari és a belsőépítészet üzleti modelljeinek a megreformálásába, viszont, ha van egy merész ötletünk, ne vessük azonnal el! Néha jó oka van, hogy egy ötletet miért nem valósított még meg senki – de néha csupán arról van szó, hogy még senkinek sem jutott eszébe...

### **3.3. Okos termékek, szolgáltatások**

---

Az okos termékek és szolgáltatások témaköre szintén az ipar 4.0-hoz tartozik. Az ilyen megoldásokat elsősorban a high-tech cégek termékeiből ismerjük; ide tartoznak pl. az



okosórák, telefonok, de az olyan háztartási cikkek is, mint az okos világítási és fűtőrendszer, az okos hűtőszekrény, amely figyelmezteti a felhasználót, ha kifogy valamilyen élelmiszer, vagy a modern car-sharing szolgáltatások. A lehetőségek tárháza szinte kifogyhatatlan; mondhatni, csak az emberi kreativitáson múlik, hogy mi mindent lehet „felokosítani” ...

Ehhez képest a fa- és bútoriparban egyelőre viszonylag kevés példát találunk az okos megoldások alkalmazására. Ilyenek pl. RFID azonosítóval ellátott okos raklapok és ládák, vagy az okos íróasztalok, székek. Erre is vonatkoznak a 3.2-es fejezetben elmondottak: egy jó, tényleg hasznos, okos megoldással, ami valódi igényt elégít ki, jelentős versenyelőnyhöz juthatunk. Az ilyen okos megoldások viszont csak akkor tudnak hatékonyak lenni, ha azokat valamilyen, a mindennapi életben jelentkező, valós igény generálja – a l’art pour l’art okos funkciók legfeljebb érdekesség szintjén fogják meg a vásárlókat.

### **3.4. A vevőkapcsolatok digitalizációja**

---

Az internet hatása sokféleképpen érzékelhető a vállalkozások életében. Ezek közül talán a legfeltűnőbb a termékek értékesítésében, piacra juttatásában beállt változás. A vevők egyre inkább az internetről rendelnek, és egyre ritkábban járnak áruházakba. A hagyományos Gyártó – Nagykereskedő – Kiskereskedő – Vásárló láncolat lerövidült. A nagy internetes kereskedőcégek alapvetően kiiktatták a nagykereskedőt a rendszerből, és közvetlenül a gyártóktól rendelik a termékeket, amelyeket közvetlenül a felhasználónak szállítanak. Bár ezt az internetes vásárlói piacot főleg az olyan óriáscégek uralják, mint az Amazon vagy az Alibaba, az internet a jóval kisebb cégek számára is jó lehetőséget jelent, és így a gyártók akár közvetlenül is el tudják érni a vásárlókat – különösen, ha jó árakat, és testre szabott megoldásokat tudnak kínálni. A cégeknek érdemes odafigyelni erre a nagyon fontos változásra, értékelni a lehetőségeiket, és beépíteni azokat a stratégiájukba.



*4. ábra – a vevőkapcsolati rendszer*

Akár nagykereskedőkkel, akár internetes értékesítő cégekkel állunk kapcsolatban, és főleg, ha közvetlenül értékesítünk a vásárlóknak, a velük való kapcsolattartásban is kihasználhatjuk az ipar 4.0 által nyújtott lehetőségeket. Ezt a célt szolgálják az úgynevezett vevőkapcsolat kezelő rendszerek (CRM – Customer Relationship Management), ami a legtöbb esetben nem csak a vevőkre és potenciális vásárlókra terjed ki, hanem az összes partnerre, legyen az vevő, beszállító, vagy bármilyen egyéb módon kapcsolódjon is a céghez. Ezért a vevőkapcsolat kezelő rendszer elnevezés helyett sokszor használják a partnerkapcsolat kezelő, vagy kiterjesztett vevőkapcsolat kezelő rendszer (PRM, xCRM) elnevezéseket is.

A piacon sokféle különböző CRM szoftvert találhatunk, vagy akár saját magunknak is fejleszthetünk. A legtöbb CRM rendszerben a következő funkciók állnak a rendelkezésünkre:

- **Partnerkapcsolati adatbázis:** a partnerek és ügyfelek adatainak központi és standardizált kezelése. Ez evidensnek tűnhet, azonban a legtöbb vállalatnál a különböző osztályok és szervezeti egységek külön-külön nyilvántartást vezetnek, más és más formátumban. A központi adatbázis előnye, hogy az

adatokat csak egyszer kell bevinni, azok egységes formában állnak rendelkezésre, és ha az adatokat frissítik (pl. egy megváltozott e-mail cím vagy telefonszám miatt), akkor azt csak egyszer kell megtenni, és a frissített adatok mindenkinek a rendelkezésére állnak. A kapcsolati adatokhoz minden illetékes egység hozzáfér, előre meghatározott hozzáférési szintek alapján (tehát pl. az érzékenyebb adatokhoz nem fér mindenki hozzá.)

- **Lead menedzsment:** ennek a célja a lehetséges ügyfelek felkutatásának a támogatása. Az ügyfeleket nyomon követhetjük az első érdeklődéstől a megrendelések realizálásáig és teljesítéséig, és az ezzel kapcsolatos adatokig, amivel az értékesítők munkáját segíthetjük.
- **Kampánymenedzsment:** a jelenlegi és potenciális ügyfelek felé indított kampányok kezelése, célcsoport leválogatása, a kampánytervezés, végrehajtás, utókövetés és értékelés folyamatának követése. A kommunikációs folyamatok követése különösen fontos, beleértve a különböző csatornákon végzett (szóbeli, telefonos, e-mailes, chat, papíralapú) kommunikáció dokumentálását. Ezt később összeköthetjük az üzleti folyamatokkal, kivonatokat, elemzéseket készíthetünk belőle.
- **Ügyfélkapcsolati feladatok kezelése:** beleértve a jelenlegi ügyfelekkel kapcsolatos tevékenységek követését és támogatását, valamint a jelentések, kérdések és megkeresések kezelését. Ehhez tartozik a közösségi média kezelése is, pl. a potenciális és meglévő kliensekkel történő interakciók elemzése a különböző közösségi oldalakon, a kommentek, like-ok, pozitív és negatív visszajelzések figyelése és kezelése.
- **Elemzések és jelentések:** a piaci trendek követése és elemzése természetesen elengedhetetlen a versenyelőny megőrzése szempontjából. Ehhez megfelelő jelentéseket kell készíteni a cégvezetés számára.

Természetesen a fenti listában szereplő összes funkcióra nincs szüksége minden kisvállalkozásnak, de egyes elemei szinte bármilyen vállalkozás számára hasznosak lehetnek. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy ez is csak egy jól működő, átfogó digitális rendszer részeként tud jól működni. Hiába tartjuk a kapcsolatot az ügyfelekkel a legkorszerűbb lehetőségek kihasználásával, ha a szállított termék vagy szolgáltatás nem megfelelő minőségű, késik, vagy nem felel meg az ügyfél elvárásainak.

### **3.5. Az elsődleges folyamatok digitalizációja: okos termelés**

Az ipar 4.0 talán legismertebb, és legtöbbet emlegetett eleme az okos termelés. Sokan egy az egyben ezzel azonosítják az ipar 4.0 fogalmát: okos gyárak, korszerű és

univerzális gyártóberendezések, automatikus termelés, kisseriás vagy teljesen egyedi termékek. Egyértelmű, hogy a termelés digitalizációja az ipar 4.0-s megoldások központi eleme, és a faiparban is egyre több ilyen megoldás van elterjedőben, az alapanyaggal kapcsolatos speciális kihívások dacára. Emiatt ez az a témakör, amit az ipar 4.0-n belül a legrészletesebben fogunk tárgyalni.

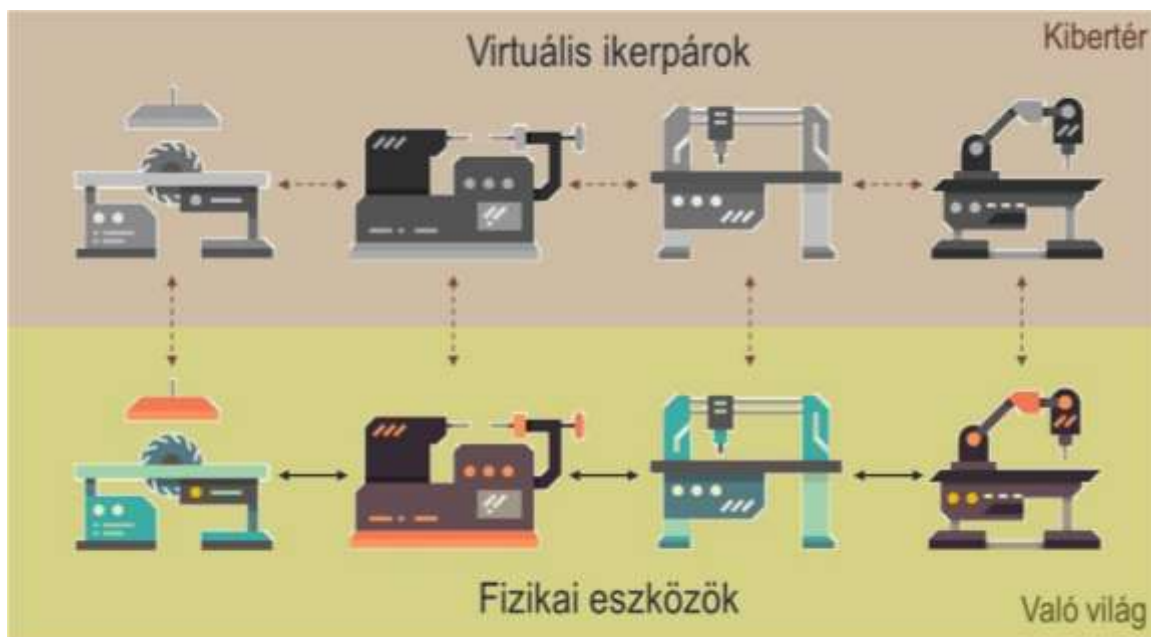
Az okos termelés talán legfontosabb rendezője az ún. húzóelvű gyártás. Ez azt jelenti, hogy alapvetően nem a cég dönti el, hogy mit fog gyártani, hogy aztán a gyártott termékeket kínálja eladásra, hanem a megrendelő, vásárló dönti el, hogy mire van szüksége, és azt kéri a gyártótól – elvárva a sorozatgyártásra jellemző sebességet és alacsony árakat. Ez a gyártótól egyszerre kíván nagyfokú rugalmasságot és hatékonyságot, ami alapvetően új technológiai megközelítést igényel.

A korábbi fejezetekben tárgyalt okos beszerzési és digitális vevőkapcsolati megoldások alapvetően a virtuális térben (számítógépeken és az interneten) zajlanak. Az okos gyártás ezzel szemben nagyon is valós, fizikai folyamat, tehát itt meg kell teremteni és fenn kell tartani a folyamatos kommunikációt a valós és a virtuális eszközök között. Ennek érdekében a valós rendszert a virtuális térben modellezzük, és ezen keresztül végezzük a gyártórendszer irányítását.

### **3.5.1. Az elsődleges rendszer digitális modellje**

---

Az ipar 4.0-s termelő rendszerek működéséhez biztosítani kell, hogy a fizikai folyamatok állandó nyomon követését, a kommunikációt a gépek, berendezések és a cég központi irányítása között. Az egyes gépek hálózatba kötve, folyamatosan kommunikálnak – információt adnak, és utasításokat kapnak – a vállalat működését felügyelő rendszertől, és kapcsolatban állnak egymással is. Erre jó lehetőséget teremt, ha a valós, fizikai gyártóberendezéseknek létrehozunk a „virtuális párját”, azaz a számítógépes reprezentációját. A két rendszer egymással teljesen szinkronban működik, mintha a virtuális gép a valós berendezés „árnyéka” lenne; minden, ami a valóságban történik, az megjelenik a virtuális gépen is, és a virtuális gépnek adott utasítások, parancsok, az azon elvégzett műveletek megtörténnek a valóságban is. A rendszer fizikai elemei között anyagáramlás történik, míg a virtuális ikerpárok közötti információáramlás teszi lehetővé a gépek egyetlen, komplex rendszerbe szervezését.



5. ábra – Virtuális ikerpárok

Miért van szükség ezekre a virtuális rendszerekre, és milyen előnyt kínál az alkalmazásuk? Alapvetően ezek teszik lehetővé az okos megoldások alkalmazását. Ennek a segítségével tudnak a gépek kommunikálni egymással, és ezáltal a leghatékonyabb módon tudják elvégezni a feladataikat, elosztani a munkát, és elősegíteni a többi egység munkáját is. Ugyanakkor, mivel minden megmunkáló egységnek megvan a maga „virtuális ikertestvére”, azaz, ha úgy tetszik, a „saját agya”, a berendezések önálló döntéshozatalra, autonóm működésre is alkalmasak. Nem pusztán arról van szó, hogy a gyárnak van egy központi vezérlőegysége, ami az összes többi irányítja – a berendezések ún. decentralizált hálózatba vannak kötve, ami egyszerre biztosít jobb stabilitást és nagyobb rugalmasságot a rendszernek.

Hogyan szinkronizáljuk egymással a valós és a virtuális gépeket? Ennek a kulcsát elsősorban a rugalmas gyártóberendezések, valamint a szenzorok jelentik. A valós berendezések fel vannak szerelve különböző szenzorokkal, amelyek folyamatos információt szolgáltatnak a gyártás különböző aspektusairól: elsősorban is a megmunkáló szerszámok helyzetéről és mozgásáról, valamint a munkadarab alakjáról és pozíciójáról, de szükség szerint bármilyen egyéb fontos paraméterről, a megmunkálás pontosságától kezdve a szerszám kopásán keresztül a szerszám és a munkadarab felmelegedéséig, stb. Ugyanakkor a megmunkáló berendezések fel vannak szerelve olyan automatizálási megoldásokkal, amelyeken keresztül lehet irányítani a működésüket; pl. a munkadarab és a szerszám(ok) pozícióját és mozgását, sebességét, a szerszám és az alapanyagok fajtáját, stb. A gyártás során folyamatos visszacsatolás érkezik annak eredményéről, és ez alapján be lehet avatkozni a gyártásba, pl. korrigálhatók a szerszámpályák a kopás ellensúlyozására.

Az eddigiekben főleg eléggé elvont koncepciókról és alapelvekről esett szó. Vessünk most egy pillantást az okos gyártás fizikai hátterére, a konkrét eszközökre is.

### 3.5.2. Az okos gyártáshoz szükséges infrastruktúra

---

Felmerülhet bennünk a kérdés, hogy vajon miért éppen most jutottunk el odáig, hogy az ipar 4.0-s megoldások alkalmazása lehetségessé vált? Mi teszi lehetővé a gyártóberendezések hálózatba kapcsolását, és az okos gyártást általában? Az alábbiakban bemutatjuk az okos gyártórendszerek legfontosabb elemeit:

- **Olcsó és hatékony szenzorok.** A szenzortechnika forradalmi fejlődésen ment át az elmúlt években. A szenzorok nem csak kisebbé és pontosabbá, de jóval olcsóbbá is váltak az elmúlt évtizedben. Ennek köszönhetően a digitális átálláshoz szükséges rendszerek is jóval olcsóbbak és megbízhatóbbak lettek.
- **Rugalmas és sokrétű megmunkáló berendezések.** Az egyedi sorozatgyártás nagyfokú rugalmasságot kíván a gyártási rendszertől. A gyártott termékek jellegétől függően az egymás után gyártott alkatrészecskék merőben eltérő kialakításúak, anyagúak, megjelenésűek lehetnek, amit hagyományos gyártó berendezéseken nem, vagy csak fárasztó és időigényes átkonfigurálással lehet kezelni. A modern berendezések, mint pl. a 3D nyomtatók, gyártó robotok és CNC berendezések bizonyos kereteken belül biztosítani tudják a szükséges rugalmasságot.
- **Nagy sebességű digitális hálózat.** A berendezések összekapcsolásához (akár az egyes ikerpárok kialakításához, akár azok egymáshoz és a cég egyéb rendszereihez kapcsolásához) nagy mennyiségű adat nagyon gyors továbbítására van szükség. Ha a valós és virtuális gépek közötti, vagy a virtuális rendszeren belüli kommunikáció másodperceket vesz igénybe, az tökéletesen meggátolja az ipar 4.0-s rendszerek működését. Természetesen lehetőség van a cég saját, belső hálózatának a kiépítésére is, de – köszönhetően az internetes sávszélesség ugrásszerű növekedésének – ma már a legegyszerűbb az internetet használni erre a célra.
- **Vezetékmentes hozzáférés.** Elméletileg a gépek és szenzorok hálózatba kötése elképzelhető vezetékes csatlakozással is, azonban ez ma már kényelmetlen, korszerűtlen, és egyes esetekben teljességgel kivihetetlen. A gépek, szenzorok és számítógépek ezért jellemzően vezetéktelen kapcsolattal – wifi vagy mobilhálózaton keresztül – csatlakoznak egymáshoz.



- **A dolgok internete (IoT).** A hagyományos mérési rendszerekben a szenzorok jelét először egy számítógépbe vezették, ami kiértékelte ezeket, és ezután továbbította – ha kellett – a hálózaton keresztül. A szenzorok működéséhez szükséges számításokat ma már jellemzően egyszerű, az érzékelőbe integrált mikroelektronika végzi, amelyik közvetlenül tud csatlakozni a hálózathoz. Minden szenzor és egyéb berendezés külön-külön, közvetlenül csatlakozik az internetre – ezt nevezzük a dolgok internetének (IoT, Internet of Things.) Mivel emiatt az internetre jóval több eszköz csatlakozik, mint azt 1-2 évtizede gondoltuk volna, ehhez új internetcím-rendszert is be kellett vezetni (ez az ún. IPv6 protokoll.)
- **Informatikai kapacitás.** Az egyes megmunkálógépeken elhelyezett számos szenzorból nagyon nagy mennyiségű adat érkezik a rendszerbe, amit fel is kell dolgozni. Ez nagy teljesítményű számítógépeket igényel. Sok esetben a cégek ma már, ahelyett, hogy hatalmas saját informatikai gépparkot hoznának létre, különböző felhőalapú szolgáltatásokat vesznek igénybe az adatok értékeléséhez és tárolásához.
- **Mesterséges intelligencia.** Az ipar 4.0-s rendszer összetettségétől és fejlettségétől függően felmerülhetnek olyan szituációk, amelyben a gépeknek saját maguknak kell dönteniük – egyes esetekben akár váratlan helyzetekben is, amilyennel a korábbiakban még nem találkoztak. A mesterséges intelligencia segíthet az adatbányászat, az adatok értelmezése, az információ értékelése és a döntéshozatal folyamataiban. (Megj.: míg a korábbi elemek nagyjából elengedhetetlenek az okos gyártórendszerek szempontjából a MI nincs minden esetben jelen, és gyakrabban alkalmazzák a vezetői információs rendszerekben, bővebben ld. a 3.6 fejezetben.)

