

VISSZUTAS LOGISZTIKA ÉS TERMELÉSTERVEZÉS¹

DOBOS IMRE

Budapesti Corvinus Egyetem

A dolgozat a visszutas logisztikát, az újrahasznosítást igyekszik beilleszteni a vállalati termelésstervezés keretei közé. A szükséglettervezési rendszerek (material requirements planning, MRP) célja a készletek és beszerzendő anyagok, alkatrészek időben ütemezett gyártásának és beszerzésének megtervezése. A klasszikus MRP rendszereket az utóbbi időben próbálja a tudomány az újrahasznosítással kibővíteni. Mivel ebben az esetben az új, és újrafelhasználható anyagokat külön kell nyilvántartani, ezért az MRP-táblák és készletek növekednek. A rendelési tétel nagyságok meghatározása is nehezebb, összetettebb tétel nagysághoz vezet. A dolgozatban egy visszutas logisztikai készletmodellt ismertetünk, valamint annak dinamikus kiterjesztését, amely alapja lehet az SAP-ba beépíthető rendelés állomány meghatározó heurisztikának.

1 Bevezetés

A visszutas logisztika és újrafelhasználás a gyakorlatban nem tekinthető újszerű jelenségnek, azonban a külföldi szakirodalom is csak a 1980-as évek elejétől foglalkozik a visszutas logisztika elméleti hátterével. A hazai szakirodalom forrásai pedig még ennél is szűkösebbek. Az angol elnevezés — reverse logistics — mellett hazánkban több magyar megfelelő is használatos, mint például a vissz irányú, reverse (Mike (2002)), illetve inverz logisztika (Rixer (1995)), de ide sorolhatjuk a recycling logisztikát is (Cselényi et al. (1997)). Ez utóbbin belül többek között beszélhetünk hulladékkezelési és újrafeldolgozási logisztikáról is. A visszutas logisztikában felmerülő készletezési problémák kezelésére adható megoldások közül néhány magyar nyelven is elérhető (Richter és Dobos (2003)), Dobos (2004)). Az elkövetkezendő években azonban a hazai szakirodalomban is — remélhetőleg — a visszutas logisztika elnevezés fog teret nyerni, hiszen ez nemcsak a fogyasztási és termelési folyamatból kivont használt termékek kezelését tartalmazza, hanem azoknak a fogyasztási és termelési folyamatba történő utólagos visszavezetésére is alternatívát nyújt.

A témával való foglalkozás létjogosultságát a szigorodó hazai és nemzetközi szabályozások támasztják alá. A termék életciklusa során keletkező hulladék kezelésével kapcsolatban az Európai Unió és hazánk is számos új törvényt hozott a közelmúltban (az elhasználdott járművekről szóló 2000/53/EK irányelv, a hazai szabályrendszerben a hulladékgazdálkodásról szóló 2000. évi

¹Beérkezett: 2007. augusztus 24. E-mail: imre.dobos@uni-corvinus.hu.

XLIII. törvény, Hulladékká vált gépjárművekről szóló előterjesztés KvVM/TJF/126/2/2004). A törvényi szabályozás háttérében az Európai Unió azon követelményrendszere áll, amely nagy figyelmet szentel a környezettel kapcsolatos problémák mielőbbi megoldására. Ez alatt a kimerülő természeti erőforrásokat, a túlzott energiafelhasználást, a pazarló életmóddal járó mértéktelen hulladék keletkezését értjük.

Hazánkban a 2000-ben meghozott XLIII. törvény jelenti az alapot a hulladékgazdálkodással kapcsolatban jogi szabályozásra. A törvény célja, hogy az állam védelmezze az emberi egészséget és a környezetet, az erőforrások pazarló felhasználását, valamint csökkentse a környezeti terhelést, és tegye mindezt a fenntartható fejlődés tükrében. A törvény hatálya általában a hulladéokra és az azokkal kapcsolatos tevékenységekre terjed ki, de bizonyos területeken (állati hulladék, szennyvíz, ásványi nyersanyagok) csak annyiban, amennyiben jogszabály másként nem rendelkezik. Ugyanakkor nem terjed ki a törvény hatálya a levegőbe kibocsátott anyagokra, illetve a radioaktív hulladéokra. Számos alapelvet említ a törvény, melyek elősegítik a sikeres megvalósítást: ilyenek például —a teljesség igénye nélkül— a megelőzés, a gyártói felelősség, a megosztott felelősség, a legjobb elérhető technika (BAT), a „szennyező fizet” elv, a regionalitás vagy a költséghatékonyság. Az előbb már felsorolt alapelvek tekintetében a törvény külön rendelkezik a gyártó, a forgalmazó, a fogyasztó, illetve a hulladék birtokosának kötelezettségeiről. A hulladékkezelés és -hasznosítás egyes lépéseit és fogalmi magyarázatát is ismerteti a törvény, ezek alapján meghatározza a hulladékgyűjtést, illetve begyűjtést, a hulladékszállítást, a hulladék be- és kivitelét, a hulladékhasznosítást és ártalmatlanítást. A törvényben külön fejezet taglalja a települési és a veszélyes anyagokkal kapcsolatos kötelezettségeket, majd ezt követően a hulladékgazdálkodás szervezését, ezen belül is az Országos Hulladékgazdálkodási Tervet. Rendkívül fontosnak tartom a a törvényben is hangsúlyozott társadalmi nyilvánosság és az adatközlési kötelezettség jelentőségének kiemelését.

A vállalati szféra számára a törvényi szabályozás betartása mellett fontos szempont lehet, hogy a visszatás logisztika alkalmazása hosszú távon való alkalmazása jelentős költségmegtakarítást eredményezhet. Ugyanakkor tény, hogy a jogszabályi kötelezettség önmagában az üzleti szféra számára nem feltétlenül jelent kényszerítő erőt, hiszen —megfelelő rövid távú gazdasági haszon hiányában— sok esetben inkább a könnyebben megfizethető bírságot választhatják.

Ahogy a logisztika kialakulásának is megvoltak a gazdasági, történelmi okai —például háborúk—, úgy a visszatás logisztika fejlődését is racionális gazdasági érvek magyarázzák. Az 1980-as évek végére az Egyesült Államokban a kereskedők felismerték bizonyos termékek visszavételében rejlő lehetőségeket és azokat a piaci térnyerés eszközeként kezdték használni. A visszavétel kontrollálása azonban kicsúszott kezükből, mivel nem létezett egységes és komoly szabályozás arra vonatkozóan, hogy mit és milyen formában lehet visszaszállítani. Ez oda vezetett, hogy a fogyasztók bármikor és bármit visszavittek a kereskedőknek, s a visszavétel költsége végül olyan méreteket

öltött, hogy mind a gyártók, mind a kereskedők kénytelenek voltak ráébredni: ez veszélyezteti jövedelmezőségüket és versenyképességüket. Felismerték, hogy egy jól kidolgozott, hatékony visszasutas logisztikai program jövőbeli üzletpolitikájuknak fontos stratégiai részét képezheti.

A visszasutas logisztika létjogosultságát tehát nem lehet megkérdőjelezni, alkalmazását azonban nehezíti, hogy szerzőnként más és más definícióval találkozhatunk, illetve ahány cég, annyiféle megoldás és alkalmazás létezik. A szerteágazó alkalmazhatóság miatt célszerű először meghatározni: mit is értünk visszasutas logisztika alatt, illetve pontosan milyen területek tartoznak ennek keretébe.

