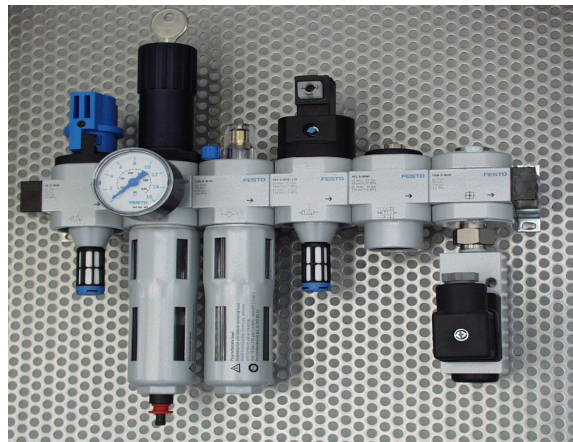


Budapesti Corvinus Egyetem
Gazdálkodástudományi Kar
Vállalatgazdaságtan Intézet
Logisztika és Ellátási Lánc Menedzsment Tanszék

KARCSÚSÍTOTT TERMELÉS A GYAKORLATBAN - A **FESTO** KANBAN-RENDSZERE



Készítette: Varga László

Gazdálkodási szak

Logisztika és ellátási lánc szakirány

2006

Szakszeminárium-vezető: Jenei István

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS.....	3
1.1. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	4
2. A KARCSÚSÍTOTT TERMELÉSI RENDSZEREK JELLEMZŐI.....	5
2.1. MIÉRT KARCSÚSÍTSUNK?	5
2.2. KARCSÚSÍTOTT TERMELÉS VS. JUST IN TIME	6
2.3. A LEAN GONDOLKODÁSMÓD.....	7
2.3.1. Alapvető fogalmak összevetése	8
2.4. MINDEN JÓNAK ELRONTÓJA - A PAZARLÁS	10
2.5. A KANBAN-RENDSZER.....	13
2.5.1. A kanban-rendszerek működése	13
2.5.2. Az E-kanban-rendszer	15
2.5.3. Kanban-számítás	16
3. A FESTO PRODUCTION SYSTEM.....	19
3.1. A FESTO A VILÁGBAN ÉS MAGYARORSZÁGON	19
3.1.1. A FESTO mint multinacionális vállalat	19
3.1.1.1. A FESTO rövid története.....	19
3.1.1.2. A FESTO globális hálózata	19
3.1.2. A FESTO termékei és piaci helyzete Magyarországon	21
3.1.3. A FESTO-AM	21
3.2. AZ FESTO PRODUCTION SYSTEM ALAPJAI.....	24
3.2.1. Az FPS működésének háttere – az AX-elemzés	24
3.2.2. Az FPS működése	26
3.2.3. Az FPS bevezetése és az FPS pillérei.....	29
3.3. A FESTO KANBAN-RENDSZERE.....	32
3.3.1. Általános jellemzők	32
3.3.1.1. A kanban-rendszer alapfogalmai és ezek összefüggései.....	33
3.3.1.2. A kanban-kártyák tartalma.....	35
3.3.1.3. A kanban-rendszer működése, a termelés összhangja	36
3.3.1.3.1. Kanban-rendszer a szerelde vonatkozásában	37
3.3.1.3.2. Kanban-rendszer az alkatrészgyártó vonatkozásában, a termelés összhangja.....	39
3.3.1.4. Fixet vagy egyutasat?	41
3.3.2. A KLR szerelősor optimalizálása	42
3.3.2.1. A szereldei termelésellátó terület felülvizsgálata és fejlesztése.....	43
3.3.2.2. Kapcsolat az alkatrészgyártóval.....	49
3.4. A KANBAN-RENDSZER DEFECTUSAI ÉS FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEI	49
4. ÖSSZEFOGLALÁS	52
5. MELLÉKLETEK.....	53
1. MELLÉKLET	53
1.A. melléklet: AX-elemzés az F-AM alkatrészeire.....	53
1.B. melléklet: A szerelde alaprajza	55
1.C melléklet: KVP nyomtatvány.....	56
2. MELLÉKLET: SZÓTÁR, RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE	57
3. MELLÉKLET: TÁBLÁZATJEGYZÉK	58
4. MELLÉKLET: ÁBRAJEGYZÉK	59
6. IRODALOMJEGYZÉK	60

1. BEVEZETÉS

Diplomámat a Festo AM Pneumatika Gyártó Kft.-nél¹ írtam három hónapos szakmai gyakorlat keretében.

A Festo termelési igazgatójával, Újvári Ferencsel még az MLBKT siófoki kongresszusán vettem fel a kapcsolatot, és pár héttel később fogadni is tudott budapesti gyárukban. A néhány órás látogatás alkalmával megállapodtunk abban, hogy februártól három hónapos szakmai gyakorlatot kezdek a FESTO-nál diplomairás céljából. Témaként a FESTO termelési rendszerének, az FPS-nek az általános bemutatásában állapodtunk meg, ezen belül pedig érdeklődésemnek megfelelően kanban-rendszerükre összpontosítottam. Újvári Ferenc vállalta, hogy külső, vállalati konzulensem lesz.

Rövid, 3 hónapos gyakorlatom során a legtöbb időt a FESTO termelési rendszerének minél részletesebb megismerésével, a mindenki által használt SAP-tranzakciókban történő kiigazodással, a kanban-rendszer fejlesztésével, valamint a szerelde és az alkatrészyártó közötti összhang növelésének lehetőségével töltöttem. Főbb gyakornoki feladataim közé tartozott a KLR szerelősor optimalizálása és annak a kiderítése, hogy az egyutas kanban-kártyák miért sokszorozódnak meg, amely által szükségtelenül nagy készletek halmozódtak fel.

A szakdolgozat írása során megpróbáltam megtalálni az arany középutat az egyetemen elsajátított szaknyelv és szóhasználat, valamint a FESTO-nál kialakult szakzsargon között, és – lehetőségeimhez mérten – arra törekedtem, hogy mindenki számára maximálisan világosan fogalmazzak. A pontos fogalmazás mellett az érthetőség további növekedését próbáltam elősegíteni az illusztráló ábrák és táblázatok beillesztésével. Szakdolgozatomban egy elméleti témát, az AX-elemzés ismertetését kénytelen vagyok a gyakorlati rész kifejtése során érinteni, azon oknál fogva, hogy az csak erőltetve vagy egyáltalán nem lenne bekapcsolható az elméleti fejezet logikájába.

A szakdolgozat első nagyobb lélegzetű, az elméleti háttérrel tartalmazó részében bemutatom a karcsúsított termelési rendszerek legfőbb jellegzetességeit, aminek keretein belül elsősorban a kanban rendszerre koncentrálok. A szakirodalomban egymás mellett használnak – olykor hasonló, olykor különböző tartalommal – két fogalmat: a „karcsúsított termelés”-t, „karcsúsított termelési rendszer”-t, és a „just in time”-ot. A második alfejezetben ezek kialakulásáról, és lehetséges viszonyokról, értelmezési lehetőségeikről írok. Ezt követi a karcsúsított termelés alapelveinek, a mindennemű pazarlás megszüntetésének a kifejtése. Diplomamunkám elméleti részében is több oldalon keresztül foglalkozok a kanban-rendszerrel: az általános jellemzők bemutatása után kialakításának, alkalmazhatóságának feltételeit sorolom fel; majd a technológiailag legfejlettebb formáját, az elektronikus kanban-rendszert vagy röviden E-kanban-rendszert ismertetem.

A szakdolgozat 3. fejezetében taglalom a FESTO termelési rendszerét és fejtem ki szakmai gyakorlatom tanulságait. Mindenekelőtt bemutatom a német anyavállalat és a magyar gyár történetét, a FESTO termékeit, a multinacionális cég globális hálózatát. A 3.2 fejezetben térek rá az FPS ismertetésére. Ebben a fejezetben a FESTO mindennapi tevékenységének egyik legfontosabb háttérül szolgáló módszert, az AX-elemzést mutatom be. Ezt követi a FESTO-AM termelési rendszerének, az anyavállalat által kialakított globális hálózatba történő kapcsolódásnak a részletes ismertetése. A szakaszt a németek által kidolgozott, és a budapesti kompetenciaközpontban is bevezetett FPS alapelveinek és hét pillérének az ecsetelésével fejezem be.