A fenti infrastruktúra egy része viszonylag könnyen hozzáférhető, és rendelkezésre áll akár egy kisvállalkozás számára is. A faipar esetében természetesen jelentkeznek bizonyos speciális kihívások. A fa, mint alapanyag különleges kihívásokat jelent, és bizonyos technológiák (pl. az ipar 4.0-s rendszerekben nagyon jól használható 3D nyomtatók) nem alkalmazhatók – legalábbis nem tudunk vele fatermékeket nyomtatni (bár szóba jöhetnek pl. egyéni szerelvények, kiegészítők gyártásakor.) Ennek ellenére léteznek (sőt, bizonyos értelemben már régóta használatban vannak, pl. a CNC berendezések esetében) olyan megoldások, amelyek jól illeszthetők egy ipar 4.0-s, digitalizált gyártási rendszerbe. Erre számos példát bemutatunk a 4. fejezetben.

### 3.5.3. Logisztika

A kiber-fizikai gyártórendszerek mellett az intelligens gyártóüzemek hatékony működésének a másik fontos feltétele a hatékony belső logisztikai rendszer alkalmazása. Hiába vannak jól átgondolt, precízen és hatékonyan működő digitalizált berendezések az üzemben, ha az anyag- vagy alkatrészellátás akadozik. Egy hatékonyan működő ipar 4.0-s üzemben a logisztikai rendszert is alaposan át kell gondolni. Ennek két fontos eleme van: a raktározás és az anyagmozgatás.

#### 3.5.3.1. Raktározás

Mint a 3.1.5-ös fejezetben már kitértünk rá, az egyedi sorozatgyártással foglalkozó üzemekben nem tudunk raktárkészletet felhalmozni minden szükséges anyagból és alkatrészből, azok nagy száma miatt. Ideális esetben egyáltalán nem lenne szükség raktározásra; az alapanyagok és alkatrészek pontosan a megfelelő időben, a megfelelő helyen, és a gyártás számára megfelelő formában és pozícióban „materializálódnának” a gyártás helyén. Természetesen ez ebben a formában utópia; a zökkenőmentes működéshez mindenképpen szükség van valamekkora raktárkészlet fenntartására és kezelésére – ha nem a gyártónál, akkor a beszállítónál.



*6. ábra – automatizált raktározás  
(Forrás: Arno Senoner, Unsplash illetve Antonio Hernández, Pixabay)*



Mivel tehát készletre mindenképpen szükség van, felmerül a kérdés, hogy milyen raktározási rendszert válasszunk? Nagy kapacitású ipar 4.0-s üzemek esetében a raktárt érdemes automatizálni, és bekapcsolni a vállalatirányítási rendszerbe. A robotizált anyagmozgató berendezések megkapják a jelzést a termelésből, és a logisztikai szoftvernek köszönhetően mindig tudják, hogy honnan és hová kell továbbítani az anyagokat és alkatrészeket, és azoknak mikorra, milyen helyzetben kell megérkeznie a gyártóberendezésekhez.

Az automatizált, vagy részben automatizált raktárak nagy előnye, hogy olcsóbban és hatékonyabban működtethetők, mint a kézi raktárak. Megfelelően kiépített és programozott rendszer esetén jóval kisebb a hibák és tévedések esélye és kevesebb a baleset. Mivel pedig jelenleg nagyon nehéz olcsó és megbízható munkaerőhöz jutni, egyre több vállalkozás dönt az automatizálás mellett.

Ugyanakkor az automatizálásnak megvannak a hátrányai is. Elsősorban a jelentős beruházási költség bátortalanítja el a cégeket – ez főleg a kisebb vállalkozások esetén jelent gondot, mert a viszonylag alacsony volumen mellett esély sincs rá, hogy megtérüljön a beruházási költség. Ha a beruházás közben biztosítani kell a raktár folyamatos működését, az különösen nagy logisztikai kihívást jelent, és gondos tervezést igényel. Bár az automatizált raktár elvileg rugalmas, a folyamatokat sokszor csak a programozók képesek módosítani, akik gyakran nem a legjobb gyakorlati tapasztalattal rendelkeznek a logisztika területén. Az anyagmozgató munkatársak száma általában csökkenthető a rendszer üzemeltetéséhez azonban speciálisan képzett karbantartók és üzemeltetők kellenek. Végül, az automatizált raktár teljesítményét általában a szezonális csúcsra méretezik, ezért a fennmaradó időben nincs kihasználva. Ez csökkenti a költséghatékonyságot.

A raktározás hatékonyságát azonban nem csak automatizálással lehet javítani! A legtöbb cégnél nincs kellően átgondolva a raktározási szisztéma. Az alkalmazottak a termékek és folyamatok ismeretével, no és persze hosszú listákkal és szövegkiemelővel felfegyverkezve halomnyi anyag és alkatrész között kutakodva próbálják megtalálni a megfelelő elemet. A logisztikai rendszer megfelelő átgondolásával viszonylag alacsony beruházással is jóval hatékonyabb raktározási rendszert lehet kiépíteni. Ha a munkatársak mindig tudják, hogy mit hol találnak, és az elemek pontosan olyan formában állnak rendelkezésre, ahogyan kell (tehát nem kell őket azonosítani, kicsomagolni, számolgatni, előkészíteni), az hatékonyabb, és főleg olcsóbb raktári tevékenységet eredményez – és ehhez még automatizált anyagmozgatásra sincs szükség!

Nagyon jó példa erre az Amazon raktárak logisztikai rendszere. Az anyagmozgatást itt is sokszor emberek végzik, de számítógépek gondoskodnak róla, hogy az árucikkeket a leghatékonyabb és leggyorsabb módon megtalálják és a rendeltetési helyükre szállítsák.

### 3.5.3.2. Anyagmozgatás

A berendezések és munkahelyek hatékony, folyamatos működését nagyban segíti a gyártás és az anyagmozgatás elkülönítése. Ha a munkásoknak, gépkezelőknek el kell hagyniuk a munkahelyüket, és saját maguknak kell gondoskodniuk az anyagok és alkatrészek odaszállításáról, az jelentősen – az anyagmozgatás puszta időigényét jóval meghaladóan – növeli a gyártás időszükségletét, és rontja annak hatékonyságát.

Ebben az esetben is az automatizált anyagmozgatás a legfejlettebb megoldás. Bizonyos esetekben a hagyományos, pályához kötött anyagmozgató berendezések (szállítószalagok, görgősorok) is jól működhetnek, azonban az egyre inkább egyedi gyártás miatt nehéz ezeket úgy megtervezni, hogy a változatos méretű és alakú alkatrészeket gond nélkül továbbítani tudják. Manapság egyre több modern gyárban térnek át a pályafüggetlen, autonóm szállítórobotokra, sőt, drónokra. Ezek, a folyamatosan kommunikálnak a központi rendszerrel és egymással, azonban autonóm működésre is alkalmasak; pl. el tudják kerülni egymást, az útjukba kerülő embereket vagy egyéb akadályokat.



*7. ábra – autonóm anyagmozgatási megoldások*

Természetesen az autonóm anyagmozgató berendezések az automatizált raktármegoldásokhoz hasonlóan költséges megoldások. Emellett át kell gondolni, hogy az üzem elrendezése alkalmas-e ezeknek a közlekedéséhez. A kisebb üzemeknél itt is meggondolandó, hogy megmaradunk inkább a manuális anyagmozgatásnál, de ezt is át lehet gondolni, hatékonyabbá lehet tenni.

### 3.5.3.3. Logisztikai alapelvek

A megfelelő logisztikai rendszer kialakításához több szempontot is érdemes átgondolni és figyelembe venni:

- **Logisztikai stratégia:** mi a logisztikai rendszerünk rendezőelve? Hogyan akarjuk biztosítani, hogy a megfelelő alkatrészek és anyagok mindig a megfelelő időben legyenek a megfelelő helyen? Szét tudjuk-e választani a gyártási és az anyagmozgatási tevékenységeket?
- **Alapvető követelmények:** az ipar 4.0-s logisztikai rendszer legfontosabb része ebben az esetben is a megfelelő, és jól hozzáférhető információ. Ehhez minden alkatrésznek és anyagnak egyedi azonosítóval kell rendelkeznie. A rendszernek pontosan kell ismernie a készleteket, az egyes elemek alapvető jellemzőit (méretek, súly, kiszerezés. stb.), raktári pozícióját, stb. Mindezeket be kell integrálni a cég gyártásirányítási rendszerébe, és azon keresztül az átfogó vállaltirányítási rendszerébe (ld. 0-es fejezet).
- **A megfelelő technológia:** itt nagyon sok lehetőség áll a rendelkezésünkre. Az alapanyagokat, félkész- és késztermékeket számos alkalommal kell mozgatni, pozícionálni, kezelni. Az alkalmazott technológiánál talán még fontosabb az elemek azonosítása, csoportosítása, előkészítésének módja. A raktárkezelő rendszerek segítenek, megfelelő tárolóhelyeket javasolnak, és ha előre megkapják a gyártandó elemek listáját, akkor át tudják rendezni a készletet úgy, hogy a leghatékonyabban tudják az elemeket biztosítani a megfelelő sorrendben (pl. a paneleket a táblafelosztóhoz).

Ha a raktározás vagy anyagmozgatás nem automatikusan történik, a raktárosok vagy targoncások munkáját akkor is sokféle eszközzel segíthetjük. Ilyenek pl. a fényjelzésekkel vagy hangjelzésekkel történő vezetés, a gyűrűbe vagy kesztyűbe épített QR vagy RFID kódleolvasók, amelyek automatikusan érzékelik, hogy milyen alkatrészt és hová vittünk. A számítógép utasításokat adhat, hogy milyen sorrendben kell felkészíteni az alkatrészeket, és mobil nyomtatókkal meg is címkézhetjük azokat, szükség szerint. Az ún. cobotok az emberekkel együtt dolgozva segíthetnek a nehezebb feladatokban, stb.

- **Anyagmozgató eszközök:** nagyon alapvető, de fontos, és előre végig gondolandó kérdés az anyagmozgató eszközök témaköre. Mekkora konténerekre lesz szükség, milyen súlyt kell maximálisan mozgatni, mekkora a helyszükséglet? A jövőben várható-e ezeknél nagyobb, nehezebb elemek mozgatása? Az anyagmozgató berendezéseket úgy kell megválasztani, hogy megfeleljenek a jelenlegi és a jövőbeni követelményeknek.
- **Zökkenőmentes anyagáramlás:** az ipar 4.0-s rendszerek működésének az alapvető feltétele, hogy minden gyártási lépésnél a megfelelő anyag, a megfelelő mennyiségben, a megfelelő helyen legyen. Ezt fejben követni szinte lehetetlen, ezért számos különböző szoftveres megoldás áll rendelkezésre, amelyek különböző alapelveket (pl. kanban, JIT, JIS, FIFO, stb.) követve gondoskodnak arról, hogy az anyagáramlás a leghatékonyabban történjen.
- **Újragyártás:** a faiparban, mivel természetes anyagokkal dolgozunk, a selejt aránya jellemzően jóval magasabb (millió helyett sokszor ezerből, vagy akár százból egy), mint más iparágakban. Ezt figyelembe kell venni a logisztikai rendszerben. Hogyan kezeljük, ha a gyártás elakad egy selejtes alkatrész miatt? Hova tesszük félre az adott munkadarabot, hogyan gondoskodunk a hibás alkatrész mihamarabbi pótlásáról, hogyan tudjuk folytatni a megkezdett munkát onnan, ahol tartottunk? Ezek különösen fontos kérdések, ha egy automatizált lépésről van szó – de hagyományos gyártásnál is jó, ha van erre egyértelmű szabály, protokoll.

#### 3.5.4. Az okos gyártás rendező elvei

---

Most, hogy láttuk az okos gyártási rendszer elemeit és azok működését, tekintsük át, hogy milyen fontos alapelvek szerint állnak össze ezek az elemek, milyen elvek alapján épül fel belőle az integrált, optimálisan működő, okos vállalat:

- **Virtualizáció:** mint a kiber-fizikai rendszereknél láthattuk, a valós, fizikai berendezéseknek megvan a virtuális „ikertestvére”, amelyet folyamatosan nyomon tudunk követni az informatikai eszközeinkkel. Így lehet összekapcsolni, egyetlen, hatékonyan működő egésszé szervezni a különböző, egymástól független egységeket.
- **Együttműködés és integráció:** az egyes elemek együttműködnek egymással; folyamatosan megosztják egymással a gyártással kapcsolatos információkat, együtt dolgoznak a cél elérése – a gyors, hatékony és jó minőségű gyártás – érdekében. „Egymás keze alá dolgoznak”, azaz elősegítik az előttük és utánuk következő műveletek hatékony elvégzését, pl. azon keresztül, hogy a

gondoskodnak arról, hogy időben elkészüljenek a következő gyártási fázishoz szükséges alkatrészek.

- **Valós idejű adatáramlás:** a virtualizáció és az integráció feltétele, hogy minden szükséges adatot azonnal továbbítsanak az egységek a hálózatba. Csak így biztosíthatjuk, hogy a gépek megfelelően együtt tudjanak működni, hogy az esetleges zavarokat megfelelően el tudjuk hárítani, és a rendszer működése optimális legyen.
- **Decentralizáció és autonómia:** miközben a gyártási folyamatok összehangolásához, a gyártási folyamatok áttekintéséhez és összehangolásához fontos azok központi irányítása és folyamatos követése (amit jellemzően a gyártásvégrehajtási rendszer tart kézben, ld. 0-es fejezet), fontos, hogy ne kelljen az egyes gépeket „mikromenedzselni”. Az anyagmozgató robotok csak az úticélt kapják meg, hogy hova kell eljuttatniuk az alkatrészeket, az útvonal tervezéséről és az akadályok kikerüléséről önállóan gondoskodnak. A táblafelosztó gépnek sem kell lépésről-lépésre elmagyarázni a vágásokat; ezeket saját maga tervezi meg a szabásjegyzék alapján stb.
- **Modularitás:** a gépek egymással kicserélhetők; egy elromlott berendezés cseréje, vagy egy új gép integrálása a folyamatba rövid idő alatt elvégezhető, és nem okoz komolyabb problémát a rendszer működésében.
- **Optimalizált gyártási folyamatok:** a gyártás sorrendjét, az egyes feladatok prioritását, az egyes műveletek gépekhez rendelését úgy kell elvégezni, hogy végső soron a leghatékosabb módon történjen a gyártás; minél kevesebb üresjárat, szűk keresztmetszettel és selejtszázalékkal, minél kisebb energiafelhasználással, és pontos, határidőre történő szállítással.
- **Fejlett készletgazdálkodás és just-in-time rendszerű szállítás:** az egyedi sorozatgyártás komplex készletgazdálkodást kíván, amit hagyományos leltárgazdálkodással nem tudunk biztosítani. A hatékony működéshez megfelelő méretű készletek, pontosan ütemezett beszállítás, a készletek pontos és valós idejű követése és összehangolt gyártástechnológia szükséges.
- **Húzóelví gyártás:** az ipar 4.0-ban a gyártás megrendelői igények alapján történik, kis tételben, ami megfelelő rugalmasságot igényel, mind a gyártástechnológia, mind a készletgazdálkodás tekintetében. A holtidőket nem lehet rutin gyártási feladatokkal kitölteni, ezért a gyártási folyamatokat optimalizálni kell, hogy minél kevesebb legyen az üresjárat.
- **Integrálás a beszállítási láncolatba:** a gyártási és készletgazdálkodási folyamatainkat összekötjük a megrendelőkkel és beszállítókkal – azaz az ipar 4.0-s gyártásszervezés túlmegy a gyártóüzem keretein.

Könnyen belátható, hogy a fenti alapelveknek való megfeleléshez egy hihetetlenül komplex, digitális irányító rendszerre van szükség – manuálisan mindez elképzelhetetlen. A gyártás hatékony szervezéséhez egy megfelelő gyártásvezérlő rendszerre (MES, Manufacturing Execution System) van szükség, ami a cég átfogó vállalatirányítási rendszerének (ERP, Enterprise Resource Planning) a része. Ezekről bővebben a 0-es fejezetben lesz szó.

### 3.6. A támogató és vezetési folyamatok digitalizációja

---

Az ipar 4.0-s átállás ötödik nagy területe a támogató és vezetési folyamatok digitalizációja. Ez alá számos terület besorolható, a teljesség igénye nélkül:

- **A vezetési folyamatok támogatása:** jelentések, statisztikák, elemzések és előrejelzések készítése, döntéstámogatás, stb.
- **Okos karbantartás**
- **Energetikai optimalizálás**
- **Az értékesítés és marketing támogatása:** ügyféllemorzsolódás és megtartás, szegmentálás, hitelminősítés, keresztértékesítés stb. Internetes adatok elemzése és értékelése (weboldal, közösségi média, weblog elemzés stb.) Földrajzi és demográfiai elemzések stb.
- **HR menedzsment**

#### 3.6.1. Vezetés- és döntéstámogatás

---

Egy vállalkozás sikeressége a kemény befektetett munka, a megfelelő technológiai megoldások és tehetséges munkatársak alkalmazása mellett nagy mértékben múlik a bölcs és átgondolt vezetői döntéseken. A helyes döntések meghozatalához a jó üzleti és menedzsment érzék mellett elsősorban kellő mértékű és megbízható információra van szükség. Míg az előbbit semmilyen okos megoldás nem képes pótolni, az utóbbiban nagyon sokat segíthet az ipar 4.0-s megoldások alkalmazása.

A megfelelő döntések meghozatalához a vezetőknek először is el kell végezniük a „házi feladatot”, azaz be kell gyűjteni, és alaposan elemezni az adatokat. Legyen szó beszerzési és készletezési, termelési, energiafogyasztási, vagy éppen üzleti és marketing adatokról, egy bizonyos komplexitás fölött olyan mennyiségű adatról van szó, amiből nagyon nehéz lehet kiszűrni a releváns, fontos információt. Még inkább megnehezíti az életünket, ha az adatok nem elég pontosak, megbízhatóak.