A visszasutas logisztika első meghatározásai az 1980-as években keletkeztek. A téma újszerűsége érezteti hatását, hiszen viszonylag kevesen foglalkoztak az elméleti meghatározással, valamint a meglévő elméleti alapok is kiforratlanok. Az első elméleti munkák közül Lambert és Stock (1981) megközelítését lehet említeni: a szerzőpáros szerint a hagyományos ellátási láncsal ellentétes irányú folyamatról van szó, amit egy „rossz” irányú folyamatnak tekintenek, azaz mintha egyirányú utcában a forgalommal szemben haladnánk. Ez azt jelenti, hogy míg a hagyományos ellátási láncban az anyagáramlás kizárólag a beszállító-termelő-nagykereskedő-kiskereskedő-fogyasztó láncban zajlik, addig a visszasutas logisztika a használt termékek visszafelé áramlását ragadja meg azzal a céllal, hogy azokat az ellátási lánc mentén a fogyasztótól a beszállítóig kövesse.

Lambert és Stock (1981) negatív hangvételű definíciója után Murphy és Poist (1989) más szempontból közelít. Szerintük a visszasutas logisztika nem más, mint az ellátási láncban a javak fogyasztótól termelőig való áramlása. Ugyanezt a meghatározást adja Pohlen és Farris (1992), akik marketing elvekből indulnak ki. A két szerzőpáros munkájának jelentősége az, hogy konkrétan megnevezik az ellátási láncban fontos szerepet betöltő végső felhasználót, és egyértelművé teszik a folyamat visszaáramló jellegét, inverzitását. A definíciók hátránya, hogy nem térnek ki az egyes tevékenységekre, mely megnehezíti a visszasutas logisztika fogalmi kereteinek pontos behatárolását.

Az 1990-es években szélesebb körű definíciót ad Stock (1992), amelynek alapját a hulladékgazdálkodás adja. A logisztika azon szerepét hangsúlyozza, amely magában foglalja a recyclingot, a hulladék elhelyezést, a veszélyes anyagok helyettesítését és ártalmatlanítását, az erőforrás csökkentést, illetve az újrahasznosítást. Stock korábbi munkájához képest ez pontosabb, mégis általános definíció, melyből hiányzik az egyes tevékenységek kapcsolata az ellátási láncsal, illetve a folyamat ellentétes irányú jellegének kiemelése.

Ez utóbbi megközelítéseket foglalja össze Kopicky et al. (1993). Meghatározásában kitér a korábban már említett tevékenységekre, ezek visszairányú mozgására az elosztási láncban – szemben a hagyományos logisztikai folyamatokkal. A Kopicky et al. (1993) által adott definíció újszerűsége az információáramlás fontos szerepének hangsúlyozásában rejlik, mely kétséget kizáróan a hatékony gyakorlati működést szolgáló összekötő elemet jelenti.

Carter és Ellram (1998) a visszasutas logisztikára több meghatározást is összegyűjtött, ezek közül a legjelentősebb a következő. A legátfogóbb megha-

tározás szerint „a visszutas logisztika olyan tevékenység, amellyel a vállalatok környezethatékonyabb politikát folytathatnak azáltal, hogy a szükséges anyagokat újrafelhasználják, újrafeldolgozzák, illetve csökkentik a szükséges anyag mennyiségét”, értve ezt akár a termelésben közvetlenül résztvevő személyek közötti viszonyra, akár a teljes ellátási, fogyasztási folyamatra. Carter és Ellram új szempontból közelít, hiszen kiindulási alapként a környezetvédelem szerepel. A környezettudatosság felvállalása a vállalati életben három motíváló tényezőre vezethető vissza: lehet a kormányzati vagy társadalmi nyomás hatása, illetve önkéntesen vállalt elkötelezettség.

A következő definíció jobb érthetősége kedvéért érdemes egymás mellett definiálni a logisztikát és annak visszutas megközelítését. A Council of Logistics Management (Stock (1998)) a következőképpen határozza meg a logisztikát: a logisztika az alapanyagok, a folyamatban lévő készletek, a késztermékek és a kapcsolódó információk áramlásának eredményes, költséghatékony tervezése, megvalósítása és ellenőrzése, a kiinduló ponttól a fogyasztásig, a fogyasztói igényeknek való megfelelés teljesítésével.

Ezzel szemben a visszutas logisztika Rogers és Tibben-Lembke (1999) megfogalmazása szerint: az alapanyagok, a folyamatban lévő készletek, a késztermékek és a kapcsolódó információk áramlásának eredményes, költséghatékony tervezése, megvalósítása és ellenőrzése a fogyasztástól a kiinduló pontig, érték visszaszerzése, illetve a hulladékról való gondoskodás érdekében.

A Reverse Logistics Executive Council (RLEC) következő megfogalmazása (Rogers és Tibben-Lembke (1999)) talán a legátfogóbb, ez összegzi az eddig ismertetteket. Eszerint a visszutas logisztika a termékek mozgása tipikus végső felhasználási céljuktól kiindulva valamely más irányba, értékszerzés vagy hulladékgazdálkodás céljából. A visszutas tevékenységbe beletartozik a sérült termékek, a szezonális készletek, illetve a hulladékok visszavétele; a készletek megújítása illetve bővítése miatti visszáru kezelés; a csomagolóanyagok újrafeldolgozása, a konténerek újrahasznosítása; a termékek rendbetétele és felújítása; az elavult berendezések megfelelő elhelyezése és az eszközök felújítása.

Az utóbbiakkal megegyező definíciót ad 2004-ben (de Brito és Dekker (2004)) a European Working Group on Reverse Logistics (REVLOG), azzal az eltéréssel, hogy a visszagyűjtés kiindulásaként nem a fogyasztást nevezi meg, hanem az lehet a gyártás, az elosztás, illetve a felhasználás bármely pontja.

A definíciók után rátérünk a visszutas logisztika háttérében álló motíváló tényezők bemutatására. Az ezzel kapcsolatban felmerülő legfontosabb kérdések négy csoportba sorolhatók: miért, hogyan, mit és kik mozgatják a visszutas logisztika láncolatát. Erre a négy kérdésre a legátfogóbb választ de Brito és Dekker (2004) tanulmányában találjuk.

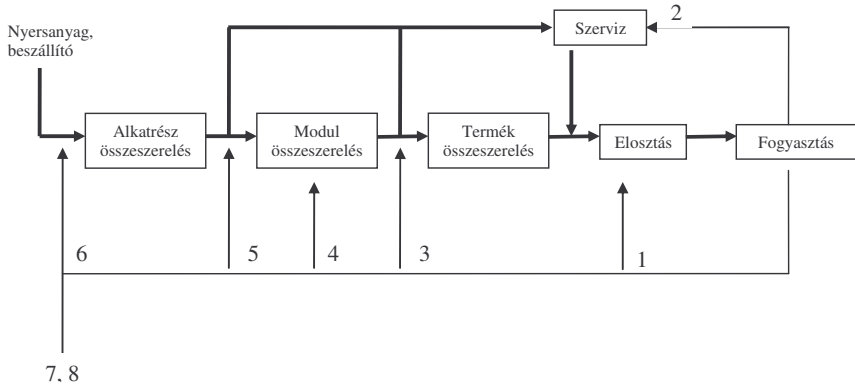
A *miért* kérdéscsoporton belül két területet különböztethetünk meg:

- egyrészt fontos kérdést vet fel, hogy egyes szereplők *miért küldik vissza*, illetve
- mások *miért fogadják el* a használt termékeket?