¹ Címe: 1037 Budapest, Csillaghegyi út 37.

Ezután térek rá a FESTO kanban-rendszerének alapos taglalására: bemutatom a FESTO kanban-rendszerének általános jellemzőit, felépítését és működését. A 3.3.2. fejezetben a gyakornoki munkám során elvégzett KLR szerelősor optimalizálásának folyamatát vázolom fel. A szakdolgozat végén összefoglalom a kanban-rendszer általam észlelt hibáit, és kiküszöbölésükre megpróbálok javaslatokat megfogalmazni, valamint vázolom a FESTO-AM kanban-rendszerének lehetséges jövőbeli fejlesztési, fejlődési irányait.

1.1. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezen a ponton szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik nélkül szakdolgozatom nem készülhetett volna el: Jenei Istvánnak - egyetemi konzulensemnek és szakszeminárium-vezetőmnek, aki felkeltette érdeklődésemet a karcsúsított termelés iránt; valamint Újvári Ferencnek – külső konzulensemnek, a FESTO termelési igazgatójának, aki lehetőséget nyújtott számomra, hogy ne kizárólag tankönyvekből ismerkedhessek meg egy karcsú termelési rendszerrel, és számos, diplomamunkám elkészítéséhez nélkülözhetetlen információval ellátott. Külön is köszönöm a sok türelmet és segítséget Gyurkovics Csabának, a kanban-rendszer felelősének, aki a valós problémákra történő fókuszálásban nyújtott segítséget; Popovics Rolandnak, akitől – többek között - a KLR szerelősor elemzésének ötlete származik; valamint Gelencsér Györgynek. Továbbá szeretnék köszönetet mondani a Termelési Logisztika osztály (TEL) munkatársainak, Fövényi Györgyinek és Rajnáné Magyar Magdinak, akikkel nap mint nap meg tudtam beszélni felmerült kérdéseimet. Köszönettel tartozom továbbá a FESTO minden munkatársának, akik türelme és segítőkészsége nagyban hozzájárult ahhoz, hogy szakdolgozatomat el tudtam készíteni.

Szakdolgozatom a Festo AM kérésére titkosításra került, ezért külön felhívnam a figyelmet, hogy diplomamunkám bármely részének bármilyen formában történő másolása, sokszorosítása vagy publikálása csak a FESTO-AM írásos engedélyével lehetséges.

2. A KARCSÚSÍTOTT TERMELÉSI RENDSZEREK JELLEMZŐI

Ebben a fejezetben bemutatom a karcsúsított termelési rendszerek legfontosabb jellemzőit. Az első alfejezetben azt próbálom érzékeltetni, minek köszönhető a karcsúsítás elterjedése, majd megpróbálom definiálni a karcsú termelést, és megkülönböztetni a just in time-tól.

Ismertetem a lean gondolkodásmód alapelveit, majd a just in time legfontosabb elemét, a pazarlások megszüntetését bontom ki: milyen következményekkel jár, ha mindennemű veszteséget el szeretnénk kerülni.

Az utolsó alfejezetben a kanban-rendszerek működését, főbb fajtáit, azok fejlődését, valamint a kanban-kártya-számítás módszereit mutatom be.

Az elméleti kifejtés során jelentős részben támaszkodom Chikán-Demeter [2003] fogalmaira, értelmezésére.

2.1. MIÉRT KARCSÚSÍTSUNK?

Ma már közhelynek számít, hogy felgyorsult világban élünk, ami az élet minden területén, a gazdaságban is tetten érhető. A vállalatok nem(csak) a jó minőséggel és a frappáns, egyedi ötletekkel érnek el versenyelőnyt, hanem az új termékek piacra dobásának sebességével és a vevői igények minél gyorsabb és pontosabb kielégítésével is. Ezt bizonyítják, hogy a termékek életciklusa az utóbbi években jelentősen megrövidült, illetve egyre több vállalat helyezi kommunikációs stratégiájában arra a hangsúlyt, hogy a világ bármely részére eljuttatja termékét akár pár napon belül. A vevő tökéletes minőséget vár el, és nem hajlandó várakozni; annyi termék van piacon, hogy amennyiben lassúak vagyunk, a potenciális vásárló egy versenytársunk termékét fogja preferálni. A gyorsaság felértékelődése révén vezették be az idő alapú verseny fogalmát (Cooper[1998]): ma már a vevők számára az idő értékben nyújtott többletszolgáltatások révén lehet versenyelőnyre szert tenni.

Az 1980-as évek közepétől kezdtek el arra figyelni az Egyesült Államokban, hogy egy pár évtizede még családi vállalkozás, a Toyota termelékenységben kétszer, minőségben pedig százszor jobb teljesítményt nyújt, mint az amerikai versenytársak, például a Ford. A világ minden részéről tudósok özönlöttek a Toyota japán – és később amerikai - gyáraiba, hogy felfedjék titkát. Spear-Bowen [2004] arra a következtetésre jutottak, hogy a Toyota tartós versenyelőnyének a forrása nem az a rengeteg sajátos, japán módszer, mint a kanban, a csoporttechnológia, a jidoka stb., ami által híressé vált a Toyota termelési rendszere, hanem a dinamizmusra épülő vállalati kultúra.

A Boston Consulting Group kutatásai eredményeképpen azt a következtetést vonta le, hogy az alábbi négy, meglehetősen sarkított „hüvelykujjszabály” van érvényben, amelyeket minden vállalatvezetőnek érdemes alaposan végiggondolni (idézi: Bicheno[1998]):

1. *0,05 - 5 szabály* – a legtöbb iparágban a munkával töltött időnek mindössze 0,05 – 5 %-a értékteremtő tevékenység
2. *3/3 szabály* – a legkevésbé értékteremtő tevékenységnek, a várakozási időnek 3 fajtája van, és mindegyik kb. 1/3-át teszi ki a teljes várakozási időnek:
 - a. Sorozatok elkészülésére való várakozás (gépekre),
 - b. Fizikai vagy szellemi megmunkálásra való várakozás (emberekre),
 - c. Vezetői döntésekre való várakozás, hogy a termék folytathassa útját a termelési rendszerben (pl. meghibásodás miatt).
3. *1/4-2-20 szabály* – amennyiben egy termék teljes előállítási idejét 1/4-ére csökkentjük, akkor a termelékenység 2-szeresére nő, és a költségek 20 %-kal csökkennek

4. *3 x 2 szabály* – azok a vállalatok, amelyek iparágukban a gyorsaságra helyezik a hangsúlyt, az iparági átlagnál háromszor nagyobb növekedési rátát érnek el és kétszer akkora profitrátával értékesítik termékeiket

Napjainkban is dinamikusan nő azon vállalatok száma, amelyek karcsúsított termelésre térnek át, de tudni kell, hogy a bevezetés után a karcsúsítás előnyeinek megnyilvánulásai olykor jó pár évet váratnak magukra. Magyarországon karcsúsításban élen járó vállalatok – amelyek már több éves tapasztalattal rendelkeznek – például a FESTO, a General Electric, a Bosch és természetesen a Suzuki.

A karcsúsított termelési rendszerek sikerein felbuzdulva annak fő gondolatait és egyes elemeit a szolgáltató vállalatok is megpróbálták átvenni, a Jefferson Pilot Financial biztosítótársaság esete (Swank[2004]) azt mutatja, hogy akár már rövid távon komoly javulásokat lehet elérni. A Budapesti Corvinus Egyetemen jelenleg is folynak kutatások a karcsúsított termelés módszereinek a szolgáltatási szektorban történő alkalmazhatóságáról.

2.2. KARCSÚSÍTOTT TERMELÉS VS. JUST IN TIME

Ebben a fejezetben a karcsúsított termelés és a just in time kapcsolatát, kapcsolódási pontjait szeretném megragadni és az olvasott szakirodalmi források alapján egységes, logikus definíciót kreálni mindkettőre. Úgy gondolom, hogy nehéz helyzetben vagyok, mert különböző cikkek, könyvek olykor teljesen másként értelmezik a fenti kifejezéseket.