Szerencsére az ipar 4.0-s rendszerek nagy előnye, hogy éppen a folyamatosan érkező, pontos információk képezik az alapját. A raktározás, gyártás és értékesítés területéről naponta tíz- vagy százazres, vagy akár ennél nagyobb nagyságrendben érkeznek az adatok. Ez egyszerre áldás és átok: az adatok ott vannak, de ilyen tömegben lehetetlen őket átlátni! Szerencsére ebben is segítenek az okos megoldások.

Az intelligens adatelemző szoftverek számos olyan lehetőséget kínálnak (pl. jelentések, kimutatások készítése, mutatók és indikátorok előállítása, trendek, összefüggések kimutatása, stb.), ami segíthet a döntésben. Az egyik leggyakrabban alkalmazott ilyen eszköz a Dashboard, azaz a vezetői irányítópultok generálása. Ezek egy számítógép képernyőjén, folyamatosan mutatják a termelési vagy egyéb folyamatok mutatóit. A folyamatos adatgyűjtésnek köszönhetően ezeket gyakorlatilag valós időben, folyamatosan követhetik a vezetők, és időben észlelhetik, ha a folyamatokban valamilyen rendellenesség áll be, és, ha szükséges idejekorán be tudnak avatkozni.



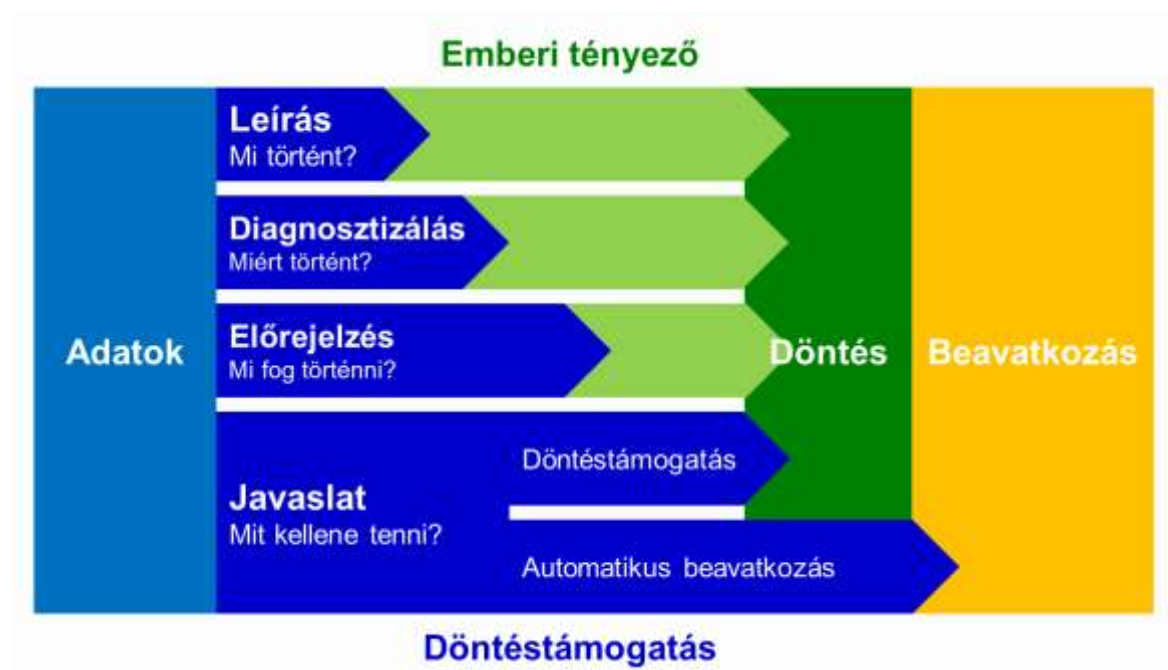
8. ábra – Vezetői irányítópult (Dashboard)

Mint az ábrán látható, az irányítópulton nem csupán pusztán adatok jelennek meg. A különböző vizualizációk segítségével könnyebben át tudjuk tekinteni az adatokat. A pillanatnyi adatok mellett különböző idősorokat, grafikonokat lehet megjeleníteni, amelyeken egyszerűen át tudjuk látni a trendeket és összefüggéseket is.

Az ipar 4.0-s gyártórendszerek rengeteg adatot szolgáltatnak a gyártási pontosságtól, a selejt mennyiségén és a meghibásodásokon keresztül az energiagazdálkodásig stb. Jól át kell gondolni, hogy melyek a valóban releváns adatok, amelyeknek a vezetőnek szüksége van. Az ilyen információk felbecsülhetetlenül fontosak és értékesek a döntéshozatal előkészítésében – ez azonban még csak a döntéstámogatás első szintje.

A döntéshozatal lényege, hogy rendelkezésünkre állnak bizonyos adatok és információk, és ezek elemzése alapján hozunk döntést arról, hogy milyen beavatkozás szükséges a rendszerbe. A döntést hagyományosan a vezető vagy egy munkatárs hozza meg a rendelkezésre álló adatokból, az okos irányítási rendszerek azonban, a fejlettségüktől függően, egyre magasabb szinten tudják elősegíteni ezt a folyamatot, azaz támogatni a döntéshozatalt:

- **Leírás:** a rendszer működésének a jellemzése minél pontosabb, jobban áttekinthető, hasznos adatokkal. Ide tartozik a 8. ábrán bemutatott vezetői irányítópult is. A hagyományos rendszerekben sokszor már ez is hiányzik, így a döntéshozatal sokszor inkább találgatásokon, intuíciókon alapszik, semmint valódi információon.
- **Diagnosztizálás:** a rendszer a pusztán leíráson túl képes bizonyos összefüggések észrevételére, bemutatására is. Pl. észreveheti a szerszámok hőmérséklete és a megmunkálási pontosság közötti összefüggést, és rámutathat, hogy a selejtszázalék növekedése a túlmelegedésnek köszönhető.



9. ábra – A döntéstámogatás különböző szintjei



- **Előrejelzés:** az idősorok mélyebb elemzésével a számítógép képes lehet előrevetíteni a jövőbeni trendeket; pl. a rezgések egyre növekvő amplitúdója alapján képes lehet megjósolni, hogy mikor lesz szükség a csapágyak cseréjére a gépen. Ez alapján el tudjuk dönteni, hogy mikor végezzük el a javítást, megelőzve a váratlan leállásokat (preventív karbantartás, ld. **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**-os fejezet).
- **Döntés:** ezen a szinten a számítógép nem csak jelzi, hogy milyen beavatkozásra lesz szükség, hanem kimondottan előírja, hogy pontosan mikor és mit tegyünk. Itt az emberi tényezőt már teljesen kizártuk az adatok elemzéséből, viszont a döntéshozatal még a mi kezünkben van – de csupán arról döntünk, hogy elfogadjuk-e a gép döntését, vagy sem.
- **Automatikus beavatkozás:** ezen a szinten az emberi tényezőt teljesen kizártuk a döntési folyamatból is. A rendszer nem csak, hogy méri és elemzi az adatokat, és nem csupán pontosan előírja, hogy mit kell tenni, hanem automatikusan be is avatkozik, és elvégzi a szükséges változtatásokat.

Természetesen, minél magasabb szintű döntéstámogatásra van szükség, az adatok elemzése annál összetettebb feladat. Mivel általában hatalmas mennyiségű adatról van szó, az ilyen adattömeg elemzésére külön informatikai tudományág alakult (**Big Data**). A hatalmas adattömegben az összefüggések felismerése, a trendek elemzése és használata, és főleg, az ez alapján végzett döntéshozatal szintén jelentős informatikai kihívás, ami jóval túlmutat az adatok egyszerű leírásán. Itt kerül alkalmazásra a 3.5.2-es fejezetben már említett mesterséges intelligencia, illetve annak a kimondottan a vállalatoknál használt változata, az üzleti intelligencia (**BI, Business Intelligence**). Ez utóbbi képes különböző elemzések, tervek, előrejelzések készítésére, üzleti modellezésre, mi-lenne-ha szcenáriók futtatására, és számos egyéb hasznos feladat elvégzésére. Ezek a rendszerek sokszor már nem csak az előre beprogramozott feladatokat tudják ellátni, hanem képesek saját magukat fejleszteni, saját maguktól észrevenni az összefüggéseket, lehetőségeket és veszélyeket. Az ilyen megoldásokat nevezzük öntanuló rendszereknek.

A Big Data és a Business Intelligence megoldások nagyon jelentős informatikai infrastruktúrát, nagy számítási kapacitást igényelnek. Ha ilyen rendszert építünk ki és üzemeltetünk, nem biztos, hogy érdemes saját magunknak beszerezni az ehhez szükséges, költséges és hamar elavuló informatikai eszközöket. Ma már nagyon jól hozzáférhető, hatékony és biztonságos felhőalapú szolgáltatások (**Cloud Computing**) állnak a rendelkezésünkre, ahol mind az adattárolási, mind az adatfeldolgozási feladatokat jelentős számítástechnikai beruházás nélkül, kiszámítható költségek mellett tudjuk elvégezni. Erről kissé bővebben a 3.7. fejezetben szólnunk.

### 3.6.2. Egyéb támogató folyamatok

---

A vezetési döntéstámogatás mellett számos egyéb, a hozzáadott érték előállításában nem közvetlenül résztvevő, de azt támogató megoldást is találunk az ipar 4.0 lehetőségei között.

#### 3.6.2.1. Karbantartás

Bár a karbantartás nem közvetlenül a gyártási folyamat része, nem nehéz belátni, hogy nagyon komoly hatással van a gyártási folyamatok minőségére és hatékonyságára. A fejlett gyártási rendszerekben különösen kritikus az előre nem látott, nem tervezett leállások és karbantartások előfordulása, ami felborítja a gondosan szervezett és optimalizált gyártási folyamatokat.

A fejlett automatizált gyárak gyártási rendszeréhez leginkább illeszkedik az állapotkövető és az azon alapuló preventív (megelőző) karbantartás. Ennek a kivitelezése ismét csak az információn múlik: megfelelő érzékelők segítségével lehetségessé válik a szerszámkopás követése, az esetleges meghibásodások előre jelzése (pl. a géprezgések vagy zajszint mérésével, vagy a megmunkálási pontosság követésével). A megfelelő okos karbantartási rendszer segítségével:

- Előre jelezhetjük, hogy várhatóan mikor lesz szükség karbantartásra.
- Rugalmasan módosíthatjuk a terveket, ha bármilyen változás adódik (hiba, csere, új eszköz, karbantartócsapat bővülése/csökkenése stb.)
- Teljes rálátást kapunk a folyamatokra (pl. karbantartási naptár személyre/gépre bontva), az aktuális, napi feladatokra és a múlt eseményeire (hogyan lehetett volna jobban csinálni).
- Trendelemzéseket végezhetünk, melyek alapján „jó gazda” módjára előre tervezhetjük a jövőbeli kiadásokat.

A végeredmény így az lesz, hogy a berendezések hosszabb és kiszámíthatóbb ideig állnak rendelkezésre, csökkennek a karbantartási költségek és nő a használt munkagépek időtartama.

A faipar területén például valószínűleg nagy lehetőségek vannak a porelszívási rendszerek karbantartásában – ezeknek a működése sokkal hatékonyabb lehet, ha megfelelő érzékelőkkel monitorozzuk a rendszer működését, elemezzük a hibalehetőségeket, és ennek megfelelően végezzük el a rendszer karbantartását és módosításait.

### 3.6.2.2. Energiagazdálkodás

A gyártási folyamatokhoz szükséges energiafelhasználás komoly költségtényezőt jelent a vállalat életében. Ráadásul az utóbbi évtizedek során egyre nagyobb figyelmet szentelünk a környezettudatos működésnek. A környezetterhelés csökkentésének a legjobb módja a takarékoság. Az okos megoldások ebben is segíthetnek.

A legtöbb innovatív gyár működésében már ma is foglalkoznak az energiafogyasztás ellenőrzésével, felügyeletével és nyomon követésével. Ugyanakkor ezeknek a használata és a belőlük kinyerhető hasznos információk felhasználása még meglehetősen kezdetleges, elmaradott. Az energiafelhasználási és a gyártási adatok összekapcsolásával, részletes elemzésével rá lehet világítani, hogy melyik gyártási lépések a legkevésbé hatékonyak az energiafelhasználás szempontjából. Ezen a területen sok esetben viszonylag kis ráfordítással, racionalizálással jelentős javulást lehet elérni.

Az energiafelhasználás pontos és részletes elemzése a hatékony működés biztosítása mellett azért is fontos, mert ma egyre nagyobb szerephez jut a gyártás környezeti hatásainak a bemutatása. A szénlábnym- és életciklus elemzések pontos elvégzéséhez is nagy szükség van a pontos energetikai adatokra, amit egy ipar 4.0-s rendszer egészen pontosan biztosítani tud.

### 3.6.2.3. Értékesítés és marketing

A termékeinket nem elegendő a lehető leghatékonyabban előállítani, azokat el is kell tudni adni. Az értékesítés természetesen alapvető hatással van a cég nyereségességére és folytonos működésére.

Mint a 3.4. fejezetben láthattuk, a hagyományos értékesítési csatornák ma egyre inkább átalakulnak. A gyártóknak nem csupán néhány nagykereskedővel kell a kapcsolatot tartania; ennek megfelelően az értékesítés és a marketing feladatai is egyre komplexebbé válnak. A megbízható és részletes termelési adatok azonban ebben is segíthetnek; a kellő részletességű gyártási adatok segítik az árképzést, az átfutási idők (és ezáltal a szállítási határidők) pontosabb meghatározását, a termékjellemzők kommunikálását stb.

Természetesen a gyártási adatokon túl az ipar 4.0-s megoldások (és különösen a BI) segíthetnek a piac, a vásárlók megkeresésében, nyomon követésében, megtartásában. A kampányok és kommunikáció nyomon követésével, a vásárlási és vásárlói adatok

elemzésével sokkal célzottabban, hatékonyabban tudjuk eljuttatni a termékeket a vásárlókhoz. Az üzleti intelligencia segíthet pl. az alábbiakban:

- adatbányászat; piaci elemzések készítése;
- ügyfélszegmentálás; földrajzi, demográfiai és egyéb adatok gyűjtése és elemzése;
- elvándorlás, lemorzsolódás elemzése (churn);
- csalásdetektálás (fraud);
- hitelminősítés;
- keresztértékesítés elemzés;
- clickstream elemzés (a vásárlók és potenciális vásárlók online viselkedésének elemzése)

Amennyiben közvetlenül a végfelhasználóknak szállítunk, a fenti adatok felbecsülhetetlen segítséget jelentenek abban, hogy hogyan hívjuk fel a vásárlók figyelmét a termékeinkre, és hogyan győzzük meg őket, hogy minket válasszanak.

#### 3.6.2.4. HR Menedzsment

Az emberi erőforrás menedzsment az utolsó fontos támogató folyamat, amiről szólni fogunk. Ennek a részleteibe nem kívánunk itt túlzottan belefolyni, mivel ebben a tanulmányban elsősorban a gyártástechnológiával foglalkozunk. A mai korban ugyanakkor rendkívül kritikus kérdéssé vált a munkaerő kérdése. A vállalat sikere szempontjából rendkívül sok múlik a megfelelő munkavállalók toborzásán megtartásán, fejlesztésén, előmenetelének segítségével.

Kisebb, néhány fős vállalkozások esetén nincs értelme formalizált HR menedzsmentről beszélni, azonban bizonyos létszám felett érdemes pontosan nyomon követni, és lehetőség szerint adatokkal is alátámasztani az emberi erőforrás stratégiát, beleértve az alábbi fontos területeket:

- Toborzás, a személyzet beszerzése;
- Képzés és továbbképzés;
- Juttatások és ösztönzők;
- Munkavállalói teljesítmény és minőség;
- Munkavállalói körülmények és feltételek;
- Munkavállalói elégedettség és motiváltság;
- Az esetleges elvándorlás okai és megállításának lehetőségei.

Ez is egy rendkívül összetett terület, és amennyiben az ipar 4.0 eszközeivel szeretnénk megközelíteni azt, akkor itt is szükség van a megfelelő stratégia kialakítására, valamint pontos és mérhető adatok biztosítására. A vállalatirányítási rendszereknek általában van emberi erőforrás modulja (HRM, Human Resource Management), ami segíthet ebben a feladatban.

### **3.7. A vállalatirányítási rendszerek (ERP)**

---

Mint a 3.5. és 3.6. fejezetből láthattuk, az okos gyártási és támogatói folyamatok összetett rendszert alkotnak, amiben minden mindennel összefügg, és aminek egyes elemei hatékonyan, zökkenőmentesen kommunikálnak egymással. Ennek az összefogására szolgál a vállalatirányítási rendszer (ERP, Enterprise Resource Planning.)

Az ERP önmagában nem új koncepció, és nem is jelent feltétlenül digitális megoldást. A vállalatirányítási rendszereket a sorozatgyártásban már régóta alkalmazzák, a klasszikus Porter-féle értékláncolat modell alapján (ld. 3.1.5. fejezet.) Mivel ez a klasszikus modell a sorozatgyártás logikájára épül (push modell, stratégiai beszerzéssel és készletezéssel), az eredeti formájában nem alkalmazható jól a rugalmas, „egyedi sorozatgyártásos” termelési rendszerekben.

A modern ERP rendszer alatt az egy vállalaton belül lezajló valamennyi műszaki, termelési, kereskedelmi, raktározási, készletgazdálkodási, pénzügyi, vezetési, irányítási és számos egyéb folyamat egységes, integrált számítástechnikai kezelését megvalósító információs rendszert értjük. Az ERP rendszerek legfontosabb jellemzői, hogy

- egységes adatbázisrendszerrel bírnak, a funkcionális területek adatai egyben tárolódnak
- egységes alkalmazáscsomag, ami jellemzően egy központi menürendszerből érhető el, változó moduláris összetétellel, amelyek egymásra épülnek az integráltság miatt, de bizonyos fokig önállóan is képesek működni, így lehetőség nyílik a rendszer fokozatos bevezetésére.
- egységes felhasználói felület az egész vállalat számára, ahol a rendszer szabályozza a teljes termelési, elosztási, pénzügyi és értékesítési folyamatokat.
- a rendszer paramétereizhető az ügyfél igényei szerint – ez adja a rugalmasságát

- integrált, egy gazdasági esemény rögzítésekor elegendő az adatokat egyszer bevenni. Ezt az adatot a rendszer fel tudja használni a vállalat bármely területén.
- a nagyobb nemzetközi ERP rendszerek többnyelvűek, a nemzeti sajátosságok is gyakran előre be vannak paraméterezve.