Már említettem a visszutas logisztikát kiváltó okokat, azaz a gazdasági, törvényi és társadalmi tényezőket. Ezek azok, amelyek a „miért?” kérdés „fogadó” csoportjába tartoznak. A gazdasági előnyökön belül a de Brito és Dekker (2004) szerzőpáros megkülönbözteti a közvetlen és közvetett hasznokat. A *közvetlen előnyöknél* legfontosabb a profitnövelés lehetősége, amit a kisebb mértékű nyersanyag-felhasználás, a hulladék-elhelyezési költség csökkenése, illetve az újrafeldolgozás által nyerhető hozzáadott érték jelenti. A *közvetett előnyök* közé sorolható a zöld image kialakítása, amivel napjainkban egyre szélesebb rétegeket nyerhet meg egy vállalat. Tapasztalatok igazolják, hogy a környezettudatos vállalati működés hosszú távon is stabil fogyasztói kapcsolatokat eredményez. Ezek által versenyelőnyre tehet szert a vállalat, mely további profitszerzésre ad lehetőséget. Újabb érv a visszutas folyamatok gyakorlati alkalmazására a törvényi szabályozás szigorodása, mely nagymértékben a környezet védelmét szolgálja. A környezetvédelmi törvények megalakításában az Egyesült Államok és az Európai Unió járnak az élen, s kötelezik a területükön működő vállalatokat a jogszabályi feltételek betartására. A harmadikként említett társadalmi tényező alatt —a környezettel összefüggésben— a vállalatok önkéntes felelősségvállalását értjük, ami a szervezeteken belül alakul ki, és onnan fejti ki hatását.

A „miért?” kérdés másik területét a „küldők” alkotják, azaz azok a szereplők, akik különböző okok miatt döntenek egy-egy termék visszaküldéséről. Ugyanúgy, ahogyan a „fogadóknál”, itt is három csoportot találunk: gyártói, elosztói és fogyasztói visszaküldéseket.

- A gyártási jellegű visszaküldések alatt a gyártás során fennmaradó nyersanyag-többletet, a minőség-ellenőrzéskor fennakadó hibás termékeket és a melléktermékeket értem.
- Az elosztási visszaküldések csoportjába alapvetően az értékesítetlen, eladhatatlan termékek tartoznak: a készletfelesleg, hibás szállítások és termékek, romlott áru, illetve a csomagolási hulladék.
- A fogyasztói visszaküldések közé tartozik egyrészt a garancia, a jótállás, illetve a szervízszolgáltatás, másrészt az elhasználadott (end-of-life), további használatra alkalmatlan, azaz a gazdasági és fizikai élettartam végén lévő termék. További elem az úgynevezett „end-of-use” termék, ami alatt olyan terméket értek, mely adott fogyasztónak a továbbiakban nem képvisel értéket, de más fogyasztó számára akár változatlan formában is tovább értékesíthető és hasznosítható. Az utóbbi két fogalom megkülönböztetése viszonylag nehéz feladat, ezért a könnyebb érthetőség érdekében célszerű példákkal alátámasztani a két meghatározást: előbbi csoportra példa a roncsautó, melynek általában csak részei hasznosíthatók újra, illetve dolgozhatók fel, utóbbira pedig az autóbérlés lehet példa, amikor a bérleti szerződés lejártá után majdnem változatlan állapotban kerül egy újabb fogyasztóhoz.

**Hulladékkezelés**

7: égetés
8: deponálás

Termék visszanyerés

5: felfalás
6: recycling
2: javítás
3: feljavítás
4: feldolgozás

Közvetlen újrafelhasználás

1. közvetlen újrafelhasználás

Forrás: Thierry et. al. (1995)

1. ábra. Integrált ellátási lánc

A „miért?” kérdés tárgyalása után áttérek arra, hogy *hogyan* valósítható meg a visszatás logisztika. Ehhez Thierry et al. (1995) tanulmányát használhatjuk fel. Ennek alapján a folyamat nyolc lépésből áll, ezek sorban a következők: közvetlen újrafelhasználás (direct reuse), javítás (repair), feljavítás (refurbishing), feldolgozás (remanufacturing), felfalás (cannibalization), recycling, égetés (incineration) és hulladék-elhelyezés (landfilling). Az 1. ábra ezen elemek egymáshoz való viszonyát mutatja be.

Közvetlen újrafelhasználás: a termék fizikai és minőségi tulajdonságai változatlanok maradnak.

Javítás: a terméken bizonyos átalakításokat végeznek, így a javítás után a terméket mint újszerűt adhatják el, vagy használhatják fel. A javítás történhet a fogyasztónál, vagy javítóközpontban. Átalakításon például alkatrészcsere érteni, hiszen csak a sérült részt cserélik, vagy javítják, más eleme érintetlen marad.

Feljavítás: feljavításnál kevésbé szigorú minőség várható el a terméktől, hiszen a modulokra való szétszerelés során csupán a kritikus részeket vizsgálják, javítják, így annak élettartama növelhető.

Feldolgozás: ennek során a megmunkált termékkel szemben támasztott minőségvárás olyan, mint egy új terméktől. A feldolgozás annyival jelent többet a feljavításnál, hogy a feldolgozás általában munkaigényesebb, mivel nem csak modulokra, hanem részegységekre is bontják a terméket. Majd a vizsgálat során egyes elemeket újjal cserélnek ki, míg másokat csak javítanak.

Felfalás: szemben az előző fogalmakkal, ekkor a terméknek csak kis részét használják újra. A visszatérő terméket szigorú minőségvizsgálatnak vetik alá az újrabeépíthetőség szempontjából. A visszanyert elemeket ezután a javításnál, feljavításnál és a feldolgozásnál hasznosítják.

Recycling: a termék ebben az esetben elveszti eredeti funkcióját, szemben azzal, hogy az előzőekben megmarad. A cél a még felhasználható anyagok visszanyerése. Ha a visszanyert anyag megfelelő minőségű, akkor az eredeti rész gyártásához is felhasználható.

Égetés és hulladék-elhelyezés: a hulladékgazdálkodás témakörébe tartozó fogalmak. Mindkét esetben szigorú követelményeknek kell megfelelni. Az égetésből gazdasági haszon származhat, az ennek során visszanyerhető és visszaforgatható energiából.

A következő kérdés a visszutas logisztikában azzal foglalkozik, hogy *mi* az, amit visszaküldenek, illetve ezek milyen tulajdonságokkal, jellemzőkkel rendelkeznek. Ebben a csoportban a termékösszetétellel kell foglalkozni: melyek azok a károsító tényezők, melyek rontják a feldolgozás lehetőségét, illetve a fogyasztók milyen módon használják a később újrafeldolgozásra kerülő termékeket.

A termékösszetétel során fontos kérdéseket vet fel, milyen anyagokból áll a termék (heterogén vagy homogén), illetve milyen méretekkel rendelkezik (szállítás, kezelés miatt). A termék élettartamát befolyásoló tényezők, mint például romlandóság, az egyes alkotóelemek eltérő vagy azonos kora és az értékcsökkenés, ami megnehezíti az újrahasznosítás lehetőségét. Tipikus példa a műszaki cikkek köre, ahol a kifogástalanul működő termékeket kiszorítják az újabb és újabb fejlesztések (beépített elévülés).