A két fogalom viszonya alapján a publikációk, szakkönyvek az alábbi csoportba sorolhatóak (zárójelben néhány példa):

- A JIT-ot egész vállalatot átható filozófiaként értelmezi (Chikán-Demeter [2003], Tankó [2001], Schniederjans [1993])
Tanulmányaim során a just in time fogalmával találkoztam először: „a JIT egy működési filozófia, mely az értékelőállítási folyamat egyes elemeit rendszerbe kapcsolva kezeli. Célja a fogyasztói igények minél magasabb szintű kielégítése mindennemű pazarlás elkerülésével” (Chikán-Demeter [2003]).
A Toyota találmánya, a JIT bizonyítottan (Tankó [2001]) egy, „az egész vállalatot átható jelenség”, tehát jogos működési filozófiának nevezni. Az „éppen időben” elv a Toyota tudományos kísérleteinek eredménye, amely a termelésirányítási rendszert, annak tökéletesítését állítja a működés középpontjába. Fontosnak tartom megjegyezni, hogy Tankó szerint a TQM nem része a JIT-rendszernek, mivel értelmezésében a TQM maga is vállalatvezetési filozófia. Cikkében azt írja, hogy a két filozófia közötti különbséget a minőség eltérő értelmezése adja, de számos közös elemük van.
- Szinonimaként használják a két fogalmat (Schonberger [2002], Beutner-Junghanns [2006])
- A karcsúsítást tágabbnak értelmezik a JIT-nál (Womack-Jones [2003], Cue et al [2001], Hunter [2004], Shah-Ward [2003])
A következő bekezdéstől ezeket fogom elemezni.

Womack-Jones [2003] és Shah-Ward [2003] értelmezésében a karcsúsított termelés egy sokdimenziós megközelítés, amely olyan menedzsment eszközöket foglal magában, mint a JIT, a TQM, a TPM. Shah és Ward arra keresték a választ, hogy ezek együttes bevezetése milyen szinergikus hatásokkal jár a vállalati teljesítményre. Az ő definícióikat tartom a leginkább megfelelőnek.

„A *karcsúsított termelés* egy olyan menedzsmentfilozófia, amely a hét kiemelt veszteségforrás csökkentésére; a vállalatnak vevőihöz, alkalmazottaihoz, valamint a beszállítóhoz fűződő kapcsolatának tökéletesítésére fókuszál.”²

„A *just in time* olyan termelési módszerek összessége, melyek legfőbb célja a pazarlás minden formájának folyamatos csökkentése, és végül teljes megsemmisítése.”³

Cue et al [2001] is foglalkoztak definíciós kérdésekkel, és ők is a karcsúsított termelést tartják tágabbnak, amely magában foglalja a just-in-time-ot. Ezt arra alapozva jelentik ki, hogy szakirodalmi kutatásaik alapján csoportosították az egyes módszereket, technikákat aszerint, hogy a JIT, TQM és a TPM közül melyikbe lehet őket sorolni. Táblázatukat kombináltam Shah-Ward [2002] eredményeivel, így a karcsúsított termelés módszereinek egy lehetséges csoportosítását kaptam (1. táblázat). Az emberi erőforrás és stratégiaorientált technikákat mind a JIT, mind a TQM, mind a TPM technikák közé is el lehetne helyezni, ezt érzékelteti a táblázat.

1. táblázat: A KARCSÚSÍTOTT TERMELÉS TECHNIKÁI:

JIT technikák, módszerek	TQM technikák	TPM technikák, tevékenységek
Sorozatnagyság csökkentése Termelés kiegyenlítése Pull rendszer Csoporttechnológia Átfutási idő csökkentése Fókuszált gyár termelési rendszerek Rugalmas termelési stratégiák JIT beszállítói kapcsolatok Átállítási idő csökkentése Szűk keresztmetszet kezelése	Benchmarking Minőségmenedzsment Folyamatos javítások program	Megelőző karbantartás Karbantartás-optimalizálás Munkahelyi biztonság programok 5S
Emberi erőforrás és stratégiaorientált technikák		
Multifunkcionális teamek létrehozása Munkaerő keresztképzése Folyamatos visszacsatolás Stratégiai tervezés		

Forrás: Shah-Ward [2003] és Cue et al [2001] alapján

Megj.: a TPM a teljes megelőző karbantartás (ang.: Total Productive Maintenance)

2.3. A LEAN GONDOLKODÁSMÓD

A karcsúsítás elméletének neves szakértői, Womack és Jones [2003] szerint a *lean gondolkodásmód*⁴ (lean thinking) az alábbi 5 alapelvet foglalja magában:

1. Az értéket a vevő szempontjából kell megközelíteni

² Az alábbi definíció szabad fordítása: „Lean production philosophy focuses on avoiding seven cardinal wastes and on respecting customers, employees and suppliers.” (Shah-Ward [2003] Schonbergert idézi)

³ Az alábbi definíció szabad fordítása: „JIT is a manufacturing program with the primary goal of continuously reducing, and ultimately eliminating waste.” (Shah-Ward [2003] Sugimorit idézi)

⁴ Azért fordítottam a „lean thinking”-et „lean gondolkodásmód”-nak, mert nem találtam alkalmas rövid magyar kifejezést a teljes jelentéstartam kifejezésére, például a „karcsú gondolkodásmód” szerintem rosszul hangzik, ezzel szemben a „karcsúsított vállalat kialakítását megcélzó gondolkodásmód” már kimondhatatlanul hosszú.

Attól, hogy egy új termék a mérnöki tudományok csodája, nem biztos, hogy azt a vevő hasznosnak fogja találni. A marketing szempontokat a termelésben sem szabad szem előtt téveszteni: a vevő nem kiváló terméket akar, hanem „valamit”, ami kielégíti szükségleteit, és a vállalat terméke ennek csak eszköze. Persze az is döntés kérdése, kit tekintünk vevőnek: közvetlen vásárlónkat, vagy a végső fogyasztót?

2. Azonosítsuk az *értékfolyamot*

Fontos az értékfolyam és az értékteremtő folyamat⁵ fogalmi elhatárolása. Az értékfolyam azon folyamatok, tevékenységek sorozata, amelyeket a termék(ek) termelési rendszerben történő áramlása során elvégeznek. Ebben az értelmezésben például a termék szállítása nem értékteremtő tevékenység, de az értékfolyam része.

Magára az értékfolyam elemzésére (value stream mapping) is számos gyakorlati módszert fejlesztettek ki, melyek során megismerhetjük termelési rendszerünk erősségeit és gyengeségeit. Viszont ne felejtsük el, hogy manapság már nem vállalatok, hanem ellátási láncok versenyeznek egymással, ezért az értékfolyam elemzését érdemes a teljes ellátási láncra elvégezni.

3. Azonosítsuk az *értékáramot*⁶(value flow)

Értékáramnak nevezzük az értékteremtő folyamatok, tevékenységek összességét. Miután meghatároztuk az értékfolyamot, határozzuk meg abban az értékáramot. A termelési rendszer akkor tökéletes, ha a nem értékteremtő tevékenységeket az értékteremtő tevékenységekkel párhuzamosan lehet elvégezni, azaz egyetlen nem értékteremtő tevékenység miatt sem kell késnie az értékteremtő tevékenységeknek.

4. *Húzásos rendszert* építsünk ki

A vállalati tevékenységeket folyamatosan aszerint alakítsuk, ahogyan a vevői igényeket maximálisan ki tudjuk elégíteni. A készletre gyártás helyett át kell állni a rendelésre történő gyártásra.

5. Folyamatosan *tökéletesítsük* a termelési rendszert

A tökéletesítésnek minden területre ki kell terjednie, nemcsak a termék minőségének javítására, hanem a gyártási folyamatra, sőt az üzem minden szegletére. A folyamatos jobbítások (*kaizen*) képezik a karcsúsított termelés filozófia egyik alapelemét. A karcsúsított termelési rendszerben a fejlesztések napról napra, kis lépésekben történnek.