A modern ERP rendszerek számos előnyt kínálnak a vállalatok számára. Egyrészt az egész cég egyetlen, közös adatbázisból dolgozik, nincsenek redundanciák. A rendszer valós idejű, minden változás hatása azonnal érvényesül minden területen. Az egyes területek integrációja, együttműködése, kommunikációja olyan hatékonyságot biztosít, ami jelentősen csökkenti a költségeket, gyorsítja és kiszámíthatóbbá teszi a gyártási folyamatokat. Az előnyöket a külső partnerek is érzékelik a könnyebb, egyszerűbb, fejlettebb megrendelési szolgáltatások, zökkenőmentesebb kommunikáció, a pontosabb szállítás formájában. Ez javítja a cég versenyképességét, megnövelt értékesítést és profitot eredményez.

A modern ERP rendszereket az évek folyamán számos funkcióval bővítették, egyebek mellett az alábbi területeket érintve:

- Vevőkapcsolati rendszer (CRM, Customer Relationship Management)
- Termék-életciklus menedzsment (PLM, Product Life-cycle Management)
- Beszállítói lánc kezelő (SCM, Supply Chain Management)
- Emberi erőforrás menedzsment (HRM, Human Resource Management)
- Üzleti intelligencia (BI, Business Intelligence)
- Gyártásvezérlő rendszer (MES, Manufacturing Execution System)

A fentiek közül a CRM-et viszonylag részletesen tárgyaltuk a 3.4-es, a HRM-et pedig a 3.6.2.4-es fejezetben. Az üzleti intelligenciáról szintén esett szó több helyen, főleg a 3.6.1-es fejezetben.

A **termék-életciklus kezelés (PLM)** koncepció lényege, hogy egy termék életciklusához tartozó összes - főként műszaki jellegű - adatot, dokumentumot, folyamatot és projektet egy egységes rendszeren belül kezelünk. Ebbe minden beletartozik: a termék koncepciójának megszületésétől kezdve a tervezésen, gyártáson, minőségbiztosításon és karbantartáson keresztül egészen a termék eldobásáig vagy újrahasznosításáig. Az ERP többi részével szorosan együttműködve a PLM sok hasznos információt szolgáltat a cégvezetés számára, és segít a vevői elégedettség fenntartásában.

A **beszállítói lánc kezelés (SCM)** lényege, hogy az okos termelési rendszer határait kiterjesztjük a saját gyártási rendszerünk határain kívülre, és a saját termelésünket egy nagyobb beszállítói láncolat részeként kezeljük, ahogyan arról a 3.1.5-ös fejezetben

már szót ejtettünk. Az SCM magában foglalja a termékhez kapcsolódó különböző szolgáltatásokat is, úgymint szervizszolgáltatások, hulladék kezelés vagy újrahasznosítás. Az ellátási lánc menedzselésével a felhasználó olyan versenyelőnyhöz jut, mely a forgalom és nyereség növekedésében, az átfutási idő és a készletek csökkenésében nyilvánul meg.

A beszállítói lánc kezelésére is alkalmas ERP-ket sokszor kiterjesztett vállalatirányítási rendszernek (**xERP**), vagy **ERP II**-nek is szokták nevezni. Az ilyen rendszerek a korábbiakban tárgyalt funkciókhoz képest további előnyöket jelent a KKV-k számára:

- Míg az ERP a vállalatok saját üzleti folyamatait támogatja, annak teljes és átfogó számítógépes támogatását célozza meg, addig az ERP II az egymással üzleti kapcsolatban lévő vállalkozások közötti üzleti folyamatok összehangolását is lehetővé teszi.
- Azáltal, hogy vevő és szállító működési ritmusát a szükséges mértékben szinkronizálja, az üzletben részt vevő minden szereplő számára hatékonyabb működés jön létre.
- Ha megosztjuk a szállítókkal a számukra releváns készlet információinkat, könnyebben tudnak reagálni az igényeinkre.
- Ha pedig vevő oldalon is transzparens módon információt szolgáltatunk a rendeléseikről, azzal a vevői elégedettség egy magasabb fokát tudjuk elérni.

Míg a fenti funkcionalitások mind hasznosak, és hozzájárulhatnak a vállalat hatékonyabb működéséhez, és a versenyelőny biztosításához, a gyártási folyamatok szempontjából a legfontosabb a **gyártásvezérlő rendszer (MES)**. A MES az egész ipar 4.0-s gyártási rendszer „agya”, olyan folyamat-közel rendszer, amely közvetlenül kapcsolódik a folyamatautomatizálás megosztott (és egységes hálózatba kapcsolt) rendszeréhez, s így valós időben teszi lehetővé a gyártási folyamat irányítását, vezérlését és ellenőrzését. Közvetlenül az ERP alatt áll, s többek között kiszolgálja az ERP rendszert üzemeltető információkkal.

Kezdetlegesebb MES rendszerek már régóta rendelkezésre állnak az automatizált ipari folyamatok irányítására, ezek azonban nem alkalmasak a rugalmas gyártórendszerek vezérlésére, és az „egyedi sorozatgyártás” megvalósítására, csupán előre beprogramozott feladatok kezelésére. A modern MES rendszerek ennél sokkal többet tudnak; hatékony, optimalizált, húzóelvű gyártási rendszerek irányítására képesek.

A MES-ek felépítése és működése egy rendkívül szerteágazó és összetett téma, amit itt nem tudunk részleteiben tárgyalni. Ehelyett néhány fontos sajátosságot szeretnénk itt ismertetni:



- **Konnektivitás.** Az ipar 4.0-s MES rendszerek hatékony működéséhez mind a gyártó berendezéseknek, mind a munkadaraboknak folyamatos kapcsolatban kell lenniük a rendszerrel. A MES ez alapján hoz döntéseket a gyártás ütemezéséről, az esetleges opciók közötti választásról, a gépek vezérléséről, a gyártási útvonalról stb. Miután a döntéseket meghozta, folyamatosan nyomon tudja követni az egyes berendezések állapotát, a munkadarabok haladási útvonalát és készültségi fokát, az esetleges beavatkozások, korrekció szükségességét stb.
- **Mobilitás.** A hagyományos automatizálási rendszerekben, amelyek sorozat- vagy tömeggyártási feladatokat valósítanak meg, az egyes eszközöket és berendezéseket elegendő volt hagyományos, vezetékes kapcsolattal csatlakoztatni a rendszerhez. Az ipar 4.0-s termelő rendszerekben sok egység – főként az anyagmozgató berendezések, illetve a munkadarab maga – nem helyhez kötött, és csak vezetékmentes kapcsolattal tud csatlakozni – jellemzően a dolgok internetén (IoT) keresztül. Emellett, mivel a rendszernek az emberi erőforrás is részét képezi, ők is sokszor mobil eszközökkel (mobiltelefon, tablet, hordható digitális eszközök stb.) csatlakoznak a rendszerhez.
- **Vegyes rendszer.** Egy „ipar 4.0-s utópiában” a rendszer minden egyes egysége autonóm és automatikus működésre képes, és a MES mindent képes központilag irányítani és figyelni, az ellenőrzése alatt tartani. A valóságban azonban – főleg a digitális átállás kezdeti szakaszában – általában vegyes rendszereket alakítanak ki, automatizált és hagyományos berendezések együttes használatával. Az utóbbiak valamilyen szintű emberi beavatkozást igényelnek. Ilyenkor a MES és a gyártási művelet közötti „interfész” maga az ember, akinek szintén zökkenőmentesen együtt kell működnie a MES-sel, onnan utasításokat fogadni, és információkat szolgáltatni a számára – ehhez fontosak a jól programozott, intuitív kezelő felülettel rendelkező, mobil eszközökön használható applikációk.
- **Függőleges integráció.** A MES rendszer egyetlen közös rendszerbe fogja össze a vállalati szintű folyamatokat (pl. az értékesítés, minőségbiztosítás, karbantartás, tervezés), és a gyártócsarnok berendezéseit – „függőleges” kapcsolatot teremtve a gyártás és az irányítás, a támogatói tevékenységek között.
- **Optimalizált gyártásszervezés.** A gyártórendszerekkel és a munkadarabbal való folyamatos kapcsolattartáson, valamint a függőleges integráción keresztül a rendszer képes valós időben folyamatosan átlátni a folyamatokat, értékelni a különböző gyártási és ütemezési opciókat, azok közül a



legoptimálisabbat kiválasztani, és a mindenkori helyzetnek megfelelően átütemezni, átgondolni azokat.

- **Vízszintes integráció.** Az SCM modullal együttműködve a MES képes az üzemet és az egyes megmunkáló egységeket egy, az üzem határain túlmutató beszállítói láncolatba beleilleszteni, annak szerves részeként működtetni.

A fenti alapelvek segítségével a MES képes az összes gyártási folyamat összehangolására, a gyártás ütemezésétől, a gyártási útvonalak meghatározásától kezdve az emberi erőforrás integrálásán, a minőségbiztosításon, a selejt kezelésén át a karbantartásig és az EPR gyártási adatainak biztosításáig. A rendszernek elég robusztusnak kell lennie, hogy valós időben kezelni és elemezni tudjon rengeteg adatot, folyamatosan rendelkezésre tudjon állni, és elég rugalmasnak ahhoz, hogy a gyártási rendszer és a termékszerkezet esetleges változásait komolyabb rekonfiguráció nélkül követni tudja.

Alapvetően háromféle ipar 4.0-s MES rendszer közül választhatunk:

- 1.) Helyi „dobozos” MES rendszer: valamilyen nagy szoftvercég által gyártott univerzális, bejáratott, futtatásra kész szoftver. Ennek előnye, hogy bevált, gyorsan telepíthető és konfigurálható rendszer, megbízható vevőszolgálati háttérrel. Mivel közvetlenül a vállalat számítógépeire, szervereire van telepítve, nem függ a világhálótól, és kevésbé van kitéve a hackerek támadásainak. Hátránya, hogy jellemzően jelentős beruházást jelent, és a testreszabhatósága korlátozott. Bár a dobozos rendszer elvileg használatra kész, a gyakorlatban ezeket mindig konfigurálni kell a helyi viszonyokhoz, az adott gépparkhoz és gyártástechnológiához.
- 2.) Felhő alapú dobozos MES rendszer: mivel ma a digitális gyártó eszközök már többnyire úgymint az interneten (IoT) keresztül kommunikálnak, logikus választás a MES-t is az interneten (felhőben) működtetni. Így nem kell megvásárolni sem a költséges hardvert, sem az MES licenst (annak minden részével, beleértve azokat is, amit nem használunk.) Előnye, hogy rugalmasabb, mint a fenti opció, csak a valóban szükséges szolgáltatásért fizetünk, és csak a valóban felhasznált informatikai infrastruktúráért. A rendszer mobil, bárhol elérhető. Hátránya, hogy a költségek nem fixek, nehezen tervezhetők, és a rendszer ki van téve az internettel kapcsolatos veszélyeknek és instabilitási problémáknak; nevezetesen, a felhő és a helyi rendszer közötti kommunikáció miatti időkésteljesítésnek, az adatbiztonsági problémáknak (hacker támadások), és a sávszélességi korlátoknak. Emiatt sokszor alkalmaznak hibrid felhő rendszereket (az adattárolás és feldolgozás egy része helyben történik, csak a legfontosabb, részben már „előemésztett”

adatok mennek ki a felhőbe), illetve az ún. „edge computingot”, ami legalábbis részben kezeli ezeket a problémákat.

- 3.) Egyéni MES: kifejezetten az adott cég számára fejlesztett, teljesen testre szabott rendszer. Ennek megfelelően nincsenek felesleges funkciók, nincs licenstköltség, és a rendszer pontosan a mi igényeinket elégíti ki. Ez a rendszer is lehet helyi működtetésű, de ma már jellemzően ez is web-alapú és mobil, bárholnan elérhető. Hátránya, hogy a saját szoftver fejlesztése költséges és időigényes lehet, ezért általában csak a nagyobb cégek számára kifizetődő. Problémát jelenthet az is, hogy nagyon ki vagyunk szolgáltatva a rendszer fejlesztőjének – ha történik valami, vagy megromlik a kapcsolat a MES szállítójával, nem lesz, aki rendszert karbantartsa, vagy fejlessze.

## 4. Faipar 4.0: digitalizáció a fa- és bútoriparban

---

A fával foglalkozó szakemberek pontosan tudják, hogy e szép szakma legnagyobb kihívása, hogy nem létezik két egyforma „fadarab”. Minden fűrészáru, minden munkadarab más és más, és az anyag egyedi sajátosságait figyelembe kell venni, ha ideális végeredményt, minőségi terméket szeretnénk. Éppen emiatt a műszaki megoldások, a technikai fejlődés vívmányai sokszor csak jelentős késéssel érik el a fa- és bútoripar területét.

Nincs ez másképp az ipar 4.0-s megoldásokkal sem. A faipar és az ipar 4.0 különösen kevésbé tűnik kompatibilisnek, ha meggondoljuk, hogy az automatizált gyártáshoz minél inkább standardizált, egységes alakú és minőségű elemekre van szükség, míg a faanyag minden, csak nem ilyen. Emiatt legtöbbször el sem tudják képzelni, hogy hogyan lehetne egy hagyományos asztalosüzemet átállítani egyedi sorozatgyártásra – pedig, mint oly sokszor, az élet már most is sok területen rácsafolt a szkeptikusok aggályaira.

Ebben a fejezetben áttekintjük, hogy melyek azok a kihívások, amelyek megnehezítik az ipar 4.0-s megoldások bevezetését a faiparban, és milyen válaszok lehetségesek, milyen kitörési lehetőségek mutatkoznak ezen a területen. Ezután bemutatunk néhány példát, amelyek szemléltetik, hogy a faipar különböző területein már ma is megoldható a digitális termelés, az ipar 4.0-s alkalmazások bevezetése.

### 4.1. Faipar 4.0: kihívások és lehetőségek

---

A digitális gyártástechnológiák bevezetése a faiparban egyelőre gyerekcipőben jár, annak ellenére, hogy az ipar 4.0 kitűnő lehetőségeket kínálna egy olyan iparág számára, amelyben mindentől függetlenül nagyon jellemző az egyedi, megrendelői igényeknek megfelelően gyártott, testre szabott termékek gyártása és értékesítése. Ennek több oka is van.

Az egyik legfontosabb problémát maga az alapanyag jelenti. A fa természetes kompozit anyag. Számos előnnyel rendelkezik: alacsony súlyához képest rendkívül jó teherbírású, esztétikus megjelenésű, jó hőszigetelőképeségű anyag. A felhasználásában ugyanakkor nehézséget jelent, hogy anizotróp, inhomogén anyag. Természetes változatossága, ami oly izgalmassá teszi, műszaki nehézségeket okoz, különösen a standardizált, automatikus gyártási rendszerekben. Azonban nem a faipar az egyetlen olyan terület, amely ezekkel a nehézségekkel néz szembe, és azt is érdemes szem előtt tartani, hogy a technológiai lehetőségek folyamatos fejlődésével hamarosan megoldást találhatunk a ma még kezelhetetlennek tűnő műszaki problémákra.

Egy másik probléma, ami nehezíti a digitális megoldások elfogadottságát, hogy a faiparban kevésbé jól használhatók bizonyos rugalmas gyártási megoldások, különösen a robottechnika és a 3D nyomtatás. A faiparnak speciálisan az erre az anyagra szabott digitális technológiákra van szüksége, amelyek ma már részben rendelkezésre állnak, de még bőven van lehetőség a további fejlődésre.

A fa- és bútoripar idegenkedését a digitális gyártórendszerektől ugyanakkor nem csupán az alapanyag és a technológia okozza. A faipar egy jelentős szegmense tradicionálisan kézműves iparág; az egyedi alapanyaghoz egyéni gyártástechnológiák, magasfokú szakértelem, szakmai elhivatottság társul. Ez egyben azt is eredményezi, hogy (Magyarországon legalábbis) ritkák a faipari nagyvállalatok, és kevésbé elterjedt a sorozat- vagy tömeggyártás – néhány ritka kivételtől eltekintve. Az asztalosok általában egyedül, esetleg kisebb vállalkozásokban dolgoznak, ahol az egyedi gyártás a jellemző. Az egyéni és kisvállalkozók általában nincsenek felkészülve az ipar 4.0-s megoldások bevezetéséhez szükséges szervezettséghez, standardizációhoz, az információk pontos és részletes dokumentálásához.

Ezzel együtt, a faiparban is egyre inkább kezdenek elterjedni a digitális megoldások, különösen a CNC berendezések. Ezek ma már olyan árszínvonalon elérhetők, amit egy kisebb vállalkozás is meg tud engedni magának, és ennek megfelelően lassan a faipari szakemberek, szakmunkások is egyre inkább megismerik ezeket a megoldásokat, és azok előnyeit. Innen azonban még hosszú út vezet a valódi ipar 4.0-s üzemekig.

Más iparágakhoz – különösen a fém- és műanyag megmunkáláshoz – képest némi késéssel, de a faiparban is egyre inkább kezdenek megjelenni a digitális megoldások, és a legalább részben automatizált, egyedi sorozatgyártás elemei. A faipari termelés és alapanyagok területén több olyan megoldás és lehetőség is kínálkozik, ami lehetővé teszi az ilyen megoldások bevezetését, pl.:

- **Faalapú anyagok:** míg a természetes faanyagok változatosságuk (inkonzisztens alak, méret, felületi tulajdonságok, vetemedésre való hajlam, stb.) miatt nehezen illeszthetők be egy ipar 4.0-s termelési folyamatba, a faalapú lemezek – különösen az ún. agglomerált lapok, mint a forgácslap és farostlemez – sokkal jobban kezelhetők egy automatizált rendszerben. Ezeknek a tulajdonságai sokkal kiszámíthatóbbak; egységes méreti, alaki és műszaki paraméterekkel rendelkeznek, ami megkönnyíti a kezelésüket. Ráadásul ezeket az anyagokat a gyártóik változatos felületi kialakítással és műszaki paraméterekkel, és viszonylag megbízható határidőkkel<sup>2</sup> szállítják, ami kedvez a széles termékkínálat és a testre szabott gyártás piaci elvárásainak.
- **Ragasztott faanyagok:** a faalapú anyagokhoz hasonlóan, bár annál kisebb mértékben, a ragasztott termékek is kiküszöbölik a természetes faanyag hátrányait; mérettartóbbak, kevésbé vetemednek, jól illeszkednek az automatikus gyártási rendszerekbe. Ilyen módon nem csak forgácslap-bútorok, hanem tömörfából készült bútor- és épületasztalos termékek is gyárthatók ipar 4.0-s megoldásokkal. (Megj.: a fenyő faanyag általában kiszámíthatóbb tulajdonságokkal rendelkezik, mint a lombos anyagok, így a megfelelően előkészített fenyő alapanyag ragasztás nélkül is használható lehet az ilyen rendszerekben.)
- **Fejlett faipar-specifikus technológiák:** az utóbbi években számos olyan technológiai megoldást is fejlesztettek a gyártók, ami közelebb viszi a faipari gyártást az ipar 4.0-s rendszer bevezetéséhez. A CNC berendezéseket már a '90-es évek óta használják a faiparban, de az utóbbi években az optimalizáló daraboló és hasító fűrészek, a nesting CNC berendezések, a gyors szerszámcserre lehetőségek, és ehhez hasonló megoldások izgalmas új lehetőségeket nyitottak meg a faipari automatizálásban. A számítógépes képkalkotási megoldások (mind a látható jegyek alapján végzett, mind a belső képkalkotás) területén szintén ugrásszerű fejlődés történt, ami a rönkfeldolgozás és a fűrészáru továbbfeldolgozása terén kínál jó lehetőségeket a digitális megoldások bevezetésére.
- **Vizualizációs lehetőségek:** a terméktervezés és a belsőépítészet területén már jó ideje alkalmaznak 3D-s látványterveket, ezek előállítása azonban általában időigényes és sok munkával jár. Ma már egyre több olyan szoftver áll

<sup>2</sup> A tanulmány írásakor a hazai és nemzetközi faiparban (akárcsak más iparágakban) a vírushelyzet jelentősen átrendezte a piaci viszonyokat, ami az alapanyag-piacon is nagyon kiszámíthatatlan helyzetet eredményez, hosszú szállítással és kiszámíthatatlan árképzéssel, így ez a kijelentés jelenleg nem teljesen helytálló. A szerző meggyőződése szerint ez csupán egy ideiglenes helyzet; a közeljövőben a piaci viszonyok újra beállnak egy egyensúlyi pontra, és az ilyen anyagok szállítása várhatóan újra kiszámíthatóvá és megbízhatóvá válik.