A termék felhasználási módja, mint a használat helye, intenzitása, időtartama és ennek következményeként kialakuló minőség jelentősen befolyásolják a későbbi feldolgozást. A visszagyűjtendő termékeket érdemes aszerint megkülönböztetni, hogy lakossági vagy ipari fogyasztásról van-e szó (szállítási, kezelési, mennyiségi okok miatt). Ide sorolhatók többek között a pótalkatrészek, a csomagolási eszközök, közjavak is.

A negyedik fontos terület a *résztevők* azonosítása a visszutas logisztikában. Ezzel kapcsolatban a betöltött szerepük szerint megkülönböztetem a hagyományos értéklánc, illetve a visszutas folyamatok szereplőit, valamint más lehetséges résztvevőket (például ide tartoznak a karitatív szervezetek). Míg egyes érdekeltek a visszutas folyamat megszervezését végzik, mások annak gyakorlati megvalósításával foglalkoznak. A két ellátási lánc között nagyon fontos az összhang megléte, amihez elengedhetetlen a folyamatos és megbízható információáramlás. A sikeres működéshez szükséges információkat a már említett Thierry et al. (1995) cikk foglalja össze. Ennek alapján négy csoportot lehet megkülönböztetni:

- Információ a termékösszetételről, azaz az eltérő anyagokról, kombinálásukról, a minőségről, értékről, veszélyességről és a feldolgozhatósági lehetőségekről (elemzések);
- Információ a visszatérő folyamatok nagyságáról és bizonytalanságáról:
 - Garanciaállalás – a visszagyűjtésre kerülő termékek mennyisége és minősége bizonytalan, a javításhoz szükséges munkálatok is nehezen tervezhetőek.

- Lejárt lízing- és bérleti szerződések – viszonylag jól becsülhető mind mennyiségben, mind időben, ugyanakkor a minőség nehezen határozható meg előre.
- Önkéntes visszavásárlások – a gyártó anyagi és technikai lehetőségeitől függ, így ezzel viszonylag kevesen élnek. Ugyanakkor előnye, hogy olcsó forrást biztosít a javításokhoz, gyártáshoz; a fogyasztóknál jelentkező hulladékelhelyezési költség csökken; illetve lehetőséget nyújt a gyártóknak, hogy új terméket értékesítsenek.
- Információ az újrafeldolgozott termékek, alkatrészek, anyagok piacról: nehéz piacot találni, döntő tényezőként az új és a használt termékek közötti minőségbeli és költségbeli különbségeket kell figyelembe venni. A feldolgozást végző szereplő lehet maga a gyártó vállalat, az ellátási láncban belüli és külső szereplő.
- Információ a termék visszagyűjtéséről és a hulladékkezelésről: számos területet kell megvizsgálni: a résztvevő szervezeteket, a felmerülő akadályokat, a környezeti hatásokat, a visszagyűjtésre kerülő mennyiséget, és szükséges a költség-haszon elemzés elvégzése is.

A visszatás logisztika szereplői másfajta szempontból is megközelíthetők, ehhez az alapot a Carter és Ellram (1998) cikk adja, mely szerint a visszatás logisztikára ható külső és belső tényezők különíthetők el.

Általában megkülönböztetik a szervezeten belüli és a szervezetek között ható, külső tényezőket. A belső tényezők közé sorolják magukat a vállalatban belül érdekelt személyeket, a környezet megóvásáért tett lépéseket, a sikeresen alkalmazott etikai szándékokat és főként azon egyéneket, akik felelősséget vállalnak a környezetbarát vállalati filozófia kiépítéséért. Szintén közvetlen hatást gyakorló külső tényezők a fogyasztók, a beszerzők, a versenytársak és a kormányzati erők. E négy elemre azonban még hatással van a makrokörnyezet is, a maga szociális, politikai, gazdasági trendjeivel, ezáltal közvetve érinti a visszatás logisztikát.

A felsorolt szektorok hatása eltérő, értelmezésük is többféle lehet. A külső tényezők közül, első megközelítés szerint a legmeghatározóbb a kormányzati szektor befolyása. Ez környezetvédelmi szempontból teljes mértékben elfogadható, figyelembe véve, hogy az Európai Unióban is az egyik legtöbb kérdést felvető téma a környezettel, környezetvédelemmel kapcsolatos. Itt érdemes ismét megjegyeznünk, hogy a törvény kényszerítő ereje hat a vállalkozásokra, míg a tényleges versenyképességhez ugyanilyen súllyal kell figyelembe venni a többi szereplőt is. Ebből kiindulva helyezhetünk nagyobb hangsúlyt a fogyasztói oldalra, hiszen a fogyasztói igényeknek való megfelelés nélkül, csupán a kormányzati előírások betartásával nem válhat versenyképessé egyetlen vállalat sem. A kétféle felfogás különböző vállalati magatartást tesz indokolttá.

A szállítói, input oldal fontosságára utal az a tény, hogy ha biztosított az újrarendelésre kerülő anyagok állandóan jó minősége, akkor a beszerzők

is készek annak minél nagyobb mennyiségű megvásárlására. A már használt termékek visszagyűjtése, szelektálása, szétválogatása általában a szállító kötelezettsége, a kívánt minőség biztosítása érdekében pedig szükség van a beszerző és a beszállító közti magas fokú együttműködésére, logisztikai tevékenységük összehangolására, a már említett kölcsönös információnyújtásra. Mivel a visszakerülő termékek minősége alapvetően magának a szállítónak is kockázati tényezőt jelent, így tovább kell erősíteni a beszerzők és beszállítók közti integrációt.

A belső tényezők közül elsőrendű szempont az érintett személyek szerepe. A cég működéséből profitálók (pl. részvényesek) hozzáállása hosszú távon befolyásolja a visszutas logisztika működőképességét. Ők ugyan nem közvetlenül határozzák meg ezen tevékenységeket, de hosszú távon lehetetlenné tehetik a cég működését. Egyértelmű támogatásuk feltételként szolgálhat a sikeres visszutas folyamatokhoz.

Hasonló a menedzsment megítélése is, hiszen a felső vezetés támogatása, jóváhagyása nélkül ki sem lehet alakítani a szükséges rendszert, a hatékony működtetés azonban már a középvezetők körébe sorolható. Esetükben nélkülözhetetlen a jó diplomáciai és kommunikációs készség, valamint az irányítási képesség. Az ő feladatuk minden érintett meggyőzése a hatékony visszutas folyamatok szükségességéről.

A harmadik csoportban mindenképpen figyelembe kell venni magukat az alkalmazottakat, akiknek a hozzáállása nagyban segítheti, de hátráltathatja is az eredményes végrehajtást. Az ösztönző, jutalmazó rendszerek kiépítése növeli a hatékonyságot. Az előbbieken részletezett külső és belső tényezőknél fontos megérteni azok egymásra hatását, egyik a másik nélkül nem működhet. El kell fogadni mind a szabályokból eredő, mind a fogyasztói részről észlelt nyomást. Figyelembe kell venni a külső és belső érdekeket is, különben nem valósítható meg sikeres visszutas logisztika.

Ebben a bevezetésben felvázolt különböző visszutas logisztikai tevékenységek együttesen természetesen egyetlen vállalatnál sem találhatóak meg. Ez számos okra vezethető vissza: a rendelkezésre álló technikai feltételek, a termékjellemzők sokszínűsége — összetétel, feldolgozhatóság, fellelhetőség, újraértékesíthetőség stb. —, a vállalatok eltérő gazdasági helyzete mind-mind befolyásolják a vállalati döntéseket az alkalmazott visszutas logisztikai terület tekintetében.