2.3.1. ALAPVETŐ FOGALMAK ÖSSZEVETÉSE

A diplomamunka-tervezet védésén elhangzott kérésnek megfelelően egy ábra segítségével próbálom meg a lehető legprecízebben érzékeltetni az eddig ismert fogalmak kapcsolódását, illetve azt, hogy azokat szakdolgozatom keretei között miként értelmezem.

Legyen $G(V,E)$ irányított gráf, ahol

- V: pontok⁷ halmaza – a vállalatnál végzett tevékenységek
- E: élek halmaza – a tevékenységek kapcsolódását mutatják, melyik tevékenység után melyik tevékenység következik

Miként az 1. ábra is mutatja, a vállalati tevékenységeket először két csoportba sorolhatjuk be: vagy részei az értékfolyamnak, vagy nem. Általános tendencia, hogy amennyiben egy tevékenység nem alkotja részét az értékfolyamnak ($B=\{b_1, \dots, b_m\}$), akkor

⁵ Értékteremtő folyamat definícióját lásd: 2.4. alfejezet első mondatában.

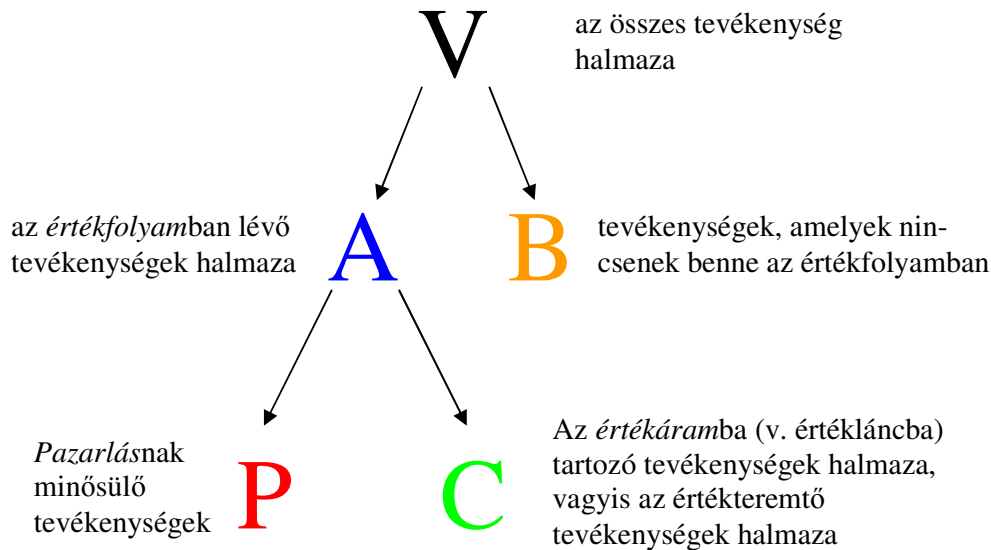
⁶ Chikán-Demeter fogalmi rendszerében az értékáram az *értéklánc*nak felel meg.

⁷ Technikai okok miatt a pontok helyett téglalapokat rajzolok.

kiszervezik, pl. a takarítást, viszont egyes tevékenységeket nem tudnak vagy nem akarnak teljes egészében külső vállalatra bízni, ilyen a könyvelés. Az alapvető képességekre, illetve a stratégiai fontosságú tevékenységekre való fókuszálás következtében a B halmaz minimálisra való csökkenése figyelhető meg.

Az értékfolyam részét alkotó tevékenységek ($A=\{a_1, \dots, a_n\}$) további két csoportra bonthatók: **pazarlások** és **értékteremtő tevékenységek**. Az értékteremtő tevékenységek halmazát hívjuk értékáramnak vagy értékláncnak. Például a 2. ábrán lévő a₇-es tevékenység lehet a félkész termékek szállítása.

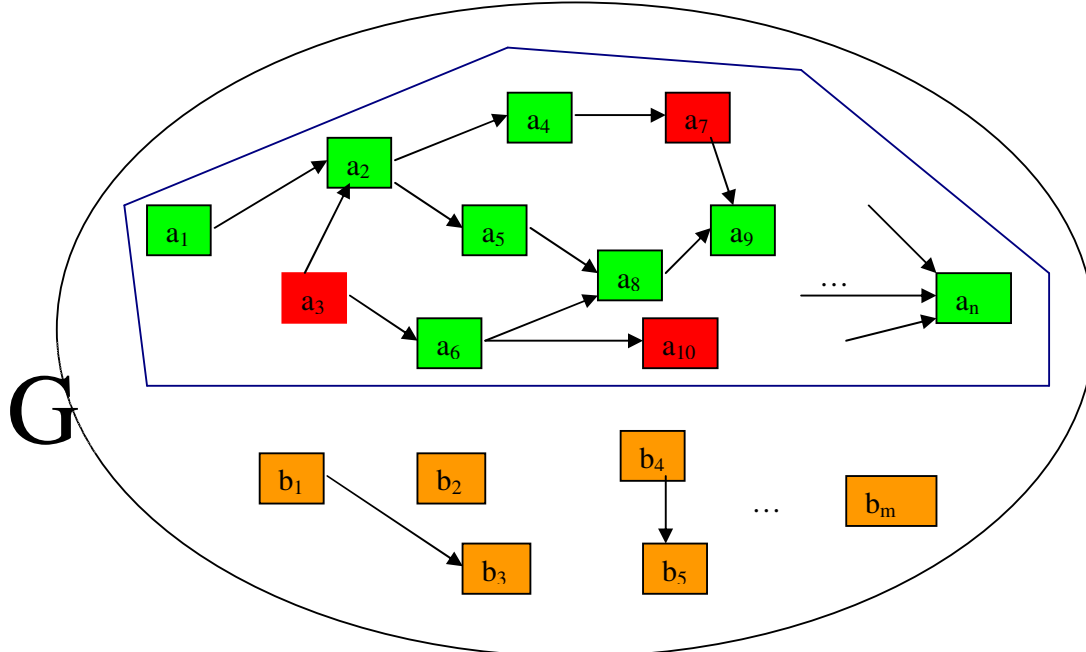
1. ábra: A VÁLLALATI TEVÉKENYSÉGEK CSOPORTOSÍTÁSA



Forrás: saját

A következő ábra a fenti fogalmakat szemlélteti grafikus formában.

2. ábra: FOGALMAK ÖSSZEVETÉSE



Forrás: saját

2.4. MINDEN JÓNAK ELRONTÓJA – A PAZARLÁS

Chikán-Demeter [2003] általános értelmezésében az értékteremtő folyamatok „erőforrások beszerzése, kezelése és felhasználása abból a célból, hogy a fogyasztó számára értéket állítsunk elő.” A fogyasztó számára az adott termék különböző „nagyságú” használati, idő, hely és tulajdonosi értékekkel bírhat. A vállalat feladata tehát olyan termékek előállítás, amelyek a potenciális vevők számára minél nagyobb összértékkel bírnak. Ezt szem előtt tartva a vállalati tevékenységeket három csoportba sorolhatjuk:

1. értékteremtő tevékenységek → ezekre kell koncentrálni;
2. nem értékteremtő tevékenységek, azonban a jelenlegi technológiákkal és módszerekkel nem lehet őket kiiktatni;
3. szintiszta pazarlásnak, veszteségnek minősülő tevékenységek → megszüntetendők.

Taiichi Ohno, a Toyota termelési rendszerének (TPS) atyja a pazarlást negatívan definiálja: **„minden nem értékteremtő tevékenység pazarlás”**. Ezen rendkívül széles értelmezés által a pazarlás kiiktatása fontos vezérlő elvévé válik a karcsú termelés filozófiának, mert azonnal meghatározza, hogy mely területeken kell a vállalatnak jelentős eredményeket felmutatnia.

A következőkben a pazarlás különböző megnyilvánulási formáit mutatom be, azt illusztrálva, hogy a pazarlás definíciójából, valamint abból, hogy a „vesztés rossz”, a karcsúsított rendszernek minden ismert jellemzője következik. Például ha végiggondoljuk a value stream mapping módszert, látható, az teljesen összhangban van a definícióval, tulajdonképpen annak következményeként alakulhatott ki: a definíció szerint a nem értékteremtő tevékenységek veszteségek. Node akkor ezeket szüntessük meg, ám kiiktatásukhoz meg kell ismerni őket, ennek az eszköze a value stream mapping.