*10. ábra – az EGGER 3D Visualiser látványtervező programja  
(©FRITZ EGGER GmbH & Co. OG, a cég engedélyével)*

rendelkezésre, amellyel néhány kattintással állíthatunk elő látványos vizualizációkat, amelyek segíthetnek a vásárlóknak a döntéshozatalban, és meggyorsítják a tervezési folyamatokat. Ilyen pl. az Egger cég ingyenesen elérhető 3D Visualiser applikációja, amely számítógépről és mobil eszközökről is elérhető, és akár a saját honlapunkra is integrálható. A program néhány kattintással, 3D-s látványterveken meg érzékelteti a különböző dekor variációk megjelenését. Természetesen ez csak korlátozott számú, előre meghatározott szobaképen működik, de a cégnek van fejlettebb tervezőszoftvere is, amellyel pontosan a vevői igényeknek megfelelő tervezést tesz lehetővé, és generálja a gyártáshoz szükséges adatokat is.

- **További lehetőségek:** pl. a nem faanyagú alkatrészek gyártása fejlett digitális technológiákkal (pl. 3D nyomtatással).

## 4.2. Példák az ipar 4.0 alkalmazására a faiparban

---

Ebben a fejezetben szeretnénk bemutatni néhány alkalmazási példát, amelyek már most megvalósultak és elérhetők a faipari termelésben. Ezek egy része az alapanyag előállításához használatos, más részük pedig a másodlagos faiparban, a késztermékek gyártásában teszi lehetővé az ipar 4.0-s gyártási rendszer alkalmazását.

### 4.2.1. Fűrészáru gyártás

---

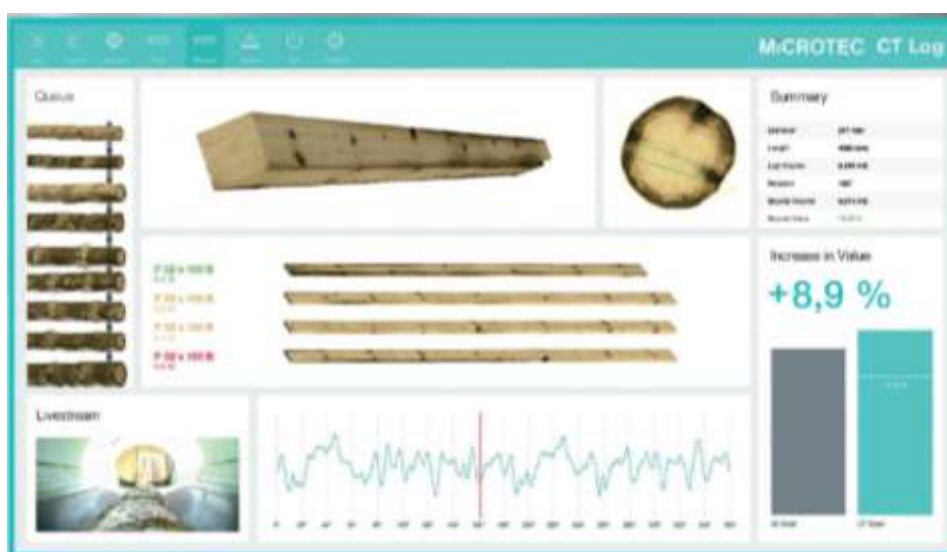
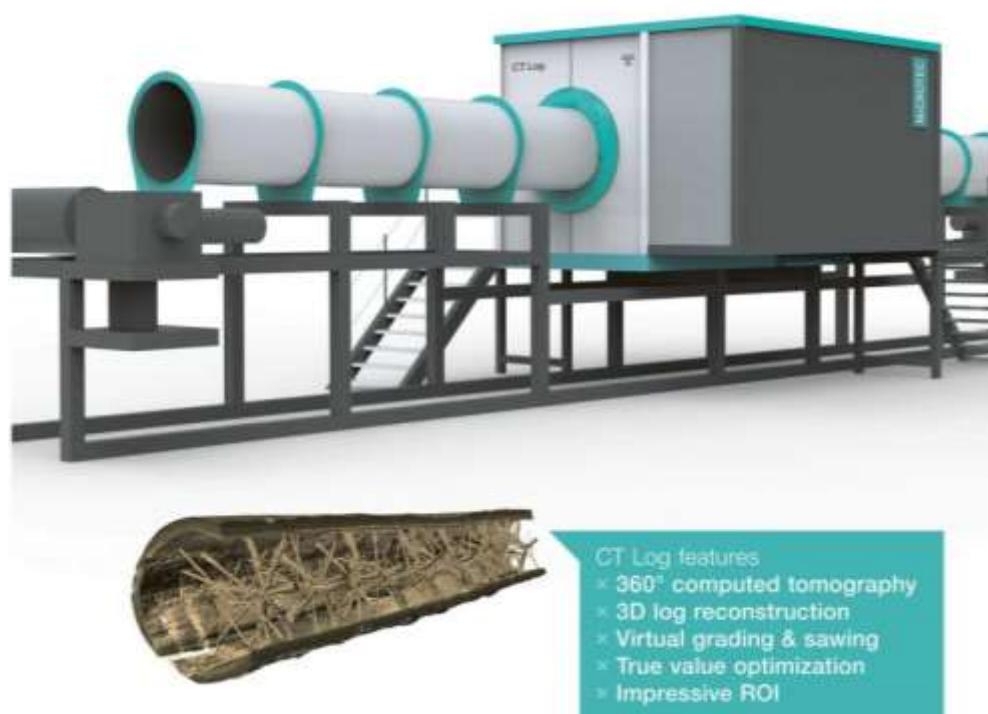
Nehéz nagyobb kihívást elképzelni a digitális gyártástechnológia szempontjából, mint a rönkök feldolgozását. A fűrészáru alapanyagának tulajdonságai, beleértve az alakot, a méreteket, a szerkezeti felépítést és a műszaki tulajdonságokat, rönkről rönkre változnak. Ebből az alapanyagból kell a fűrészüzemeknek lehetőleg egységes méretű, alakú és műszaki tulajdonságú alapanyagot előállítani, ami jelentős kihívást jelent.

A fűrészáru-gyártás digitalizációjához igen fejlett műszaki megoldásokra van szükség. Ilyen megoldásokat kínál az olasz Microtec cég. A rönkök feldolgozása szempontjából ezek közül a legfontosabbak különböző rönk szkennerek, a LogEye szkennер, illetve a CT Log nevű ipari computer tomográf berendezés. Különösen az utóbbi kínál forradalmian új lehetőségeket a rönkök beolvasása, és az optimális fűrészáru termelés területén.

Mindkét berendezés képes pontosan beolvasni a rönk alakját, ami az optimális vágástervezés szempontjából alapvető fontosságú. A LogEye berendezés emellett röntgen szkennерrel is fel van szerelve, ami valamilyen mértékig a belső sajátosságokat (pl. göcsök lefutása, fémszennyeződések stb.) is mutatja. A CT Log ezzel szemben a rönk belső felépítését 3D-ben is képes feltérképezni. Többek között képes érzékelni az olyan sajátosságokat, mint:

- A bél helyzete
- Egészséges és kieső göcsök
- Repedések
- Gyantatáskák
- Korhadás
- Rostlefutás
- Fém- és egyéb szennyeződések
- Évgyűrűszerkezet
- Nyomott fa
- Kéregbenövés, a rönk kéreg alatti alakja stb.

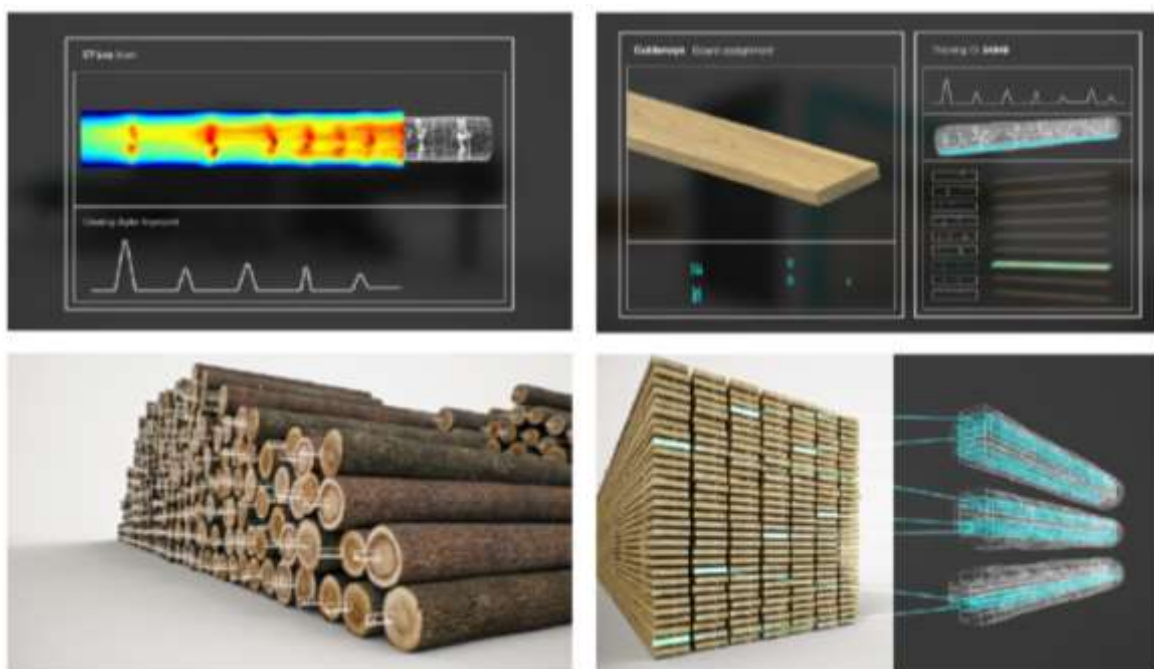




11. ábra – Vágástervezés a Microtec CT Log szkennel segítségével  
(©[Microtec srl GmbH](#), a cég engedélyével)

Mindezen sajátosságoknak a térbeli elhelyezkedését is képes feltérképezni. A rönk tulajdonságainak ilyen pontosságú felmérését követően a vágástervezést nagyon pontosan, a lehető legjobb mennyiségi és minőségi kihozattal lehet elvégezni. Ehhez a számítógép rengeteg vágásváltozatot megvizsgál, különböző síkokban és különböző termékösszetétellel, és ezek közül választja ki a lehető legoptimálisabb vágásképet. Természetesen a megtervezett vágásképet gyakorlati alkalmazásához a gyártósorban a





*12. ábra –a Microtec Sawmill 4.0 - digital fingerprint szoftverével  
a faanyag útja nyomon követhető a teljes gyártási folyamat során  
(© [Microtec srl GmbH](#), a cég engedélyével)*

továbbiakban megfelelő anyagmozgatási megoldások, és kellően rugalmas alapgépek (pl. rönkvágó szalagfűrész, vagy legalábbis állítható lapkiosztású keretfűrészgép) szükségeseek.

A csúcstechnológiás digitális vágástervezési megoldáshoz kapcsolódóan a Microtec cég fejlett készletgazdálkodási megoldást is nyújt a fűrészáru „digitális ujjlenyomata” alapján (Sawmill 4.0 - digital fingerprint koncepció). Itt a faanyag már említett, sokszor hátrányként jelentkező egyediségéből húznak hasznot. Az egyedi anatómiai sajátosságok (pl. a göcsszerkezet) azonosításával a gyártási sorban akárhol pontosan azonosíthatóvá válik az anyag, a rönkvételtől és raktározástól kezdve a felvágáson és továbbfeldolgozáson keresztül a szárításig és raktározásig. Ez alapján nagyon pontos képet nyernek az adott faanyag származásáról és sajátosságairól.

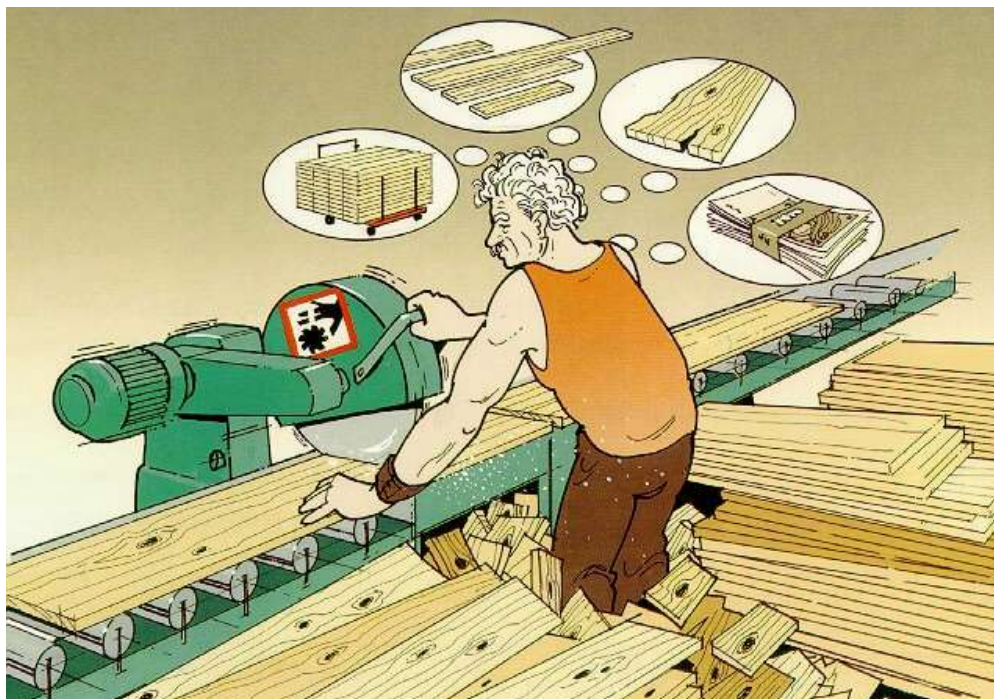
A Microtec cég mellett más gyártók (pl. USNR, FinScan, MachineVision, stb.) is kísérleteznek különböző fejlettségi szintű, a külső és belső képalkotáson alapuló digitális megoldásokkal. Sajnos ezek a megoldások nagyon költségesek, ezért csak nagyobb (több százezer m<sup>3</sup> kapacitású) fűrészüzemek esetén jöhetnek szóba, ahol a mennyiségi és minőség kihozatal javulása a nagy volumennel párosítva képes kitermelni az ilyen rendszerek költségét.

### 4.2.2. A fűrészáru továbbfeldolgozása

A fűrészáru továbbfeldolgozása során – ami alatt itt elsősorban a darabolást és szeletelést értjük – általában már konkrét késztermékek számára állítunk elő alkatrészeket és elemeket. Ennek a megfelelő szervezése sokat segíthet a kisszériás vagy egyedi sorozatgyártási rendszerek kiszolgálásában.

A továbbfeldolgozás legfőbb kihívása, hogy megadott méretű és minőségű elemeket kell előállítanunk egy olyan anyagból, amelyben véletlenszerűen helyezkednek el a különböző méretű és jellegű fahibák, illetve a minőséget befolyásoló egyéb jellegzetességek. Ez több komoly kihívást jelent az automatizált gyártórendszerek szempontjából.

**Az első kihívás a fahibák** és egyéb minőségi jegyek **azonosítása**. Tradicionálisan ez vizuálisan történik, minősítő, osztályozó munkatársak bevonásával. Ez nyilvánvalóan időigényes, költséges megoldás. Sok esetben a hibafelismerést végző munkatárs egy személyben a daraboló fűrész kezelője. Sok múlik rajta: jól kell megítélnie a fahibák jelentőségét, észben kell tartania a termékválasztékot, a készleteket, az egyes választékok értékét stb. A modernebb megoldásoknál, pl. az optimalizáló daraboló fűrészeknél már csak a fahibákat kell megjelölnie, de ez még mindig jelentős munkaerő költséget jelent.



13. ábra – a daraboló fűrész kezelőjének sok teher nyomja a vállát...