Az átfogó, elméleti jelleg miatt nem térhetünk ki konkrétan arra, hogy az egyes termékeknél pontosan mit is jelenthet a visszutas logisztika, melyek azok a területek, ahol az gazdaságosan megvalósítható. A különböző termékek előállítási folyamatának sokszínűsége további külön-külön elemzéseket igényelne arra vonatkozóan, hogy milyen késztermékből mi készíthető ismét, annak konkrétan mely elemeit, alkatrészeit lehet hatékonyan visszaforgatni a termelésbe. Például egy autó esetében minden egyes alkatrészt, építőelemet végigkövetni a gyártótól a fogyasztóig, majd a használat után a roncsautó egyes elemeit a begyűjtő hálózaton keresztül az újrafeldolgozó üzemig nyomon kísérni nem egyszerű feladat, és jelenleg nincs is meg az ehhez szükséges, a terméket végigkísérő pontos információszolgáltatás. Bizonyos esetekben vi-

szonylag könnyen végig lehet gondolni, mire is lehet felhasználni egy roncsautót, vagy egy csupán gazdaságilag leamortizált gépjárművet. Az üvegek, tükrök, gumikerekek újrafelhasználása akár az autóiiparban, akár más ágazatban ma már egyre egyszerűbben megoldható. Ugyanakkor sok más alkatrészt nem egyszerű újra feldolgozni, illetve nehéz megtalálni azt az iparágat, ahol gazdaságosan visszaforgatható a termelésbe. Tipikus példa erre a számítógép, melyből viszonylag kevés alkatrész nyerhető vissza, és azt is csak koncentráltan, nagy mennyiségben érdemes feldolgozni. A nehézségek általában kiküszöbölhetőek, feltéve, hogy a különböző iparágak minél inkább összehangolják működésüket, és létrejön közöttük a megbízható információáramlás.

A bevezetés kiinduló pontja a környezetvédelem volt, melynek két mozgatójaként a törvényi szabályozást, illetve a vállalati elkötelezettséget nevezhetjük meg. Általános érvényű, hogy a vállalatok a jogi kényszernek igyekeznek minél inkább megfelelni, ugyanakkor a környezetvédelemmel kapcsolatban az önkéntes felelősségvállalást jelentősen befolyásolják a rendelkezésre álló pénzügyi források. Hosszú távon elsődleges szempont a költségek és az elérhető haszon egymáshoz való viszonya, optimalizálása is. A környezettudatosság önmagában nem feltétlenül jelent vonzerőt, elengedhetetlen az ebből származó egzakt gazdasági haszon kimutathatósága is.

A dolgozat további részében egy visszatás logisztikai optimális tétel nagyságot mutatok be. Ezt azért is megtehetjük, mert a termelés-tervezésben a tétel nagyság heurisztikák alapja az optimális tétel nagyságot adó kifejezések tulajdonsága az optimumban. A modell matematikai tárgyalásától eltekintünk, csak az eredményeket ismertetjük. A harmadik részben a visszatás logisztika termelés-tervezésben betöltött szerepe kerül ismertetésre. A visszatás logisztikával bővített MRP-tábla alsó sorai mutatják az összevonásra kerülő anyagrendeléseket/termeléseket. Az utolsó részben egy Wagner-Within típusú visszatás logisztikai dinamikus tétel nagyság modellt ismertetünk, amely heurisztikus megoldáshoz az optimális tétel nagyság modellre szükségünk volt.

2 Egy visszatás logisztikai készletmodell beszerzéssel és javítással

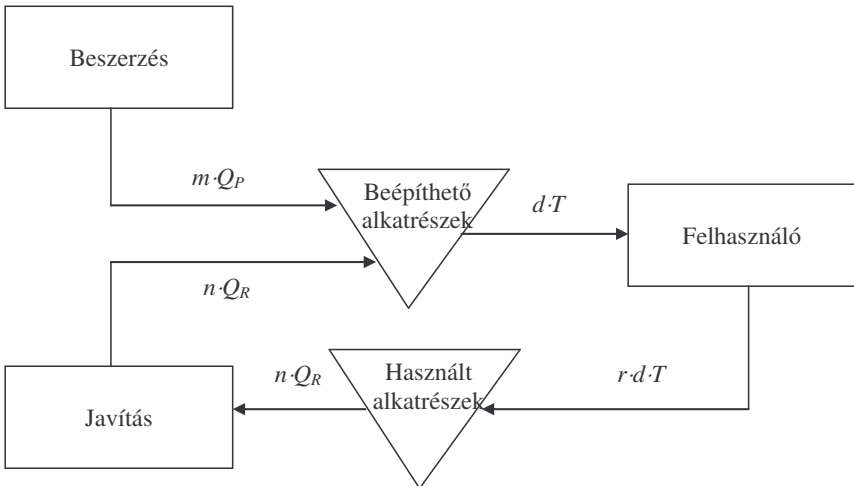
A determinisztikus optimális tétel nagyság modell javítható termékekkel történő kiterjesztését először Schrady végezte el 1967-ben (Schrady (1967)). Ezt a modellt nevezhetjük mai szóhasználattal a visszatás logisztika előfutárának. A vizsgált feladat gyökere gyakorlati indíttatású. Az Amerikai Egyesült Államok Tengerészete Ellátási Parancsnoksága készletezési problémáját elemezte a szerző. A tengerészetnél használt alkatrészek nagy értékűek voltak, de jó részük javítható. Mivel az alkatrészek újbóli beszerzése nagyon költséges volt, ezért költségmegtakarítást érhettek el a megjavítható alkatrészek összegyűjtésével. Ez azt jelenti, hogy a felhasználási helyen történt döntés arról, hogy mely alkatrészek javíthatóak. A összegyűjtött és javítható alkatrészeket ezután a karbantartási és javítási részleghez szállították vissza. A javítható alkatrészeket így a további feldolgozásig raktározották. Az összegyűjtött, de

nem javítható alkatrészeket, mint hulladékot a felhasználás helyén kezelték. A kijavított alkatrészeket a felhasználható alkatrészek raktárában tárolták.

A feladat így készletgazdálkodási szempontból egy kétraktáros problémaként áll elő. A keresletet, ami az alkatrészek iránt nyilvánul meg, két forrásból lehet kielégíteni, amelyek teljesen alternatívaknak tekinthetők: vagy beszerzésből elégítjük ki a keresletet, vagy a használt alkatrészek kijavításával. A használt, de javítható alkatrész fizikai tulajdonságát tekintve teljesen olyan minőségű, mint az újonnan beszerzett alkatrész. Ezt úgy is megfogalmazhatjuk, hogy a kijavított és beszerzett alkatrész között nem tudunk különbséget tenni, ha az a felhasználandó alkatrészek raktárába került.

Schrady (1967) a feladatot modellezve két készletezési politikát javasolt a releváns költségek, vagyis a rendelési és készlettartási költségek összegének minimalizálására. Az egyik stratégiát (politikát) a „folyamatos pótlás” (continuous supplement) stratégiájának, míg a másikat a „helyettesítés” (substitution) politikának nevezte el. Ez utóbbi politika esetén határozta meg a paraméterek ismeretében az optimális rendelési és javítási tétel nagyságokat. A készletezési stratégiára feltételezte, hogy a beszerzendő alkatrészeket csak egyetlen rendelési tételből elégítik ki a rendelési-javítási ciklusban (ebben a szóhasználatban ciklus alatt rendelési és javítási tételek olyan egymásutáni-ságát értjük, amelyek időben ismétlődnek).