A pazarlásnak számos formáját lehet megkülönböztetni, amiket a japánok összefoglaló néven *mudának* neveznek⁸: (Schniederjans [1993] alapján)

1. Többlettermelés

Szinte minden forrás, amellyel találkoztam, ezt a pazarlási formát tartotta a legveszélyesebbnek. A többlettermelés két formában jelenhet meg: túl sok késztermék van raktáron (esetleg az üzemben) vagy túl sok az alkatrész, a félkész termék az üzemben.

A gyáron belüli többlettermelés legtermészetesebb oka, hogy egyik dolgozó vagy gyáregység sem akarja, hogy éppen rá várjanak, ezért bebiztosítja magát egy kevéske félkész termékkel, nem is sejtve, hogy pontosan így követi el a legnagyobb hibát. Tettének az a legfontosabb negatív következménye, hogy megnő a termelésközi készletek mennyisége, ami feleslegesen csak a helyet foglalja; továbbá a korábbi munkafázisban elkövetett hibákat egyáltalán nem, vagy csak jóval később veszik észre.

A kényszer elmélet szerint (theory of constraints - Schonberger [2002]) az előbb vázolt probléma nem a dolgozó hibája, hanem a termelési rendszeré: a leglassabb termelési tevékenység rákényszeríti lassú ütemét a teljes rendszerre, és a nála gyorsabb – nem szűk keresztmetszeti – tevékenységben dolgozók is késleltetni fogják az utánuk következő fázist, mert kiestek a lendületből. Ennek kiküszöbölésére is alkalmas a termelés kiegyensúlyozása, de sokkal hatásosabb, ha a problémát a gyökerénél kezeljük: úgy kell átszervezni a termelést, hogy minden munkafázisnál közel azonos legyen a megmunkálási idő. Emellett ösztönözni kell a termelősor mentén dolgozók között a csapatmunkát.

2. Várakozás – külső és belső várakozás

A várakozásnak két formáját érdemes megkülönböztetni: a belső vállalati folyamatok, tevékenységek, az alkalmazottak várakozását, valamint a vevő várakozását.

Mindig pazarlásnak minősül, ha egy termék nem mozog a gyárban⁹, illetve egy erőforrást (pl. munkaerő) éppen nem használnak. Természetesen ezen a területen se lehet optimumra törekedni – mint ahogyan a közgazdaságtan számos területén –, csak kielégítő megoldást lehet találni a várakozási idők minimalizálása érdekében.

A vállalat számára a vevő várakozásának megszüntetése a legégetőbb feladat, amit az aktuálisan szűk keresztmetszet(ek) megszüntetésével lehet orvosolni. Ilyen esetekben természetesen új szűk keresztmetszet(ek) keletkeznek.

3. Szállítás

A vásárlók nem fizetnek azért, hogy az alkatrészeket, félkész termékeket a gyárban szállítgassuk, hanem hogy azokból igényeiknek megfelelő termékeket állítsunk elő. A szállítási idő és távolság minimalizálásával elméletben és gyakorlatban egyaránt sokat foglalkoztak, így született meg a JIT létesítmény-elhelyezés és –berendezés.

A JIT létesítmény létesítmény-elhelyezés fő gondolata, hogy minél közelebb legyenek a beszállítók, ami más előnyökkel is jár: könnyebbé válik a kommunikáció, csökkenhetnek a beszerzési árak.

A JIT létesítmény-berendezés lényege, hogy az egymást követő munkafázisok minél közelebb legyenek egymáshoz, és a rendszer a teljes gyártósort tekintve is könnyen áttekinthető legyen.

⁸ Ezek közül az első hetet eredetileg maga Ohno nevezte így.

⁹ Persze attól is pazarlásnak tekinthető egy tevékenység, ha közben a félkész termék, anyag mozog – ilyen például a szállítás (3-as pont).

4. Folyamatok

Nem mindegy, egy tevékenységet hogyan hajtunk végre. A munkafolyamatokat is érdemes megvizsgálni, hátha egyszerűbbé, olcsóbbá tudjuk azokat tenni.

A karcsúsított termelés filozófiája szerint optimális esetben minden termelőgép olyan kapacitással rendelkezik, amilyen kereslet az általa kibocsátott javak iránt megnyilvánul. Vegyük észre, hogy ez szemben áll a várakozás minimalizálásával, amely szempontból nem a kapacitás-kihasználás a fontos, hanem az, hogy a következő tevékenységek akadása nélkül kövessék egymást.

5. Készletek

A készletek számos veszteséget okoznak a vállalatnak: növelik a termékek átfutási idejét, ami negatívan hat a termelékenységre; helyet foglalnak el az üzemben, megnehezítve a közlekedést és csökkentik a gyárterület átláthatóságát; tőkét kötnek le. Egy karcsúsított termelési rendszer egyik fő jellemzője épp az, hogy az üzemben az ember nem ütközik lépten-nyomon készletekbe. (Jenei [2001])

A hagyományos megközelítés szerint a készleteket azért kell tartani, hogy a termelésben meglévő egyenlőtlenségeket kiküszöböljük, és folyamatos áramlást biztosítsunk a gyárban. Az előbb felsorolt hibákat, veszteségeket már régóta ismerik, de a lean filozófia a folyamatosan nagy készletállomány negatív következményeit egy másik aspektusból is megközelíti: a nagy készletek hibás anyagokat, félkész termékeket tartalmaz(hat)nak, és a hibákat csak jóval később észlelik, mint amikor megszületnek. Sőt, ha sok a készlet, akkor a dolgozók kiválogathatják azokat az alkatrészeket, amelyek minőségi szempontból kifogástalanok, nem is foglalkoznak a selejtességekkel. A nagy készletek így nem ösztönözik a hibák minél gyorsabb feltárására és kiküszöbölésére, azaz a folyamatok tökéletesítésére.

6. Mozdulatok

Egyáltalán nem mindegy, hogy az alkalmazott mit csinál munka közben. Amennyiben több órája azzal megy el, hogy a munkahelyen rendet rak vagy takarít, nem járul hozzá közvetlenül a termék előállításához, ezért az efféle tevékenységeket is meg kell szüntetni, mindenestre minimalizálni kell.

7. Hibák

A legtermészetesebb megállapítás: minden hibás részegység, termék *legkésőbb* hosszú távon pénzbe kerül a vállalatnak. A hibás részegységeket minél hamarabb ki kell javítani vagy amennyiben ez lehetetlen, le kell selejtezni, mert további munkafolyamatokat elvégezve rajtuk, még több veszteség éri a céget. Az a lehető legrosszabb eset, mikor a hibás termék kikerül a vállalatból, mert a vásárlót kártalanítani kell, továbbá a vállalat image-e is romolhat, ami hosszabb távon a kereslet mérséklődésével járhat.

A karcsúsított termelési rendszerekben gyakran vezetnek be teljes körű minőségellenőrzést (TQC), amely a hibák kijavítása helyett azok megelőzésére összpontosít.

8. Emberi tudás

Az amerikaiak a 90-es években abba a hibába estek, hogy túlautomatizálták a termelést, ami által termelési rendszereik statikussá váltak, nem tudtak elég gyorsan fejlődni. Ennek köszönhetően a Toyota, amely ezzel szemben az alkalmazottak felhatalmazását, felelősségük növelését választotta, termelékenységi mutatókban túlszárnyalta a kettős kontinensen lévő versenytársait.

Mindig az optimális állapotot kell keresni: csak az ember számára monoton, nehezen elvégezhető munkát szabad gépekkel kiváltani, mert különben a tevékenység folyamatos javításának lehetőségétől fosztjuk meg a vállalatot. Ebből a szempontból tekintve rövid távon akár még akkor is érdemes vállalni a kézi munkát, ha kevésbé hatékony, persze csak ésszerű kereteken belül.

Az emberi képességek, a humán tőke minél jobb kihasználása érdekében a vállalati kultúrán is változtatni kell. A japánok úgy fogják fel a vállalatot, mint családot, ők például reggel közös tornával kezdenek. A Toyotánál végzett kutatások is kimutatták, hogy a vállalat sikerének egyik forrása a vállalati kultúra.