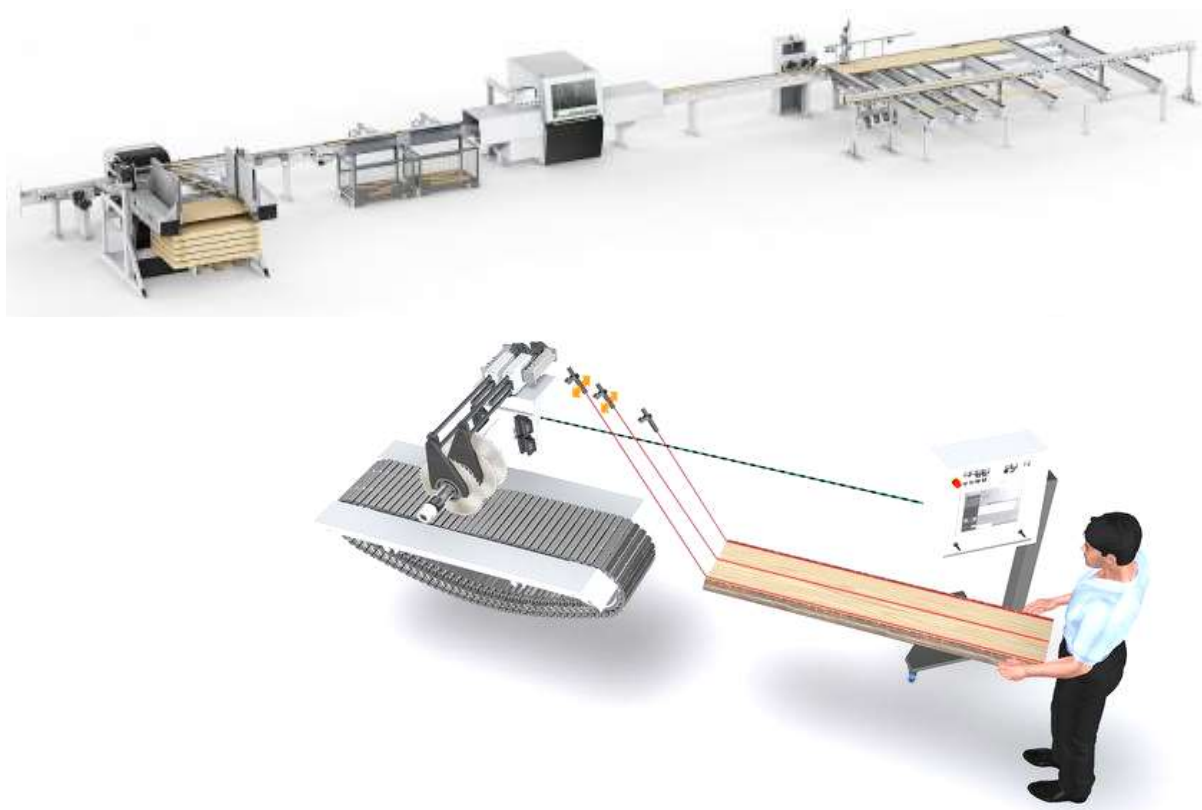
Az utóbbi évtizedekben történt jelentős előrelépés a szkennelési, képalkotási, és egyéb minősítési eljárások terén (amiről részben már beszéltünk a röntkfeldolgozásnál) a fűrészáru esetében is lehetőséget biztosít az automatizált megoldások bevezetésére. Ez az asztalosipari alapanyagok esetében elsősorban a kiejtendő fahibák azonosítását jelenti, a szerkezeti anyagoknál viszont ezen túlmenően kiterjed az egyéb sajátosságok (pl. évgyűrűszélesség, rostkifutás, sűrűségeloszlás stb.) vizsgálatára is, ami alapján a faanyagot szilárdsági kategóriákba soroljuk.

A hibafelismerés és minősítés legkézenfekvőbb módja az optikai szkennelés. Itt gyakorlatilag a számítógép veszi át a minősítő munkatárs szerepét, azt kell megtanítani a fahibák és egyéb sajátosságok felismerésére és értékelésére. Ehhez általában a fűrészáru minden oldalát beszkenneklik; a számítógép ez alapján hoz döntést a hibakiejtésről és az anyag méretre vágásáról, azaz a daraboló és hasító vágások síkjáról. Ez a módszer főleg fenyő fűrészáru esetén működik jól, melynek egyszerűbb szerkezeti felépítése könnyebbé teszi a fahibák felismerését. Az utóbbi időben azonban már egyre jobb rendszereket fejlesztettek ki lombos anyagra is.

Az optikai szkennelés helyett, vagy – gyakrabban – amellet sokszor alkalmaznak más megoldásokat is. Ezek általában valamilyen roncsolásmentes vizsgálati eljárásan alapulnak. Ilyenek pl. a lézeres alak szkennelés (a szélezés elősegítésére) és rostirány meghatározás, röntgen szkennelés, hangsebesség méréses vagy egyéb rugalmassági modulus mérés stb. Ezek egy részét már inkább a fűrészáru minősítésére használjuk, és itt ennél bővebben nem is foglalkozunk velük. Mindenesetre több olyan módszer van, amivel sokszor kiegészítik az optikai szkennelést, és ezáltal még megbízhatóbbá teszik a hibafelismerést.



14. ábra – a fahibák azonosítása optikai jegyek alapján  
(©Microtec srl GmbH, a cég engedélyével)



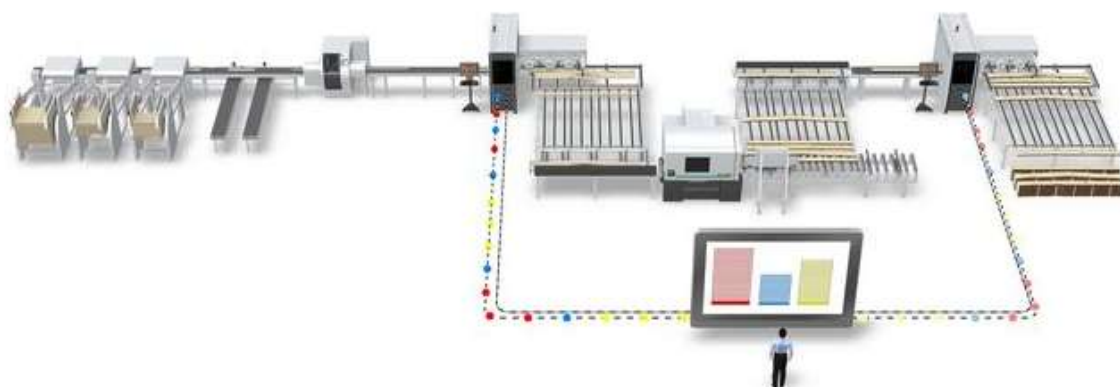
15. ábra –Optimalizáló daraboló és állítható lapkiosztású hasító fűrészek  
(© [WEINIG Group](#), a cég engedélyével)

**A második kihívás az automatikus darabolás és szeletelés.** Ezekre szintén régóta léteznek megoldások, optimalizáló-daraboló és állítható lapkiosztású sorozatvágó fűrészek formájában. Ezeknek is sok változata létezik, melyek egy részénél a hibák felismerése, jelölése, vagy a vágási síkok meghatározása emberi beavatkozással történik, de a modernebb berendezések vezérlése teljesen automatikus; a darabolási pozíciót, illetve a szeletelés síkjait a számítógép a gyártandó méretek és a hibafelismerő szkennerből származó információk alapján automatikusan állapítja meg. Az elkészült elemek ezután a méretüknek megfelelően külön rakatokba, konténerekbe kerülhetnek, vagy megfelelő azonosítókkal (vonalkód, QR, RFID) láthatók el a további nyomon követés segítésére.

Az eddigiek komoly lépést jelentenek az automatizálás irányába, de önmagukban még nem jelentenek ipar 4.0-s megoldást. Mivel ezek a berendezések alkalmasak arra is, hogy a gyártási információkat folyamatosan nyomon kövessék, és arról megfelelő információkat küldjenek, pl. egy MES rendszerbe, lehetőséget kínálnak a hálózatos



működésre. Erre jó példa a WEINIG cég OptiLink rendszere, amelyben a hibafelismerő szkennerek, a daraboló és szeletelő egységek, valamint az anyagmozgató berendezések hálózatba szervezve működnek. Ez lehetőséget biztosít a magas szintű és rugalmas gyártásszervezésre, a megfelelő méretű és minőségű darabok gyártására, az egyes berendezések után szükséges korrekciókra; mindezt a gyártott elemek és a készlet folyamatos nyomon követésével, rugalmas beavatkozási lehetőségekkel (pl. új elemméretek zökkenőmentes bevezetésével), az információk valós idejű áramlásával. Ez már valóban ipar 4.0-s gyártási rendszer.



16. ábra – WEINIG OptiLink: példa az automatizált továbbfeldolgozó egységek hálózatba szervezésére  
(© WEINIG Group, a cég engedélyével)

### 4.2.3. Okos bútorgyártás

Mint a 4.1. fejezetben már említettük, míg a természetes faanyag kezelése nem egyszerű feladat az egyedi sorozatgyártási rendszerekben belül (bár, mint az előző fejezetekben láthattuk, nem is feltétlenül lehetetlen), a különböző faalapú lemezek – különösen a forgácslap és farostlemez – sokkal jobban kezelhető egy ipar 4.0-s gyártórendszer kontextusában. Ezek az anyagok standard méretben és minőségben állnak rendelkezésre, ugyanakkor a gyártók széles választékot biztosítanak, ami jó alapot teremt a testre szabható bútorok gyártására.

Természetesen a flexibilis, egyedi sorozatgyártás ebben az esetben sem jelenti azt, hogy „bármilyen megy”. A cégnek van egy saját termékválasztéka, de pl. egy konyhabútor esetén szinte teljesen egyedi elemméretek, a front és korpuszfelületek széles választéka, és nagyon sokféle vasalat áll a megrendelők rendelkezésére – akár csak egy egyedi gyártásra szakosodott asztalos esetében, azonban az ipar 4.0-s rendszer mindezt gyorsan, precízen, magas fokú automatizálással oldja meg.

Szerencsére ma már több gépgyártó cég is kínál jó, ipar 4.0-s környezetbe illeszkedő megoldásokat. Egy lapalkatrészekből álló bútor gyártási rendszere esetében, ez a következő elemeket tartalmazza:

- 1.) **Tervező modul:** egyszerű és intuitív tervezőprogram, amiben gyorsan beállíthatók a főbb méretek, stílus, kialakítási és működési opciók (pl. nyitási módok, szerelvényezés stb.) A modul segítségével a tervező munkatárs a megrendelői igények alapján egyszerűen és gyorsan generálni tudja a terveket, amelyek alapján egyrészről gyorsan generálhatók a 3D látványtervek a megrendelő számára, másrészről pedig a program le tudja bontani a tervet, alkatrész- és szabásjegyzéket, szerelési tervet, stb. készít, és ezeket továbbítja az ERP, és azon keresztül a MES számára.

Szélsőséges esetben akár olyan intuitív megoldás is elképzelhető, ahol a megrendelő a szállító webes felületén saját maga állítja be a paramétereit, ami alapján a tervezés automatikusan történik, a tervező munkatárs kiiktatásával – ez azonban magában rejt bizonyos hibalehetőségeket (pl. ha a megrendelő hibásan veszi fel a méreteket), ami végül reklamációkhoz, vevői elégedetlenséghez vezethet. A legbiztosabb megoldás az lenne, ha a beépítési helyszínt automatikusan lehetne felmérni (pl. 3D laser scanner segítségével), azonban ehhez ma még sajnos nem áll rendelkezésre megfelelő pontosságú, egyszerűen kezelhető technológia.

- 2.) **Logisztikai modul:** miután a MES megkapta a gyártási adatokat a tervező modultól, a lapalkatrészek alapján elkészíti a szabásjegyzéket. A logisztikai modul ezután kiválasztja, és a gyártósor elejére továbbítja a lapanyagot (pl. egy laminált forgácslapot).

Az igazán korszerű és autonóm gyártáshoz az szükséges, hogy az egyes alkatrészek folyamatosan azonosíthatóak legyenek a gyártás során, és magukon hordozzák a gyártáshoz szükséges információkat (pl. a befoglaló méreteket, az élzárás szükségességét, a maráshoz és furatoláshoz szükséges adatokat stb.) Ilyen módon, amikor az alkatrész megérkezik valamelyik megmunkáló berendezéshez, az automatikusan megkapja az információt, hogy mit kezdjen vele. Ez megoldható pl. öntapadó QR kód, vagy RFID elhelyezésével az alkatrészen. Ezeket legtöbb esetben még felfűrészelés előtt helyezik el a táblán, így már a lapszabász gép számára is továbbítva az információt a táblafelosztás módjáról.

- 3.) **Táblafelosztó:** a lapalkatrész-bútorok gyártásának első művelete az alkatrészek befoglaló méretének kialakítása a nagy táblából. Ezt többnyire lapszabász körfűrészekkel végezzük, de újabban egyre inkább teret nyernek a táblafelosztó szármarók is, amelyek valódi nesting képességgel rendelkeznek, és nem csak a táblafelosztást, hanem egyéb marási, furatolási

feladatokat is el tudnak végezni. A gyártásszervezés tekintetében a kettő között elsősorban a szabástérkép kialakításában van. Természetesen a táblafelosztó gépek CNC vezérlésűek, és az elemek pozícionálása és megmunkálása teljesen automatikusan történik. Az elemek fordítása és elszedése során viszont általában nem nélkülözhető az élőmunka.

- 4.) **Élzáras:** a következő művelet az élzárók elhelyezése. Ezen a területen is jelentős technológiai fejlődés történt az elmúlt évtizedekben (pl. nullfugas, lézeres élzárók, posztforming, szoftforming), ami biztosítja a megfelelő minőségű alkatrészeket. Az utóbbi években szintén nagy fejlődés történt az automatizálás területén; a legmodernebb élzáró berendezések szintén bekapcsolhatók az ipar 4.0-s termelési rendszerbe, azonnal tudnak váltani a különböző élzáró anyagok, elemvastagságok, megmunkáló szerszámok között stb. Az elemek elszedése és fordítása sok esetben itt is manuálisan történik.
- 5.) **Marás, furatolás:** a maró- és sorozatfúró gépek a faiparban a legkorábbi CNC berendezések közé tartoznak, jól bejáratott technológiát jelentenek. A rugalmas programozhatóságnak, és a modernebb berendezéseken végrehajtható gyors szerszámcserenek köszönhetően ezek is jól illeszthetők az egyedi sorozatgyártás technológiájába, bár a kiszolgálásuk nem könnyen gépesíthető.
- 6.) **Összeszerelés:** a korpuszok összeszerelése hagyományosan kézi technológiával történik, legalábbis ami az összeillesztést illeti. A korpuszprések viszont már lehetnek automatikus vezérlésűek, beleértve a korpuszméretre történő automatikus beállást. A szerelvények felszerelése elméletileg szintén gépesíthető a robottechnológia segítségével, de ez igen költséges megoldás, csak nagyobb gyártók esetében jöhet szóba. Általánosságban, a korpuszbútorok összeszerelése kevésbé gépesíthető, jellemzően élőmunka-igényes feladat.
- 7.) **Anyagmozgatás:** az automatizált anyagmozgatás többféle módon – kötött pályás megoldással, robotokkal, vagy autonóm eszközökkel is – elképzelhető, azonban költséges megoldás. Amennyiben digitális átálláson gondolkodunk, valószínűleg ez az utolsó lépés – érdemes először az előző pontokban bemutatott automatizált megoldásokat bevezetni, és rendszerbe szervezni megfelelően kialakított ERP/MES segítségével. Nem kizárt, hogy annyira „rákapunk” a digitális megoldásokra, hogy hamarosan az anyagmozgatás, raktárkezelés, karbantartás és egyéb elsődleges vagy támogató folyamatok területén is keresni fogjuk az automatizálás lehetőségét...

Miközben a fenti technikai megoldások legalább egy része elengedhetetlen a hatékony egyedi sorozatgyártáshoz, emellett az egész cég szemléletét is „át kell állítani”... Miközben a vevőknek igyekszünk minél inkább kielégíteni minden igényét, és minél nagyobb szabadságot, több választási lehetőséget kínálni, érdemes átgondolni, hogy mi jelent a felhasználó számára hozzáadott értéket. Miközben pl. a szabadon választható befoglaló méretek, színek, nyitási irányok fontosak a vásárló számára, a gyártásnak sok olyan területe van (pl. szerkezeti kialakítás, anyagvastagságok), ahol nincs szükség a teljes rugalmasságra. A gyártás hatékonyabb, ha nem kell minden termék után teljesen átállítani a gépeket.

A gyártás első lépéseiben törekedjünk minél egységesebb megoldásokra (pl. egyforma furatkiosztás, élzárás stb.), és a testre szabást igyekezzünk a későbbi lépésekben megvalósítani (pl. frontfelület design, színek, nyitási irányok, stb.) Amennyire lehet, igyekezzünk mindenhol standard megoldásokat használni, egységesíteni a szerkezeti megoldásokat, a szerelvényeket, pl.:

- Lapanyagok: lehetőleg ne kelljen túl sok anyagféleséget, sok különböző vastagságot használni egy termékben.
- Vasalatok: a különböző termékekben a hasonló funkciójú vasalatok lehetőleg legyenek egységesen – ha minden furatkiosztás egyéni, a folyamatos átállítások, szerszámcserek miatt a gyártás hatékonysága romlik.
- Korpuszok: lehetőleg használjunk egyforma kötéseket, köldökcsap kiosztásokat, csatlakozásokat.
- Méretek: a korpuszméret kismértékű változtatása miatt nem érdemes pl. a fiókokból is sok különböző méretet gyártani. Néhány extra milliméter a felhasználó szempontjából nem jelent semmilyen előnyt, miközben a véges számú standard méret jelentős előnyt jelent a gyártás szempontjából.
- Stb.

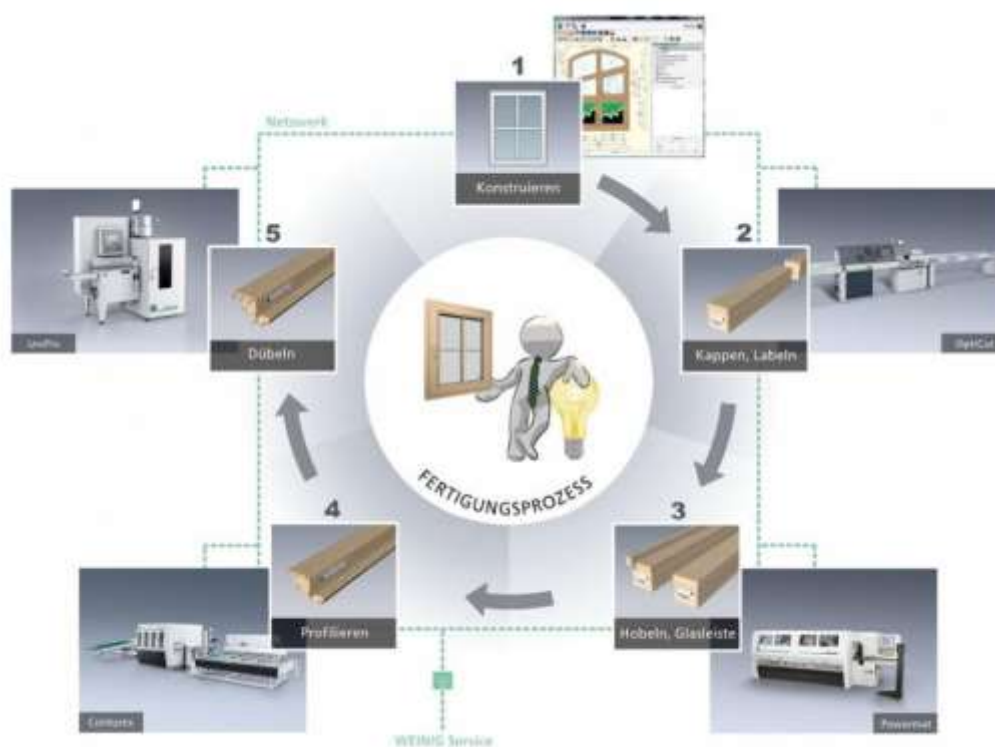
Az egyedi méretű termékek esetében is érdemes néhány egyszerű szabályra alapozni a tervezést. Az alkatrészek mérete egyszerű szabályszerűségek alapján számítható a befoglaló méretekéből. Még az olyan részletek is, mint hogy a termék 1 vagy 2 ajtós, vagy a polcok, fiókok száma is egyszerű szabályok alapján számítható a fő méretekéből. Az ilyen szabály-alapú szerkezetkialakítás nagyban megkönnyíti a digitális tervezés és gyártás menetét.