A készletezési rendszer két készletezési pontot tartalmaz. A felhasználó keresletét a beépíthető alkatrészek raktárából elégítik ki. A kereslet időben állandó a felhasználási ciklus alatt. A beépíthető alkatrészek raktárát beszerzésből és javításból töltik fel. Ebben a raktárban hiányt nem engedünk meg, tehát mindig van rendelkezésre álló, beszerelhető alkatrész. Azonos beszerzési és azonos javítási tétel nagyságokkal végezzük a modellezést. Az alkatrész felhasználója időben állandó, konstans rátával juttatja vissza a használt, de felújítható alkatrészeket a használt alkatrészek raktárába, ahol azok a javításra várnak. Javítás után az alkatrészeket, mint újakat a beépíthető alkatrészek raktárába küldik. A modell anyagáramlását a 2. ábra mutatja.



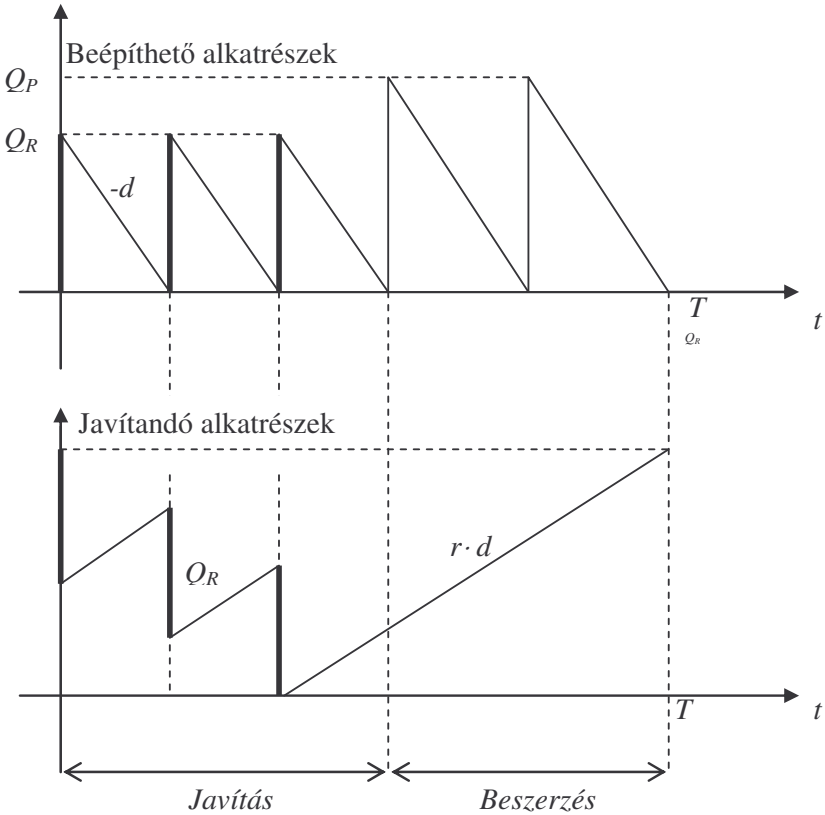
2. ábra. Anyagáramlás Schrady modelljében

A modell változóit és paramétereit a függelék tartalmazza.

Az alábbi egyenletek a készletezési pontokba történő ki- és beáramlást mutatják a beszerzési-javítási ciklus alatt:

$$m \cdot Q_P + n \cdot Q_R = d \cdot T$$

$$n \cdot Q_R = r \cdot d \cdot T$$



3. ábra. A beépíthető és javítható alkatrészek készletszintjei ($n = 3$, $m = 2$)

A javasolt „helyettesítési” politikának a következő tulajdonságai vannak. A beszerzési és javítási tételek utánpótlási idejét figyelmen kívül hagyjuk, mert determinisztikus modellekben ennek a hatását egy időbeli eltolással kiküszöbölhetjük. Tételezzük fel, hogy a beszerzési-javítási ciklus egy javítási ciklussal kezdődik. Természetesen beszerzési ciklussal is kezdhetnénk, de az előbbi feltételezés megkönnyíti a készlettartás költségeinek meghatározását a területek kiszámításakor, ugyanis a maximális készletszinttől kezdődik a ciklus a javítandó alkatrészek esetén. A javítandó alkatrészek készletének szintje a ciklus megkezdődésekor azonnal egy javítási tétel nagyságával csökken. Ez azért van, mert ezt a tételt azonnal javításba vonják be. A javítandó készletállomány mindaddig csökken az állandó javítási tétel nagyságok javításba

történő bevonásával, amíg a készlet szint nullára nem apad. A készlet szintek időbeli lefolyását a 3. ábra szemlélteti. Ugyanakkor ez az ábra az alapja a költségfüggvény előállításának is.

A költségfüggvényt matematikailag nem vezetjük le, az a Dobos (2002) dolgozatban megtalálható:

$$C_1(T, n, m) = \frac{m \cdot A_P + n \cdot A_R}{T} + T \cdot \frac{d}{2} \cdot \left[h_1 \cdot (1-r)^2 \cdot \frac{1}{m} + (h_1 + h_2) \cdot r^2 \cdot \frac{1}{n} + h_2 \cdot r \cdot (1-r) \right], \quad (1)$$

ahol $T > 0$, m, n pozitív egész értékűek.

Az (1) modell optimális ciklus hossza

$$T^o = \sqrt{\frac{2}{d}} \cdot \sqrt{\frac{m \cdot A_P + n \cdot A_R}{h_1 \cdot (1-r)^2 \cdot \frac{1}{m} + (h_1 + h_2) \cdot r^2 \cdot \frac{1}{n} + h_2 \cdot r \cdot (1-r)}}.$$

Ezt a kifejezést visszahelyettesítve a $C_1(\cdot)$ költségfüggvénybe az alábbi $C_2(\cdot)$ költségfüggvényt kapjuk:

$$C_2(n, m) = \sqrt{2d} \cdot \sqrt{A \cdot \frac{m}{n} + B \cdot \frac{n}{m} + C \cdot m + D \cdot n + E}, \quad (2)$$

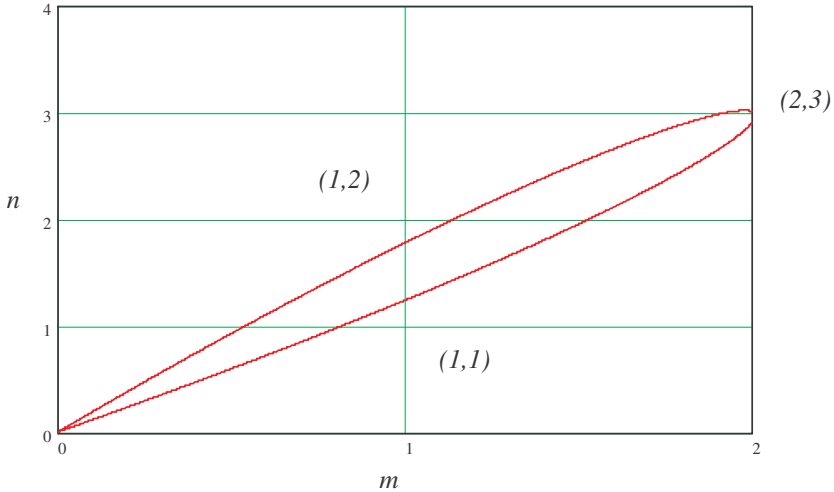
ahol

$$A = A_P \cdot (h_1 + h_2) \cdot r^2, \quad B = A_R \cdot h_1 \cdot (1-r)^2, \quad C = A_P \cdot h_2 \cdot r \cdot (1-r), \\ D = A_R \cdot h_2 \cdot r \cdot (1-r), \quad E = A_P \cdot h_1 \cdot (1-r)^2 + A_R \cdot (h_1 + h_2) \cdot r^2.$$

A (2) modell egyben nem más, mint egy meta-modell, tehát ezt a modellt annak segítségével lehet elemezni. A meta-modell részletes megoldását, valamint az egész értékű megoldások előállítását a Dobos és Richter (2000) dolgozat tartalmazza. Az optimális megoldásban általában a beszerzési vagy javítási tételek száma eggyel egyenlő. Azonban létezik olyan eset, amikor mindkét tétel szám nagyobb, mint egy. Erre mutat példát a következő példa.