2.5. A KANBAN-RENDSZER

„A *kanban-rendszer* a karcsúsított termelési rendszer egy lehetséges, a termelésirányítást és készletellenőrzést integráló alrendszere.” (Hunter [2004], módosítva) A definíció értelmes, mert nem minden karcsú termelési rendszerben működik kanban-rendszer, viszont kanban-rendszert csak lean vállalatokban lehet bevezetni.

2.5.1. A KANBAN-RENDSZEREK MŰKÖDÉSE

A kanban japán szó, a kan „látható”-t, a ban „jelzés”-t jelent. Az elnevezés onnan fakad, hogy a kanban-kártyák jelzést adnak termelési tevékenység megkezdésének vagy raktárban lévő kész- félkész termékek mozgatásának jóváhagyására. Hatásos eszközei a többlettermelés féken tartásának, mert a rendszer működésének egyik fő szabálya, hogy kanban-kártya nélkül nem lehet termelést elkezdeni.

A kártyák által engedélyezett műveletek szerint az alábbi fajtákat lehet megkülönböztetni:

1. Termelési kártya
Azt jelzi, hogy egy készleten lévő ugyanolyan termék termelése megkezdődhet. A kártyák számos információt tartalmaznak a termékről, annak előállításáról, és különböző színűek lehetnek.
2. Szállítási kártya
Jelzés arra vonatkozóan, hogy az üzem egy bizonyos helyéről egy másikba engedélyezik a félkész termék, anyag szállítását.
3. Beszállítói kártya
Jelzés a beszállítónak egy termék megrendelésére vonatkozóan. A beszállítói kártya a szállítási kártya kiterjesztése az ellátási láncra.

A kanban-rendszer gyakorlati működtetésére, a kártyák alkalmazására a gyakorlatban több módszert alkalmaznak (Bicheno[1998]): a kanban négyzetek módszerét, az egyszerű kanban-kártyát, a faxbant, a golflabda kanbant, az elsőbbségi kanbant és a kétkártyás kanban rendszert.

A *kanban négyzetek* módszerrel úgy minimalizálják a termeléseközi készleteket, hogy két termelési tevékenység közé egy ún. kanban négyzetet (kártya tároló) helyeznek el, és meghatároznak egy felső értéket, amelynél több kártyát nem rakhatnak a négyzetbe. Így meg tudják akadályozni, hogy két művelet között túl sok készlet keletkezzen, és ha a megelőző művelet sokat áll, akkor az egyértelmű jelzés a vezetés számára az összhang hiányára vonatkozóan.

Az *egyszerű kanban-kártyát* standard konténerekhez csatolják, és ha a tevékenység során alkatrészeket vesznek ki a konténerből, a kártyát a megelőző munkaállomásra viszik, ahol

engedélyt kapnak egy konténernyi alkatrész legyártására. Ha a teljes konténernyi alkatrész készen van, a kártyát hozzákapcsolják a konténerhez és a következő tevékenység input tárolójába viszik. Ez felel meg a Chikán-Demeter könyvben szereplő egykártyás rendszernek.

A *faxban* hasonló az egyszerű kanban-kártyához, itt viszont már a konténer kiürülése előtt elviszik a megelőző munkafázishoz a kártyát. A kártyát utólag csatolják a konténerhez.

A *golflabda kanban* módszert egymást követő műveletek összehangolására használják: amint egy termelősorton egy bizonyos készülségi fokhoz ér a termék, egy színes golflabdával jelzik a következő műveleteknek, hogy melyik alkatrészeket kell előkészíteni a beépítéshez. Ezáltal a kanban-rendszer révén az előkészítési idő immáron nem növeli a termék átfutási idejét.

Az *elsőbbségi kanban*-rendszer jelentős változást jelent az egyszerű kanban kártyás módszerhez képest. A következő munkafázis input tárolójában lévő alkatrészeket olyan konténerekben tárolják, amelyekhez különböző színű kártyák tartoznak. Fontos szabály, hogy addig tilos teli konténert megkezdeni, amíg egy másik, azonos színű kanban-kártyás konténer teljesen ki nem ürül. A rendszer lényege: amint a konténerekből akár egy darabot is kivesznek, a kártyát azonnal a megelőző munkafázishoz viszik, jelezvén: lassan el kell kezdeni a termelést, mert egy újabb konténernyi alkatrésze lesz szükség. A megelőző munkafázis egy adott időpontban több kártyával is rendelkezhet, és ott helyben dönthetik el, hogy melyik alkatrész pótlásának állnak neki előbb. Itt több elvet is követhetnek, ilyen a FIFO (azt gyártják előbb, amelyik kártyája előbb érkezett be), de bonyolultabb módszereket is ki lehet találni a termékáramlás optimalizálása érdekében.

A *kétkártyás kanban* rendszerben mind szállítási, mind termelési kártyákat bevetnek (az előző esetekben csak szállítási kártyák voltak forgalomban). Akkor célszerű alkalmazni, ha a termelési rendszerben sok az elágazás. Például egy A szerelősor további öt szerelősort (X,Y,Z,U,V) lát el termékével. Ekkor hatékonyabb működés érhető el, ha a szállítási és termelési kártyákon lévő mennyiségek különböznek, azaz az A szerelősor termelési sorozatnagysága nagyobb, mint a szállítási kártyákat tartalmazó konténerekben lévő mennyiség.

A kanban-rendszer akár még a hordozható termelési eszközök (pl. Hilti fúrógép) kezelésére is kiterjeszhető. A termelési eszköz dobozán lévő kártya színével jelezhetik, hogy zöld -„szabad” , sárga - „valaki épp használja”, piros – „meghibásodott”, így az alkalmazottnak nem kell az időt kérdezősködéssel tölteni.

A kanban-rendszer alkalmazásának van néhány feltétele (Takeda[2002]):

- ⊗ A végső termék viszonylag stabil kereslete;
- ⊗ Folyamatrendszerű gyártás legyen a cégnél;
- ⊗ Alacsony, maximum néhány perces szállítási idők a vállalatban belül;
- ⊗ A termelési folyamatban standard konténerek alkalmazásának lehetősége (nagy méret, nagy súly kizáró okok lehetnek);
- ⊗ A kanban-rendszer által megkövetelt szigorú rend betartatása a dolgozókkal;
- ⊗ Kis sorozatok képzésének lehetősége, aminek feltétele az alacsony átállítási idő;
- ⊗ Alacsony hibaarány – ha sok hiba fordul elő, akkor a termelési rendszerben lévő aktív, használható kanban-kártyák száma jelentős ingadozást mutat, ugyanis a hibás termékeket el kell vinni megjavítani;
- ⊗ Termelésközi készletek létezése.

Az előbbi felsorolás utolsó pontja magyarázatra szorul. A karcsúsított termelés filozófiájának egyik legfontosabb eleme a készletek kiiktatása. Ezzel szemben a kanban-rendszer csak akkor képes működni, ha az (input-) outputtárolókban van egy bizonyos

mennyiségű készlet. Ha a filozófiát logikusan követnénk, akkor a célunk a készletek megszüntetése lenne, ami ekvivalens a kanban-kártyák nullára csökkentésével, viszont nulla kanban-kártyák mellett a kanban-rendszerben nincsen anyagáramlás, tehát ellentmondásra jutottunk. Az ellentmondás úgy oldható fel, ha átértelmezzük a filozófiát: úgy kell arra tekinteni, mint egy tökéletes állapotra, ami felé haladnunk kell, de sose érhetjük el. Tehát a kártyák számát nem nullára kell csökkenteni, hanem minimalizálni kell, szigorúan a vevő érdekeit szem előtt tartva.

John Gross [2005] tapasztalata szerint meglepően kevés vállalat alkalmaz kanban-rendszert, pedig termelési rendszerük hatékonyságán sokat tudnának javítani. A bevezetéstől való elzárkózásnak két oka van: a szakemberek jelentős része nincs tisztában, miben is áll a kanban; akik pedig ismerik, de mégis maradnak jól bevált termelésirányítási szokásaik mellett, azok rövidlátók: félnek a változástól, a bevezetés elején felmerülő ellátási problémáktól és alulbecsülik alkalmazottaik képességét.