#### 4.2.4. Tömörfa elemek és termékek gyártása

Mint korábban már szó volt róla, a természetes faanyag megmunkálása sokkal nehezebben illeszkedik a digitális egyedi gyártás kívánalmaihoz, mint pl. a falemezek. Ennek ellenére, ha viszonylag egységes minőségű, méretű és alakú alapanyag áll rendelkezésre (jellemzően természetes fenyő faanyag vagy ragasztott frízek), azt az ipar 4.0-s rendszerek is jól tudják kezelni.

Az épületasztalos-iparban – a bútorigarral szemben – jellemző a standard alkatrészek, keresztmetszetek, kötések és vasalatok alkalmazása. Megvannak az építőiparban járatos, standard méretek is, ezért ezeket az elemeket gyakran állítják elő klasszikus sorozatgyártásban. Ugyanakkor kellően gyakoriak az egyedi méretek vagy egyéb egyedi igények is (pl. tok- vagy keretosztók elhelyezése) ahhoz, hogy egy egyedi nyílászáró gyártásra szakosodott cégnek érdemes legyen beruháznia egy egyszerűbb ipar 4.0-s rendszerre.



17. ábra – A WEINIG Conturex intelligens ablakgyártó rendszere  
(© [WEINIG Group](#), a cég engedélyével)

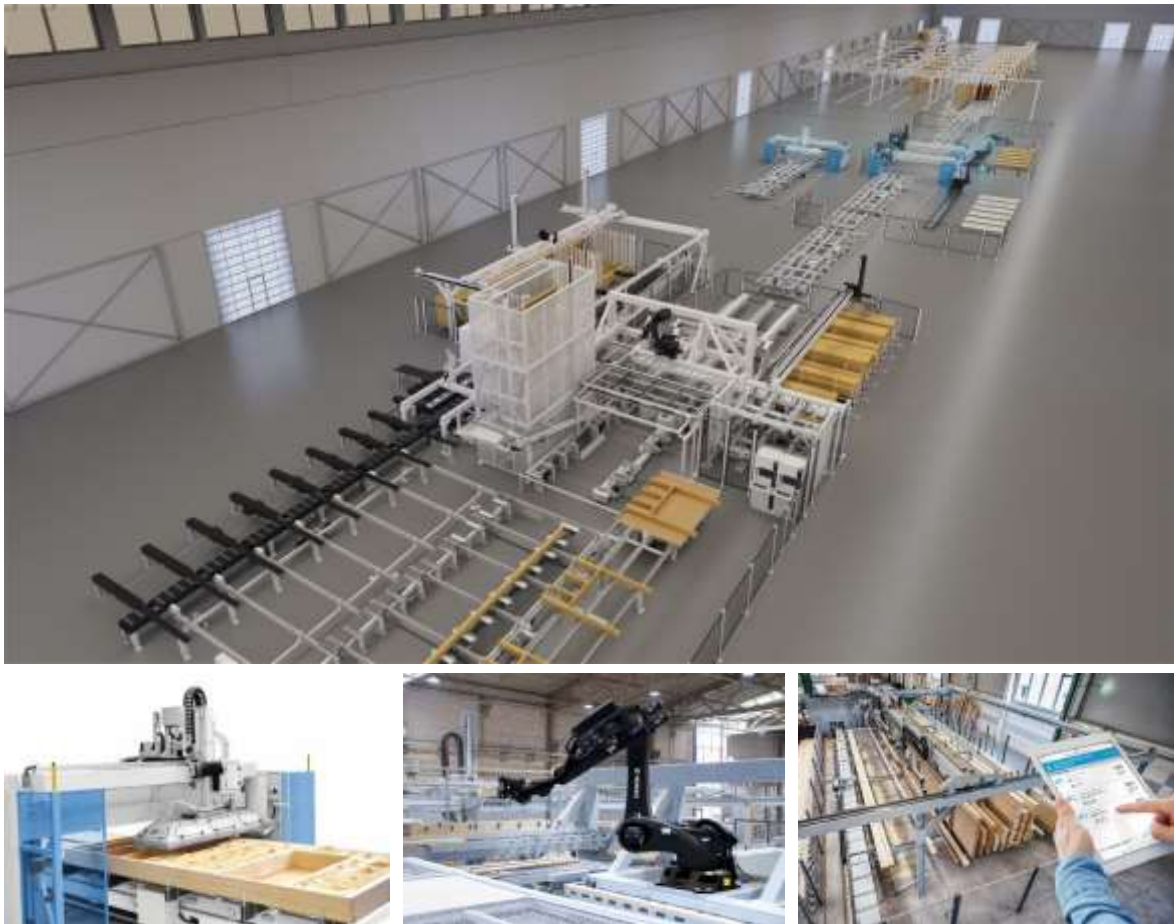


18. ábra – A WEINIG PowerLock – gyors szerszámcserre precíz élkörfutással  
(© [WEINIG Group](#), a cég engedélyével)

A nyílászáró gyártás technológiája viszonylag egyszerű; kezdődik az alapanyag méretre vágásával (ld. 4.2.2. fejezet) és gyalulásával, amelyek viszonylag könnyen gépesíthető folyamatok. Ezután következik a profil kialakítás, illetve a sarokkötések elkészítése. Az egyedi sorozatgyártásban elsősorban ez jelenti a kihívást, hiszen itt korlátozott számban bár, de a kialakítástól, üvegezéstől, hőszigetelési igényektől függően többféle profil is elképzelhető. A hagyományos többfejes marógépeken azonban a szerszámcserre idő- és élőmunka-igényes folyamat. Szerencsére mára ezen a területen is kifejlesztették a gyors és nagyon pontos, nagy teljesítményű megoldásokat. Ilyenek pl. a WEINIG Powermat berendezései, amelyek – a PowerLock gyors szerszámcserre megoldásnak köszönhetően – nagyon gyorsan és egyszerűen tudnak váltani a gyártandó profilok között. A profilok és sarokkötések kialakítása után az összeállítás és préselés általában már nem automatizált folyamat.

#### 4.2.5. Faépítészet és egyéb megoldások

Bár az automatizált gyártás elemei – pl. nagy, gerenda vagy szerkezeti panel megmunkáló CNC berendezések – már régóta jelen vannak az épületelem gyártó cégeknél, a valódi ipar 4.0-s megoldások csak a közelmúltban jelentek meg. Erre példa a *Weinmann WALL TEQ* rendszere, amelyet a bordavázaz falpanelek teljesen automatikus gyártására hoztak létre. A rendszer egy megfelelő MES irányítása mellett képes automatikusan elvégezni a panelek előregyártásának teljes folyamatát:



19. ábra – Weimann WALL TEQ automatizált bordavázas panel gyártó rendszer  
(© [WEINMANN Holzbausystemtechnik GmbH](#))

- a bordaelemek (akár szög alatti) méretre vágása
- a váz összeszerelése
- a borítás felhelyezése és rögzítése
- a borítás méretre marása, nyílások kivágása
- a szigetelőanyag behelyezésén vagy befűvése
- köztes automatizált anyagmozgatás és pufferek, valamint
- végső tárolás, kiszállítás

Mindezt kis tételben, akár teljesen egyedi igényeknek megfelelően (ami amúgy is jellemző a faépítészetre – ritka a típustervek alapján történő gyártás).

A fa épületelem-gyártásban egy másik megoldás a finn *Trussmatic* cég rendszere, amely szeglemezes rácsos tartók automatikus gyártására alkalmas. Ez a rendszer is egyedi tartók készítésére alkalmas, és kezeli a teljes gyártási folyamatot a tervezéstől az elemek leszállásán keresztül a tartó összeszereléséig. Ez utóbbit fejlett robottechnikával végzik, amely gondoskodik a rögzítőelemek konfigurálásáról,



20. ábra – A Trussmatic teljesen automatizált szeglemezes rácsos tartó gyártó rendszere  
(© [Trussmatic OY](#), a cég engedélyével)

felhelyezi a tartó elemeit és a szeglemezeket a megfelelő pozícióba, és elvégzi a szeglemezek préselését.

Egy további alkalmazás, amelynek a feltételei már többé-kevésbé rendelkezésre állnak, a lépcsőgyártás, illetve lépcső burkolás lehetősége. A *Leica 3D* lézer szkennerei segítségével megfelelő pontossággal fel lehet venni a helyiség, vagy a meglévő betonlépcső méreteit, ahová lépcsőt vagy a burkolatot kell készíteni. Több különböző 3D tervezőprogram létezik (pl. *SEMA*, *Dietrich's*, *Staircon*), amelyekkel gyorsan, intuitív módon meg lehet tervezni mind a lépcső szerkezetét és méreteit, mind a



stílusát, kialakítását. A szoftverekbe könnyen lehet importálni a szkennelt adatokat (vagy akár közvetlenül fogadni tudják azokat), és ez alapján rögtön testre szabott lépcsőt vagy burkolatot tervezhetünk.

A tervező szoftverek nem csupán látványtervet és geometriát tudnak szolgáltatni, de automatikusan generálható az alkatrészjegyzék, a pontos alkatrészrajzok, sőt, megfelelő CAM alkalmazásokkal rögtön generálni tudják a CNC számára szükséges pályákat, vagy akár poszt processzor adatokat is. Így akár elképzelhető olyan megoldás, ahol a lépcsőtervezés a gyors lézeres felmérést követően akár a helyszínen elvégezhető, ami után a gyártási adatokat a szoftver az interneten keresztül közvetlenül továbbítja az ERP/MES felé, amely megkezdi az alapanyagok és gyártási feladatok allokálását és ütemezését. Mire a felmérést végző munkatárs visszaért, az üzemben akár már gyártásba is kerülhet az egyedi lépcső, amit rövid határidővel tudnak szállítani a megrendelő számára (bár az összeszerelés feladatait sajnos továbbra sem sikerült gépesíteni...)



*21. ábra – A gyors lézeres felmérés, számítógépes tervezés és automatizált gyártás lehetőséget kínál az ipar 4.0-s modell bevezetésére a lépcsőgyártásban  
(©[Leica Geosystems AG](#) illetve [Elecosoft](#), a cégek engedélyével)*

## 5. Összefoglalás: kell-e nekünk a Faipar 4.0?

---

Mint a 3. fejezetből láthattuk, az ipar 4.0 egy rendkívül összetett rendszer, melynek a filozófiáját, lényegét nem is olyan könnyű átlátni és megérteni. Ugyanakkor a digitális termelési rendszer bevezetéséhez nem kell feltétlenül mindent a feje tetejére állítani, nem kell mindent egyszerre átalakítani, és hatalmas beruházásokat eszközölni. Amire nagy szükség van, az egy átfogó vízió, és a hozzá tartozó stratégia. Ha ez megvan, el lehet indulni néhány jól átgondolt változtatással, ami jelentősen javítja a hatékonyságot, és amire építkezve fokozatosan lehet egyre inkább átállni a digitális megoldásokra, élvezve azok előnyeit.

El lehet-e képzelni a digitális átállást a faiparban? A 4.1. fejezetben több kihívást is láthatunk, ami nehezíti az ipar 4.0-s megoldások terjedését. A 0. fejezetben bemutatott számos példából azonban jól látszik, hogy a technikai kihívásokra igenis léteznek válaszok (melyek jelentős része különleges, faipar-specifikus megoldásokat igényel, de nem megoldhatatlan). E megoldásokra alapozva kialakítható a mi igényeinkhez szabott ipar 4.0-s rendszer.

Fontos tudni, hogy ipar 4.0-t nem lehet „készen vásárolni”. A digitális gyártás megoldásai, elemei a rendelkezésünkre állnak, de nekünk kell meghatározni a digitális gyártási stratégiát, a víziót; azt, hogy hogyan tudjuk elképzelni a hatékony gyártórendszert, és ehhez milyen kérdésekre kell választ adnunk. Ehhez tudunk megoldásokat – szoftvereket, automata gyártó és anyagmozgató egységeket, adatbázis kezelőt, készletgazdálkodó, vevőkapcsolati, karbantartás modulokat stb. beszerezni vagy kiépíteni. A digitális, intelligens megoldások nem helyettesítik a befektetett munkát, a szakértelmet és a szakma iránti elkötelezettséget – csupán hatékonyabbá, takarékosabbá, logikusabbá teszik a munkavégzést, valamint a külső és belső kommunikációt – ezzel pedig végső soron előnyt érhetünk el, talpon maradhatunk, sikeresek lehetünk a piaci versenyben.

## 6. Irodalomjegyzék

[1]	Gmeiner, S. és G. Frey (2015). Wood Industry 4.0: The Fourth Industrial Revolution. <a href="https://www.woodworkingnetwork.com/production-woodworking/woodworking-machinery-technology/Wood-Industry-4point0-The-Fourth-Industrial-Revolution-300287101.html">https://www.woodworkingnetwork.com/production-woodworking/woodworking-machinery-technology/Wood-Industry-4point0-The-Fourth-Industrial-Revolution-300287101.html</a> (Megtekintve: 2021.07.20)
[2]	Gmeiner, S. és G. Frey (2018). Industry 4.0 -- The Connected Factory – Part 1. <a href="https://www.woodworkingnetwork.com/technology/industry-40-where-start">https://www.woodworkingnetwork.com/technology/industry-40-where-start</a> (Megtekintve: 2021.07.20)
[3]	Gmeiner, S. és G. Frey (2018). Industry 4.0 -- The Connected Factory – Part 2, Strategy. <a href="https://www.woodworkingnetwork.com/technology/industry-40-connected-factory-part-2">https://www.woodworkingnetwork.com/technology/industry-40-connected-factory-part-2</a> (Megtekintve: 2021.07.20)
[4]	Gmeiner, S. és G. Frey (2018). Industry 4.0 -- The Connected Factory – Part 3, Product. <a href="https://www.woodworkingnetwork.com/industry-40-connected-factory-product-part-3">https://www.woodworkingnetwork.com/industry-40-connected-factory-product-part-3</a> (Megtekintve: 2021.07.20)
[5]	Gmeiner, S. és G. Frey (2018). Industry 4.0 -- The Connected Factory – Part 5, Internal logistics. <a href="https://www.woodworkingnetwork.com/news/woodworking-industry-news/industry-40-connected-factory-part-5-internal-logistics">https://www.woodworkingnetwork.com/news/woodworking-industry-news/industry-40-connected-factory-part-5-internal-logistics</a> (Megtekintve: 2021.07.22)
[6]	Porter, M.E. (1985) Competitive advantage: creating and sustaining superior performance. The Free Press, New York, 11-15. old.
[7]	Móricz P. (2019) Mit értünk digitalizáció alatt? A digitalizáció öt pillére a versenyképes vállalatokban. Magyar Controlling Egyesület workshopján bemutatott előadás. <a href="https://mce.hu/wp-content/uploads/2019/05/20190510_MCE_prezentacio_Moricz.pdf">https://mce.hu/wp-content/uploads/2019/05/20190510_MCE_prezentacio_Moricz.pdf</a> (Megtekintve: 2021.07.21)
[8]	Tanács Z. (2017) Digitális stratégia – Hogyan tudnak a vállalatvezetők digitális stratégiát alkotni a jelenlegi digitalizációs káosz helyett? <a href="https://www.controllingportal.hu/digitalis-strategia/">https://www.controllingportal.hu/digitalis-strategia/</a> (Megtekintve: 2021.07.21)
[9]	C.O. Klingenberg, J.A. do Vale Antunes Jr. (2017) Industry 4.0: what makes it a revolution? Az EurOMA 2017 konferencia kiadványában megjelent cikk
[10]	Talin, B. (2011) 11 Digital Business Models You Should Know Incl. Examples. <a href="https://morethandigital.info/en/11-digital-business-models-you-should-know-incl-examples/">https://morethandigital.info/en/11-digital-business-models-you-should-know-incl-examples/</a> (Megtekintve: 2021.07.21)



[11]	BITO-Lagertechnik Bittmann GmbH (2021) Mikor van értelme az automatizálásnak a raktárban? <a href="https://www.bito.com/hu-hu/szakvelemenyt/artikel/mikor-van-ertelme-az-automatizalasnak-a-raktarban/">https://www.bito.com/hu-hu/szakvelemenyt/artikel/mikor-van-ertelme-az-automatizalasnak-a-raktarban/</a>
[12]	IFKA (2019) karbantartás 4.0: hogyan segítheti az ön vállalkozását az Internet of Things (IoT), azaz a dolgok internete? <a href="https://ipar4.hu/article/707">https://ipar4.hu/article/707</a> (Megtekintve: 2021.07.23)
[13]	Gludovátz A. (2018) Termelési folyamatok felügyelete, irányítása és elemzése Ipar 4.0 megközelítésben. Doktori Értekezés, Soproni Egyetem, Cziráki József Faanyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola. 20-23. old.
[14]	Critical Manufacturing, and IYNO. (2017) The New MES: Backbone of Industry 4.0. <a href="https://www.criticalmanufacturing.com/uploads/resources/The%20New%20MES.%20Backbone%20of%20Industry%204.0%2020170904162808.pdf?v67">https://www.criticalmanufacturing.com/uploads/resources/The%20New%20MES.%20Backbone%20of%20Industry%204.0%2020170904162808.pdf?v67</a> (Megtekintve: 2021.07.27)
[15]	Lehtola, V., H. Kaartinen, A. Nüchter (2017) Autonomous 3D modelling of indoor spaces. GIM International 31(10):20-23
[16]	Breuer E., S. Kaiser. (2018) Industry 4.0: Aspects of Business Model Development. Online tananyag, Virtuelle Hochschule Bayern. <a href="https://open.vhb.org/blocks/ildmetaselect/detailpage.php?id=153">https://open.vhb.org/blocks/ildmetaselect/detailpage.php?id=153</a> (Megtekintve: 2021.08.02)