Legyen most $d = 1000$, $r = 0,35$, $h_1 = 200\$$, $h_2 = 20\$$, $A_P = 750\$$, $A_R = 100\$$. Ebben az esetben az izoköltségvonalat szemléltesse a 4. ábra. Ekkor az optimális megoldást az $(m^o, n^o) = (2, 3)$ adja. A két vonalon lévő megoldás, vagyis az $(m, n) = (1, 1)$ és $(m, n) = (2, 1)$ kisebb célfüggvényértéket ad, ami $C_2(3, 2) = 13543,7$, valamint $C_2(1, 2) = 13598,6 < C_2(1, 1) = 13656,1$. A példán látható, hogy ebben az esetben a beszerzési tételek száma nagyobb, mint egy, vagyis alacsonyabb visszatérési rátánál költséghatékonyabb többször beszerezni. A többi döntési változót visszahelyettesítéssel meghatározhatjuk.

Ebben a részben a Schradly-féle javítási modell általánosítását mutatuk be. Ez a modell tekinthető a visszutas logisztikai készletmodellek kiindulópontjának. Példát konstruáltunk olyan esetre, amikor az egészértékű megoldás beszerzési és javítási tétel számai egynél nagyobbak. A tétel számok halmazának belsejébe eső megoldások csak maximum 2 százalékkal térnek el a határmegoldásoktól (Dobos és Richter (2000)).



4. ábra. Példa olyan esetre, amikor az optimális megoldás a halmaz belsejében van

3 Termelésstervezés a visszutas logisztikában

A visszafelé irányuló anyagáramlás levezénylése közben számtalan menedzsment probléma merül fel. Ezek közül a legfontosabbak)

- a használt anyagok, termékek visszagyűjtése, és annak megszervezése;
- a termékek szállítása, tárolása és készletezése, valamint
- a szétszerelés megszervezése és irányítása után az újrafelhasználható alkatrészek és részegységek termelésstervezésbe történő bevonása.

Az egyik fontos kutatási és alkalmazási területnek az újrafelhasználás termelésstervezésbe történő integrálása tűnik. A nemzetközi kutatás ezen a területen még gyermekcipőben jár. A legtöbb alkalmazást a német irodalomban találhatjuk meg (Inderfurth (1998), Spengler et al. (1997), Rautenstrauch (1997)). Angol nyelvű irodalom is csak elvétve található (Ferrer-Whybark (2000), Guide (2000)). Ismereteink szerint magyar nyelvű vizsgálódások ezen a területen még nem születtek.

A visszutas logisztika jelentőségének növekedése —ami a használt termékek egyre nagyobb mértékű visszagyűjtéséből és felhasználásából következik— új feladatok elé állítja a termelésstervezést. E feladatok megoldása szükségessé teszi az szükséglettervezés (MRP) és az újrafelhasználás-tervezés összekapcsolását.

Maga a termelésstervezés és irányítás folyamatának kidolgozása a hagyományos termelési eljárásokra fókuszál, amelyet nem ciklikus anyagáramlási folyamat jellemez. Az újrafelhasználási-tevékenységek jelentősége az elsődleges nyersanyagok csökkenésével és megdrágulásával, valamint a hulladékanyagok korlátozott és költségesebb elhelyezési lehetőségével megnövekedett. Ennek vannak gazdasági és ökológiai okai is. Az egyre erősödő társadalmi

nyomás és a növekvő állami szabályozás még inkább aktuálisabbá teszi a használt termékek újrafelhasználását.

Az anyagáramlás —a újrafelhasználási-folyamatokkal kibővítve— magában foglalja a nyersanyagok, félkésztermékek, késztermékek és használt termékek tárolását. A hulladék, illetve visszaküldött termék időbeli, mennyiségbeli és minőségbeli bizonytalansága —akárcsak magának az újrafeldolgozási folyamat időtartamának és tartalmának bizonytalansága— egyben a tervezés bizonytalanságát is maga után vonja. A tervezés ezek miatt bonyolulttá válik, s a hozzá kapcsolódó bizonytalanság megnöveli a döntések kimenetelének a számát. Elsősorban olyan új döntési helyzetek adódnak, amelyek lehetővé teszik a választást szétszerelési, feldolgozási, illetve felhasználási folyamatok között, s további döntési helyzetet jelentenek a termelési és beszerzési tevékenységek mellett az újrafelhasználási tevékenységeknek is, amelyek alternatív forrást jelentenek a nyersanyag-ellátási folyamatban. Mindezek egyértelművé teszik a termelés- és újrafelhasználás-tervezés integrációjának a szükségességét.

Maga az újrafelhasználás-tervezés —akárcsak a termelés-tervezés— elsősorban stratégiai-taktikai szempontokban jeleik meg, másodsorban pedig operatív tartalommal is bír. Az operatív rész az eredeti termelés-tervezés és irányítás feladatait osztja fel programtervezésre, mennyiségtervre, idő- és kapacitástervre, valamint gyártási/irányítási tervre, természetesen az újrafelhasználás tevékenységekre is kiterjesztve.

A programtervezés az újrafelhasználás esetében a használt termékek típus, mennyiség és időtartam alapján történő kereslet előrejelzését is jelenti. Az előrejelzés alapján lehetséges a újrafelhasználási tevékenységeket kialakítani. A jövőben elvárható termék-visszaküldések alapján aktív tervezésről is lehet beszélni. Ha ezeket az előrejelzéseket nem veszik figyelembe, akkor ezt passzív újrafelhasználás-tervezésnek nevezzük, hiszen csak reagálás történik az akkor éppen ismert használt termékek állományára.

Az integrációra a termelés- és újrafelhasználás-tervezés részfeladatai között mindenekelőtt azért van szükség, mert a termelés program- és mennyiségi terve a használt termékek programtervének előrejelzési alapját képezi, másrészt az újrafelhasználás mennyiségi terve befolyásolja a gyártás időbeni és mennyiségbeni nyersanyagszükségletét. Az MRP rendszer kibővítésére három fő koncepció létezik:

- amely az újrafelhasználás és az MRP integrációjával foglalkozik,
- amely a szétszerelésre és a felhasználás-tervezésre koncentrál,
- az integrált anyagdiszpozíció tervezést állítja a középpontba.