Számos amerikai nagyvállalat, mint az Intel, az Alcoa, a Hewlett Packard és a Khighton Optical (Schonberger [2002]) is sikeresen alkalmazta a kanban-rendszert, például a washingtoni HP-gyárban az átfutási idő pár napra esett le.

A kanban helyes működéséhez a dolgozóknak be kell tartani a különféle kártyák kezelésének szabályait, ezért célszerű írásos szabályokba fektetni, egyes esetekben (pl. hibás termék észlelése) mi a teendő.

A kanban-rendszer felülvizsgálata, fejlesztése során meg kell nézni, lehet-e csökkenteni a kártyák mennyiségét, ezáltal a készleteket; valamint elemezni kell a kártyák számának hullámzását és ezek okait; és meg kell hallgatni a kártyákkal napi szinten dolgozó alkalmazottak véleményét tapasztalataikról és javaslataikról.

2.5.2. AZ E-KANBAN-RENDSZER

A kanban-rendszer technológiailag jelenleg legfejlettebb formája az elektronikus kanban-rendszer, vagy röviden *E-kanban-rendszer* (Drickhamer [2005]).

Kialakulásához az vezetett el, hogy a kanban-köröket ki akarták terjeszteni a beszállítókra. Viszont a kártyák szállítása rengeteg pénzbe kerül a vállalatnak, mivel külön a kártyák mozgatására szakosodott alkalmazottakra van szükség. Hiába vannak akár csak pár kilométerre a beszállító gyárai, rengeteg anyagi erőforrást felemésztenek a cég számára ezek a külső kanban-körök. Ez ösztönözte az elektronikus kanban-rendszer kiépítését.

Első lépésben megpróbálták a kanban-rendszert faxon (semmi köze a faxbanhoz) keresztül lebonyolítani, azonban rájöttek, hogy sok veszteséget meg lehet takarítani, ha a kanban-rendszert számítógépes hálózatba integrálják. Ezáltal rengeteg hiba felmerülésének a lehetőségét ki lehet szűrni, az olyanokét, mint amikor például az alkalmazott a faxba rossz számot üt be, vagy a szállítónál a faxgép éppen nem működik. Beszállítói kanban-körök esetén tehát célszerű EDI kiépítése.

Az E-kanban-rendszer számos más problémára is megoldást nyújt. Az egyik legégetőbb a „létező” kanban-kártyák számának ingadozása, döntően csökkenése. Szakmai gyakorlat keresése során beszéltem vállalati szakemberrel, aki képtelen volt megérteni, hogy olykor miért *nő* náluk a kártyák száma. A tipikus eset azonban nem ez, hanem a kanban-kártyák számának csökkenése, aminek oka lehet az eltűnés, a megsérülés, valamint az sem ritka, hogy véletlenségből hazaviszik a kártyákat.

A másik probléma, ami egy kanban-rendszerben felmerül, az a rendszer fejlesztésének nehézsége és költségessége. Ha egy cégnél több 1000 kártya van forgalomban, akkor a

fejlesztésre teljes munkaidőben a fejlesztéssel foglalkozó csapatot célszerű fenntartani, ami egyértelműen pazarlásnak minősül. Emellett a kártyák áramlását nehéz figyelemmel kísérni, két-két művelet között hol járnak, és milyen mennyiségben vannak jelen az egyes helyeken, pedig csak ezek ismeretében lehetne a rendszer hibáit kiszűrni.

Az E-kanban az előbbieken ismertetett két problémakörre is megoldást nyújt. A számítógépben rögzített kártyamennyiség nem ingadozik, illetve a legnagyobb előny az, hogy nem kell végigjárni a gyárat a rendszer feltérképezéséhez, mert a korábbi adatok automatikusan bekerülnek a kanban-adatbázisba. Ennek köszönhetően kisebb fejlesztő csapat is el tudja látni ugyanazt a munkát, és akár egy egyszerű „klikkeléssel” algoritmizálható, újraszámítható a kártyák optimális száma.

További előnye az E-kanbannak, hogy javul a beszállítók és a vállalat közötti kommunikáció; formalizálja, standardizálja a szállítói kapcsolatokat.

Végül meg kell jegyezni, hogy az E-kanban-rendszer elveiben és módszertanában nem jelent előrelépést a kanban-rendszerhez képest, csupán a kártyák szállítása történik elektronikus hálózaton keresztül.

2.5.3. KANBAN-SZÁMÍTÁS

Amikor kanban-rendszert vezetünk be - akármelyik gyakorlati módszert is választjuk -, alapvető fontosságú a kártyák számának helyes megállapítása. A kártyák számának meghatározására számos, hasonló megközelítésű módszer ismeretes. Ebben az alfejezetben ennek az alapjait mutatom be, felhívván a figyelmet a számítás további kiterjesztési lehetőségeire.

A legegyszerűbb kanban-számítási képlet a következő:

$$n = \frac{R \cdot Dc}{K} = \frac{R}{\frac{K}{Dc}} \quad (\text{itt még semmilyen biztonsági tényezőt nem nézünk})$$

ahol n : kanban-kártyák optimális száma

Dc : a következő művelet igénye (db/perc vagy db/óra vagy db/nap).

R : kanban-körök hossza vagy forgási idő (perc vagy óra vagy nap)

K : konténerek nagysága (db)

Az első egyenlőségénél lévő ($R \cdot Dc$) azt a mennyiségű anyagot jelenti, amelyre addig van szükség, amíg az első üres konténer meg nem fordul, azaz teli nem lesz. A fenti képletet azért érdemes átrendezni, mert így egy másik értelmezés is kiolvasható: a K/Dc hányados azt mutatja, hogy az adott művelet egy konténernyi alkatrészt vagy félkész terméket hány perc vagy óra alatt fogyaszt el.

Előfordulhat, hogy n -re nem egész szám jön ki, emiatt felső egészrészt kell venni (*jelölése*: $[n]$ ¹⁰). Természetesen az eredmény nem lehet negatív szám vagy 0, de nem szabad elfogadni kanban-mennyiségnek az 1-et sem. Ebben az esetben ugyanis azon időre, amíg pótolják az elfogyasztott mennyiséget, a következő műveletet alkatrészhány miatt nem lehet végrehajtani. Ezért az előbb említett két problémát kezelő kanban-számítási képlet a következő:

$$n_{\text{opt}} = \max\{2, [n]\}$$

ahol n az előző képletben szereplő n , a szögletes zárójel pedig a felső egészrész.

¹⁰ A felső egészrész precíz bevezetése: $[x] : \{ \text{valós számok halmaza} \} \rightarrow \{ \text{egész számok halmaza} \}$; bármely x valós számra, $[x] = \min\{n : n \geq x\}$, ahol n egész szám, ami azt jelenti, hogy $[x] = a$ legkisebb olyan egész szám, amely nagyobb x -nél vagy egyenlő vele
Például $[3] = 3$, $[3,2] = 4$.

Az al- alfejezet következő részeiben az eddig kifejtett modellt terjesztem ki. Az első kiterjesztésben olyan egyszerű esetet tekintek, amikor a biztonság kedvéért szeretnénk, ha valamilyen mennyiségű teli konténer mindig a pufferraktárban legyen. A második esetben a szükséglet és a folyamatok bizonytalanságának hatásait vizsgálom.

1. Biztonsági kártyaszám

Amennyiben a kanban-mennyiséget úgy állapítottuk meg, hogy a számlálóban lévő D_c , azaz a következő művelet igénye egy több hónapos átlagérték, akkor értelme van biztonsági konténer nagyságot meghatározni, azaz kikötni, az átlagos felhasználásnak megfelelő kanban-mennyiség felett mindig legyen még pluszban p darab további konténer. Így az optimális kártyaszám a következőre módosul:

$$n_{opt} = [n] + p \quad ^{11}$$

Megjegyezném, hogy a szakirodalom egy részében a biztonsági tényezőt nem konténermennyiségben adják (p) meg, hanem $(1+\mu)$ -vel szorozzák meg n -et.