## A sorozat keretében eddig megjelent kiadványok

### 2017.

- |    |  |   |
|----|--|---|
| 1. | NÉMETH András, MILÁVECZ Richárd  | Iparban használatos vízminőségek  |
| 2. | DR. SZILÁGYI Zsombor, DR. SZUNYOG István   | Mérések a gáziparban  |
| 3. | DR. BARNÁ Lajos, EÖRDÖGHNE DR. MIKLÓS Mária, DR. SZÁNTHÓ Zoltán, DR. BALLA József  | A biztonságos ívóvízellátás megteremtésének tervezési eszközei                              |
| 4. | BORBÁS Lajos Dr.   | Felépítés elvű (additív) gyártástechnológiák a gépészetben                                  |
| 5. | BERENCSE Miklós, BERECZKY Ákos, HORVÁTH László, KOVÁCS Gergely, MIHÁLFFY Krisztina | Kerékpárosbarát közlekedéstervezés  |
| 6. | TÜDŐS Tibor, DR. VARJÚ György, DR. PETRI Kornél, GÁBOR András                      | A csillagpontkezelés legújabb külföldi és hazai eredményei (Útmutató és tervezési segédlet) |
| 7. | DR. GARBAI László, DR. JASPER Andor, VÁRADI András                                 | Fűtési és használati melegvíz-igények kockázati elvű méretezése példákkal                   |
| 8. | KÁDI Ottó, DOHÁNY Máté, JÓZSA Bálint, LÁSZLÓ Csaba Tibor, JAKKEL Ottó              | A közúti vasutak (villamos) tervezésével kapcsolatos kézikönyv                              |

### 2018.

- |     |   |   |
|-----|---|---|
| 9.  | BLAZSOVSZKY László  | A gázfogyasztó készülékek égéstermék elvezetésével kapcsolatos szabályozások hiányosságai és ellentmondásai   |
| 10. | CSORDÁS Szilveszter, FORGÁCS Lajos Dr., PÓLYA Endre ifj., RÉV Zoltán, UDVARDY Péter | Orvostechológiai továbbképzés ismeretanyaga   |
| 11. | NÁDASDY Tamás, EGYHÁZY Zita, KOVÁCS Ákos Sándor, SZECSŐ Dániel Géza                 | A közúti biztonsági audit (KBA) jelentések elkészítésének alkalmazási segédlete – A közúti infrastruktúra közlekedésbiztonsági kezeléséről szóló jogszabályhoz és utügyi műszaki előíráshoz kapcsolódó értelmezési, kidolgozási és elfogadtatási javaslatrendszer |
| 12. | DR. SZILÁGYI Zsombor, HORÁNSZKY Beáta   | Földgáz kereskedelem (mérnöki segédlet)   |
| 13. | DR. SZILÁGYI Zsombor  | Az energiahordozók jövője – kőolaj, földgáz, megújulók  |
| 14. | S. VÍGH Judit, DOHÁNY Máté  | Magános közlekedők baleseti súlyosságának csökkentése mobil applikáció segítségével   |
| 15. | DR. BALIKÓ Sándor, DR. CSÚRÓK Tibor, NOVÁK Dániel, ORBÁN Tibor, DR. ZSEBIK Albin    | Ötletlapok I. – Energiahatékonyság növelő ötletek egyszerű energetikai és gazdasági számításai  |
| 16. | DARABOS Zoltán, KOLTAI Henrik, SZABÓ Tamás, SZÁSZ Béla, VAJDA Sándor                | Felvonók felújítása és átalakítása – Műszaki segédlet   |
| 17. | TÜDŐS Tibor, KRUPPA Attila  | Alapozásföldelők új tervezési elvei és kivitelezési módszerei – Tervezési segédlet és kivitelezési útmutató   |
| 18. | FENYVESI Zsolt  | Tűzvédelmi tervek tartalmi szabályainak átdolgozása   |

19.	GÁBORI László Dr., BEINSCHRÓTH József Dr., NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás	Nagyméretű informatikai beruházásoknál (fejlesztéseknél) ajánlott szoftveroldali tervdokumentációk tartalmi elemeinek meghatározása (I. – II. kötet)
20.	DR. DIVÓS Ferenc	Az élő fák stabilitása – mérnöki megközelítés – Élő fák, mint teherhordó faszerkezetek
21.	DR. KARÁCSONYI Zsolt	Faanyagok tartós szilárdsága
22.	BARNA Lajos Dr., ERDEI István, JASPER Andor Dr., TAKÁCS Gyula	Segédlet épületek csatorna-berendezéseinek tervezéséhez
23.	ANTÓK Péter István, FÜZÉR Ferenc, SÁRKÖZI András	Fényvezető kábelszakaszok műszaki-minőségi ajánlás gyűjteménye
24.	JANCSÓ Béla, DR. KULCSÁR Alexandra, NÉMETH Gábor, DR. VÍMI Zoltán, DÉRI Lajos, SZIMANDEL Dezső	Vízjogi engedélyezési eljárással kapcsolatos dokumentációk és engedélyeztetéssel kapcsolatos követelmények a 2018.01.01-én hatályba lépett 41/2017. (XII.29.) BM rendelet alapján
25.	DR. TAKÁCS Bence, DR. SIKI Zoltán, DR. ÉGETŐ Csaba, BÉNYI László	Mérnökegeodéziában alkalmazott alapponthálózatok – A jó gyakorlat bemutatása mintapéldákkal
26.	DR. MÓCZÁR Balázs, LAUFER Imre, TÓTH Gergő, WOLF Ákos	Korszerű támszerkezetek tervezése
27.	HALÁSZ Györgyné Dr., CSERVENYÁK Gábor, TUCZAI Attila, VIRÁG Zoltán	Különböző funkciójú épületek klímatechnikája II.
28.	KÁDI Ottó, JÓZSA Bálint	Kerékpáros balesetek létesítmények szerinti vizsgálata
29.	GARBAI László Dr., JASPER Andor Dr., PELLER József Bendegúz	Hőteljesítményátviteli tényező alkalmazása távhőrendszerek optimális szabályozásának modelljében
30.	GARBAI László Dr., SÁNTA Róber Dr., JASPER Andor Dr.	A kompresszoros hőszivattyúk optimalizálása – Tervezés és üzemeltetés
31.	LADÁNYI Gábor Dr.	Diagnosztika a karbantartásban
32.	MÉSZÁROS János, MOLNÁR Tibor, RITZL András	KIÜRÍTÉSI ÉS MENEKÜLÉSI ÚTVONALBA ÉPÍTETT AJTÓK tervezési segédlet (2018)
<b>2019.</b>		
33.	BLAZSOVSZKY László	Földgáz elosztóvezetékek üzemeltetése
34.	DR. SZILÁGYI Zsombor	A megújuló energiahordozók jövője Magyarországon
35.	FORGÁCS Lajos Dr., HAIDEGGER Tamás Dr., PÓLYA Endre ifj.	Új fejlesztések, innovatív megoldások az orvostechnológia terén
36.	VARRÓ Beáta, DR. KIS András	Magyarországon előforduló, épületekbe beépített faanyagokat károsító gombák vizsgálata és azonosítása DNS diagnosztikával
37.	MANNINGER Marcell, SZEPESHÁZI Attila, SCHEURING Ferenc, MOLNÁR György	Munkatér határoló szerkezetek
38.	KORSÓS András, RÁDULY Zsolt	A közterületi és belterületi térfigyelő kamerarendszerek tervezési irányelvei
39.	GERGELY Edit, DR. BEZEGH András	Módszertani útmutató az üvegházhatású gázok közvetlen és közvetett kibocsátásának számítására

- |     |   |   |
|-----|---|---|
| 40. | DR. BEZEGH András, BITE Pálné Dr.,<br>GERGELY Edit  | Városi környezetvédelem (Fenntartható és okos városok)  |
| 41. | GÓDOR Balázs, DR. KÁSA László,<br>SZÉKELY Bence   | Híddaruk méretezési segédlete (2019.)   |
| 42. | FÜRJES Andor Tamás, KOTSCHY<br>András, NAGY Attila Balázs, CSOTT<br>Róbert                      | Teremakusztikai méretezés gyakran előforduló<br>szituációkban   |
| 43. | DR. KARÁCSONYI Zsolt  | Faanyagok tartós szilárdsága<br>Faanyagok szilárdságának változása az idő függvényében  |
| 44. | DR. BALIKÓ Sándor, ORBÁN Tibor,<br>VARGA Péter, DR. ZSEBIK Albin                                | Ötletlapok II. – Energiahatékonyság növelő ötletek<br>egyszerű energetikai és gazdasági számításai  |
| 45. | PRIMUSZ Péter, PhD.   | Hajlékony útpályaszerkezetek méretezése<br>talajstabilizációk figyelembevételével   |
| 46. | NÉMETH Balázs, HÁMORI Sándor,<br>KOSTYÁK Attila, VÍGH Gellért                                   | Különböző funkciójú épületek klimatechnikája III.<br>Segédlet ipari épületek lég- és klimatechnikai<br>rendszereinek tervezése  |
| 47. | JANCSÓ Béla, KAVECZKI Gergely,<br>KÓCZÁN Gábor, LABORCZI Tamás,<br>KNOLMÁR Marcell, RAUM László | Csapadékvízgazdálkodás tervezési követelményei<br>Hogyan tervezzünk városi csapadékelvezető<br>rendszereket   |
| 48. | DOHÁNY Máté, SCHVANNER<br>Norbert   | Kerékpárosok sebességének felülvizsgálata jelzőlámpás<br>csomópontokban   |
| 49. | JÓZSA Bálint, S. VÍGH Judit   | Sebességcsökkentés hatásainak vizsgálata gyorsforgalmi<br>utakon  |
| 50. | DR. ZSEBIK Albin, NOVÁK Dániel  | Projektlapok I. – Energiahatékonyság növelő javaslatok<br>projektlapjai   |
| 51. | DR. MÓGA István   | Beruházási projektek szabályozási és szabvány<br>környezete, Tervezési követelmények meghatározása  |
| 52. | DR. GÁBORI László, DR.<br>BEINSCHRÓTH József, NÓGRÁDI<br>Gábor, RÁTKAY Tamás                    | Informatikai Tervező szakmai minősítő rendszere<br>(Informatikai szakmai terület illesztése a Mérnök<br>Kamarai működési rendbe és rendszerekbe)<br>I. kötet: Konceptió és modell<br>II. kötet: Modell illesztése<br>III. kötet: Tudástár |
| 53. | VIRÁG Zoltán, GYURKOVICS Zoltán,<br>SZAKÁL Szilárd, VIRÁG Zsolt, ORCSI<br>Attila                | Országos Tűzvédelmi Szabályzat épületgépész<br>értelmezése a szakmai gyakorlatban<br>Segédlet a gyakorló épületgépész mérnökök számára I.   |

#### 2020.

- |     |                               |  |
|-----|-------------------------------|--|
| 54. | DR. KISS Jenő, CSERMELY Gábor | JAVASLAT az egyszerű bejelentésű lakóépület<br>megvalósításának – tervezés építés – módszerére |
|-----|-------------------------------|--|

- |     |   |   |
|-----|---|---|
| 55. | DR. SZILÁGYI Zsombor  | A hidrogén a környezetbarát energiahordozó, Hidrogén az energetikában   |
| 56. | VARGA Tamás, DR. SZEDENIK Norbert, DR. KOVÁCS Károly, KRUPPA Attila, KULCSÁR Lajos, KAPITOR György, TURI Ádám | A nem norma szerinti villámvédelem egységes műszaki követelményrendszerének kialakítása és javaslat a teljes villámvédelmi szabályrendszer jövőbeli egységesítésére |
| 57. | KÁDI Ottó   | A gyalogosközlekedés közúti keresztezései   |
| 58. | MOLNÁR Szabolcs   | „Hulladékból konnektorba” A települési szilárd hulladék energetikai hasznosításának lehetőségei   |
| 59. | VÁRDAI Attila   | Segédlet szabadidős létesítmények tartószerkezeti tervezéséhez  |
| 60. | DR. BEJÓ László   | Szénlábnyom-elemzés készítése a faiparban   |
| 61. | JANCSÓ Béla, NÉMETH Gábor, SZIMANDEL Dezső  | Szakmai útmutató vízellátási-művelési tervezők számára a 2020 január 1-én hatályba lépett „VIZEK keretrendszer” használatához                                       |
| 62. | FELLEGI Zsóka, KARAFI Balázs, KOCH Edina, KOVÁCS Gábor, MURINKÓ Gergő, TÓTH Gergely József                    | Munkagödörök és földművek víztelenítése   |
| 63. | HOLÉCZY Ernő, OLÁH Róbert, DR. SIKI Zoltán, DR. TAKÁCS Bence, DR. TÓTH Zoltán, VARGA Tibor                    | Módszertani útmutató az elavult ingatlan-nyilvántartási térképek korszerű technológiákkal végzett felújításához   |
| 64. | DR. GÁBORI László, DR. MOLNÁR Bálint, NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás   | Az Informatikai Tervező tervezési segédlete   |
| 65. | NÁDASDY Tamás, TOMASCHEK Tamás, PALÁSTY István, SZECSŐ Dániel Géza  | Dinamikus forgalomirányítás tervezői segédlete gyorsforgalmi úthálózat esetén   |
| 66. | LENGYEL István  | Szakmai útmutató szolgalmi jogok alapításához (mérnöki segédlet)  |
| 67. | NÉMETH Balázs, SZLOVÁK Krisztián, VÍGH Gellért  | Épületgépészeti tervezéshez praktikus, gyakorlati adatbázis   |
| 68. | FÜRJES Andor Tamás, BORSINÉ Arató Éva, NAGY Attila Balázs, ILLYÉS László, BORSI Gergely                       | Teremakusztikai méretezés gyakran előforduló szituációkban (példatár)   |
| 69. | DR. BORBÁS Lajos, GONDA Zoltán  | Optikai feszültségvizsgálat – Kísérleti eljárás a konstrukció fejlesztésére, szerkezetek anyagfelhasználásának és teherviselésének optimalizálására                 |

## 2021.

- |     |   |   |
|-----|---|---|
| 70. | BLAZSOVSZKY László  | A gázipar és a kéményseprő-ipar határterületeinek szabályozási anomáliái a szakmagyakorlók és a felhasználók szemszögéből |
| 71. | FORGÁCS Lajos Dr., NAGY Gábor, RÉV Zoltán   | Kórháztervezés új szempontjai a 21. században - Korszerű kórházak infrastrukturális egységei                              |
| 72. | HOLÉCZY Ernő, KISS Albert Miklós, KOVÁCS István, Dr. TAKÁCS Bence Géza, Dr. TÓTH Zoltán | M.2.-2021. Mérnökgeodéziai tervezési segédlet   |
| 73. | Dr. BEJÓ László   | Az ipar 4.0 alkalmazási lehetőségei a faipar területén  |

- |     |   |  |
|-----|---|--|
| 74. | BORBÉLY Dániel, HUDACSEK Péter, KARNER Balázs, KOVÁCS László, SÁNDOR Csaba  | Monitoring, a geotechnikai kockázatkezelés eszköze   |
| 75. | FELFÖLDI Krisztina, JÁMBOR András, TÓTH Sándor, BÜKI Gábor, GÓDOR Balázs  | Emelőgépek időszakos vizsgálatának eljárásrendje   |
| 76. | GYURKOVICS Zoltán, RÉBAY Lajos, NAGY Bernát   | Szakmai útmutató az épületgépész felelős műszaki vezetők és műszaki ellenőrök számára  |
| 77. | Dr. ZSEBIK Albin, NOVÁK Dániel, PAPP Ábrahám  | Hulladékhő hasznosítás - hűtés és fűtés összekapcsolása<br>Segédlet az elemzéshez és gyakorlati példák bemutatása  |
| 78. | CZINE Ferenc, HIRKÓ György  | Elektromos meghajtású mikromobilitási eszközök -<br>Jellemző paraméterek   |
| 79. | KALMÁR Tamás, dr. LÁNYI Péter, HÓZ Erzsébet   | Kerékpárút hálózatok vizsgálata a fejlesztések és<br>úthasználók tapasztalatai alapján   |
| 80. | VARGA Tamás, FARKAS Péter János, Dr. TOKODY Dániel, ZSARNOVSZKI Attila, MÉSZÁROS Tamás, VERESS Árpád  | Építményvillamossági tervezés robbanásveszélyes<br>környezetben  |
| 81. | Dr. VONA Márton, Dr. BALATONYI László, TÉCSŐY István  | Dombvidéki víz visszatartás, kisvízfolyások szabályozása<br>természet közeli megoldásokkal<br>Kisléptékű vízvisszatartás, kistelepülés-léptékű<br>vízmegtartó megoldások |
| 82. | ZANATHY Valéria, BUZÁS Györgyi, TÓTH László   | Acélszerkezetek korrózió elleni védelme –<br>Acélszerkezetek korrózió elleni védelmére vonatkozó<br>szabványok, előírások, szakami tapasztalatok<br>összefoglalása       |
| 83. | JÓZSA Bálint, DOHÁNY Máté   | DDI avagy a fordított gyémánt csomópontok vizsgálata és<br>magyarországi alkalmazhatósága  |
| 84. | SZÉPSZÓ Gabriella, ALLAGA-ZSEBEHÁZI Gabriella, LAKATOS Mónika, SZENTES Olivér, TAKSZ Lilla, SELMECZI János Pál, Dr. CZIRA Tamás, CSÓKA Gergely, BAKA György | Éghajlatvédelmi vizsgálatok módszertana és az azt<br>megalapozó adatbázisok alkalmazása  |
| 85. | ZSIGMONDI András, MARIÁN Gábor, WÉBER László  | A műszaki egyenértékűség és helyettesítő termék<br>egyenértékűségének megállapítási módjai   |
| 86. | NAGY János, HORVÁTH Rita, KAPITOR György, MERTLI Ferenc, PAPP Ábrahám, SITKU György, Dr. ZSEBIK Albin   | Világítástechnika - segédlet az EKR dokumentáció<br>készítéséhez – Alapismeretek és mintapéldák  |
| 87. | CSENDES János, VELLER Tamás   | Épületautomatika – Összefüggésben az<br>Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszerrel   |