2. Kanban-számítás bizonytalanság esetén¹²

A továbbiakban feltesszük, hogy az eddig vett D_c – következő művelet igénye – nem átlagos érték, hanem a maximális felhasználást jelenti, természetesen múltbeli adatokból előrevetítve. A probléma további szeletelése érdekében D_c -t két tényező szorzatára bontjuk fel: $D_c = D * Q$, ahol

D : a következő művelet maximális napi outputja egy időszak alatt

Q : termékbe felhasznált mennyiség.

Ennek illusztrálására például tekintsünk egy szerelősort, amelyen maximálisan napi 100 darab outputot tudnak előállítani. Az outputhoz viszont szükség van – többek között - 1 db öntvényre, valamint 4 db anyára. Ekkor értelemszerűen az öntvényre $D_c=100$ db/nap, az anyára pedig $D_c=400$ db/nap lesz.

Nézzük meg a $(D * Q * R) / K$ képletet alaposabban! Állandónak tételezhetjük fel a Q -t, mivel a technológia határozza meg, hogy egy outputba az egyes inputokból hány darabra van szükség. Vizsgálati szinten ugyancsak konstansnak lehet tekinteni a K -t, a konténerekben lévő alkatrészek számát, amit nevezünk kanban mennyiségnek.

A maradék két tényező viszont már az elemző befolyásától függetlenül jelentősebb hullámzásokat tud mutatni egy időszak alatt: a termelési folyamatokat mindig a végső keresletből kell származtatni, ami akár jelentősebb ingadozásokat is mutathat. Emiatt célszerű módosítani a kanban-kártyák számítási módján (2. táblázat), érdemes egy keresleti biztonsági faktort is figyelembe venni (F_d). A másik változékony tényező a kanban-kártyák forgási ideje (R), ami a belső folyamatok függvényében hullámzik: kártyák elveszése, alkalmazottak fegyelmetlensége, gépek meghibásodása.. Úgy gondolom – főleg európai vállalatoknál -, egyik legégetőbb feladat, hogy a kanban-kártyák forgási idejének minél kisebb szórását érjük el, amit szolgálhat az alkalmazottak alapos oktatása, a standardizálás és a TPM-technikák következetes alkalmazása. A folyamatok bizonytalansága esetén tehát a kanban-számítás során mindenképp szükség van egy biztonsági időre (T_s), ami a kártyák forgási idejének szórásának nagyságához célszerű igazítani.

¹¹ Azért nem $\max\{2, [n]+p\}$ a módosult képlet, mert most $[n]+p$ eleve legalább 2.

¹² FESTO oktatási anyag felhasználásával

2. táblázat: A kanban-kártyák optimális számának kiszámítása bizonytalanság esetén

		Szükséglet (D)	
		Stabil, állandó	Ingadozó
Folyamatok (R)	Biztosak	$\frac{D \cdot Q \cdot R}{K}$	$\frac{(D+Fd) \cdot (Q \cdot R)}{K}$
	Bizonytalanok	$\frac{D \cdot Q \cdot (R+Ts)}{K}$	$\frac{(D+Fd) \cdot Q \cdot (R+Ts)}{K}$

Forrás: FESTO oktatási anyag, jelentősen átdolgozva

3.) A FESTO PRODUCTION SYSTEM

TITKOSÍTVÁ

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatomban mindenekelőtt bemutattam a karcsúsított termelés elméleti alapjait, egyértelműen állást foglalva definiáltam az értékfolyam – értéklánc – értékteremtő tevékenység fogalomhármast. Elméleti síkon bemutattam a kanban-rendszer működési elveit, kialakításának legfontosabb feltételeit és különböző kanban-számítási modelleket dolgoztam ki, amik közül az adott helyzetben megfelelőt a gyakorlatban is alkalmaztam.

Diplomamunkám fő célja volt egy, a pneumatika iparágban működő, a karcsúsított termelés filozófiája szerint átalakított német tulajdonú vállalat, a FESTO termelési rendszerének felvázolása. Az elemzés során kanban-rendszerének ismertetésére helyeztem a hangsúlyt: leírtam a vállalatnál alkalmazott kártyatípusokat, összevettem a hagyományos, fix kártyákat az információtechnológiai háttérrel igénylő egyutas kártyákkal. Részletesen beszámoltam a KLR termelési cella optimalizálásáról, amelyet úgy lehetne tovább folytatni, ha a MINI gyártósor kanban-kártyáit is felülvizsgálánk. A továbbiakban pedig – mivel plusz helykapacitással rendelkezik a KLR pufferraktára – érdemes beszállítói kanban-körök létrehozását is megfontolni, így kiiktathatóvá válna az anyagáramlásból a főraktár.

A további fejlődés érdekében kritikát fogalmaztam meg a FESTO kanban-rendszerével szemben: a húzásos rendszer nem működik tökéletesen; a kaizent, a folyamatos fejlesztést gátolja, a kanban-kártyák optimális számának meghatározását nehezíti, hogy PVB-re vonatkozóan nem állnak rendelkezésre alkatrész-felhasználási információk; valamint gyakoriak a kártyakezelési rendellenességek.

A kanban-rendszer fejlesztése és a FESTO további eredményes működése érdekében mindenképpen érdemes lenne fényt deríteni a kártyák duplikálódásának és annak az okára, hogy miért hullámzik a szállítási kanban-kártyák forgási ideje.

1.A. MELLÉKLET: AX-ELEMZÉS A FESTO-AM ALKATRÉSZEIRE

TITKOSÍTVÁ

6. Irodalomjegyzék

1. Tobias **Beutner**, Thorsten Junghanns [2006]: JIT-Belieferung planen und Logistikkosten dauerhaft senken. Logistik für Unternehmen, 2006. február
2. John **Bicheno** [1998]: The Lean Toolbox. PICSEI Books, Buckingham, England
3. **Chikán Attila – Demeter Krisztina** (szerk.) [2003]: Az értékteremtő folyamatok menedzsmentje. Aula, Budapest
4. Robin **Cooper** [1998]: A karcsúsított vállalatok és a konfrontációs stratégia. Vezetéstudomány, XXIX. Évfolyam, 1998. 3. szám
5. **Kristy O. Cue**, Kathleen E. McKone, Roger G. Schroeder [2001]: Relationship between implementation TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance. Journal of Operations Management, 2001.
6. David **Drickhamer** [2005]: The kanban E-volution. Material Handling Management, 2005. március
7. **Festo Intranet** (nem nyilvános)
8. **Festo** oktatási anyagok (nem nyilvános)
9. John **Gross** [2005]: Implementing succesful kanbans. Industrial Engineer, 2005. április
10. Steve L. **Hunter** [2004]: The 10 steps to Lean Production. FDM, 2004. április
11. **Jenei István** [2001]: Lean production – a karcsúsított termelési modell bemutatása a világ vezető autógyártóinak értelmezésében. Diplomamunka
12. Richard. J. **Schonberger** [2002]: Kanban at the Nexus. Productivity and Inventory Management Journal, 2002, Issue 3/4
13. Marc J. **Schniederjans** [1993]: Topics in just-in-time management. Allyn&Bacon, A division of Simon & Schuster, Inc. ; Needham Heights, Massachusetts, USA
14. Rachna **Shah**, Peter T. Ward [2003]: Lean manufacturing: contex, practice bundles and performance. Journal of Operations Management, 2003.
15. Steven **Spear** és H. Kent Bowen [2004]: A Toyota-termelőrendszer DNS-ének megfejtése. Harvard Business Manager, 6. évf., 2004. 4. szám
16. Cynthia Karen **Swank** [2004]: A karcsú szolgáltatógépezet. In: Manager Magazin, 2004. augusztus
17. **Tankó Zoltán** [2001]: A minőségszemlélet különbözősége a TQM és a JIT között. Marketing&Menedzsment, 2001. 2. szám
18. Hitoshi **Takeda** [2002]: Das synchrone Produktionssystem. Redline Wirtschaft bei Verl. Moderne Industrie, München
19. James **Womack** and Daniel Jones [2003]: Lean Thinking. Simon and Schuster, London England
20. Anon.[2005]: Those who can, kanban. Works Management, 2005. október