Az MRP rendszerek továbbfejlesztési módozatainak első megközelítése nem tartalmaz újrafelhasználási döntéstámogatási rendszereket, míg a második és a harmadik koncepció igen. Ez determinisztikus bővítési rendszer, mert csak a passzív újrafelhasználás-tervezésre épít és az MRP rendszer közvetlen bővítése csak a meglévő, adott szétszerelési, újrafelhasználási és anyagellátási stratégiákat tartalmazza. Először a második és a harmadik koncepció lényegét

foglaljuk össze, s külön tárgyaljuk az első változatot, azaz az MRP rendszer és a recycling integrációját.

A szétszerelés- és a felhasználás-tervezés a szétszerelési és a felhasználási tevékenységek meghozatalának kérdéseit jelenti, mint például a használt termékek középtávú taktikai tervének meghatározása, valamint a terméktervezés. A szétszerelés-tervezés magáról a szétszerelés mélységéről való döntéseket, alternatív szétszerelési folyamatok közötti választást, a szétszerelési folyamat lebonyolításának lépéseit, gyakoriságát foglalja magában. A felhasználás tervezése során arról kell dönteni, hogy az eredeti termék újrafeldolgozására törekszik-e a vállalat, vagy csak termékegységeket, nyersanyagokat szándékozik-e visszanyerni. Az egyes anyagok és alkotóelemek recyclingja esetén arra irányul a döntés, hogy a meglévő vagy alternatív belső, illetve külső felhasználási lehetőséget alkalmaz-e a vállalat. Minden recycling-módszer esetén a hagyományos eljárások mellett léteznek alternatív lehetőségek is. A különböző recycling lehetőségek közötti választást nagyban determinálják az adottságként megjelenő technikai és politikai keretfeltételek, amelyek meghatározzák a termék visszavételt, a szétszerelést, feldolgozást és felhasználást. A tervezéshez feltétlenül szükségesek a következő adatok: az újrafelhasználható terméknek vagy bizonyos elemeinek minőségi állapota, a szétszerelési, vizsgálati, feldolgozási, tárolási költségek, valamint az értékesítési árbevétel.

Az integrált anyagdiszpozíció lényege, hogy az újrafelhasználható termék, vagy a termék alkotóelemének visszaáramlását a feldolgozási folyamat megfelelő szintjével kapcsolja össze. Ez komoly koordinációs problémát jelent, amit az okoz, hogy a termelés és a feldolgozás termékszükségletét vissztermékekkel is ki lehet elégíteni, miközben a két folyamat időigénye eltérő. A diszpozíciós feladat a hagyományos termelés és recycling tevékenységek, valamint a hulladék-elhelyezési tevékenységek összehangolása, továbbá az adott tervezési időszakban a várható költségek (termelési, újrafelhasználási, elhelyezési, tárolási és szállítási) minimalizálása. A tárolás diszpozíciós problémájának két különböző megoldási lehetősége van:

- a döntési folyamat folyamatos ellenőrzése, és
- a döntési folyamat periodikus ellenőrzése.

A bizonytalansági problematika kivédhető azáltal, hogy számításokat végeznek a termékek iránti szükségletre, valamint a recycling-termékek visszaküldésére vonatkozóan. Általában abból indulnak ki, hogy minden termék tárolása megoldható, és hogy a használt termékek esetén a feldolgozás során mindig fennáll a hulladéklerakóba való elhelyezés lehetősége is.

A megrendelés-korlátos stratégiát három paraméter jellemzi a tárolási diszpozícióval kapcsolatban:

- raktározási korlát a hagyományos termelésben,
- az újrafelhasználás adta lehetőségek korlátja és
- a hulladéklerakóba való elhelyezés lehetőségének a korlátja.

Abban az esetben, ha a használt termékek köztes tárolása nem lehetséges, akkor az újrafelhasználás és a hulladék-elhelyezési korlátok ezzel összhangban vannak (Inderfurth (1998)).

A termelési folyamat során inputjavakból más javakat állítanak elő, de az output előállítása során különböző melléktermékek keletkeznek, amelyek az ipari termelésből nem zárhatók ki. A termelési folyamat során tehát keletkeznek olyan javak, amelyek a termelési tervben nem jelennek meg. A melléktermékeket csak akkor tudjuk teljes mértékben kizárni, ha lemondunk az előállítandó javakról. A melléktermékek mennyiségét mindenekelőtt azal csökkenthetjük, ha gondoskodunk a megfelelő terméktervezésről, illetve megfelelő intézkedéseket hozunk a beszerzés, termelés és a minőség területén egyaránt.

A hulladékokat két fő kategóriába lehet csoportosítani: szubjektív hulladékokra és objektív hulladékokra. Szubjektív hulladéknak tekinthető minden olyan anyag, amittől annak tulajdonosa szabadulni akar, de arra vonatkozóan semmi megkötést nem tartalmaz, hogy ezek az anyagok felhasználhatók-e vagy sem. Az objektív hulladékok azok a hulladékok, amelyeknek újrahajósítására nincs lehetőség, tehát azokat hulladéklerakóban kell elhelyezni. Corsten és Reiss (1991) azon hulladékokat, amelyek felhasználhatók, recycling-javaknak nevezték el, s e körben a következő csoportosítást végezték el:

- *Melléktermékek* tekinthető minden olyan anyag és energia, amely az előállított végtérmben nem jelenik meg. A melléktermékek tovább csoportosíthatók anyagmaradék és hulladék kategóriákra. A maradékanyagok a melléktermékek azon csoportját képezik, amelyek újrafelhasználhatók, ezáltal az újrafelhasználás lehetséges terméke lehet, míg a hulladék esetén nincs lehetőség az újrafelhasználásra, vagy gazdasági okokból nem megvalósítható.
- A termelés során a termékek és a melléktermékek mellett *selejte*k is keletkeznek: ezen három objektumkategória hajósítási formája a recycling. Abban az esetben, ha ezen anyagokat azonnal nem használják fel, akkor azok készletekké válnak, s ezáltal maga a recycling készletproblémává válik, amely döntési helyzetekhez vezet.
- *Használt termékek*: az életciklusuk végén lévő vagy technikailag elöregedett termékek.

A fenti besorolás hibája, hogy a melléktermékeket recycling-javaknak tekintheti, habár azok objektív hulladékok, s nem lehetnek a recycling tárgyai. A recycling-javak fogalmába az objektív hulladékok nem számítanak bele. A hulladékok csoportosítását az 5. ábra szemlélteti.

Az újrafelhasználást megelőzi a hulladékok összegyűjtése és visszashállítás —röviden visszagyűjtése— a vállalathoz. A használt termékek visszagyűjtése a források és célállomások fizikai és információs összekapcsolásával valósulhat meg.



5. ábra. Az újrafeldolgozásra kerülő anyagok csoportosítása (Becher-Roseman (1993))

A *visszaggyűjtés* folyamatának első eleme az összegyűjtés. Az összegyűjtés alatt azt a folyamatot kell érteni, amikor a használt termékeket a gyűjtési helyre szállítják. Az összegyűjtés a rendelkezésre álló — gyűjtésből származó — tervezési információkon alapul. Az adatgyűjtés az összegyűjtés része — egy információs folyamat —, amely során meghatározzák az összegyűjtési szükségletet, mégpedig a vásárlók lakóhelye, az összegyűjtendő készülékek száma és az elszállítás határideje alapján. További adatok szükségesek a használt termékek típusáról, koráról és minőségi állapotáról. Ezen információk képezik az alapját a begyűjtés túratervezésének, valamint a szétszerelési és felhasználási folyamatnak, azaz ennek alapján tervezik meg az összegyűjtést.

A használt termékek összegyűjtésének három típusa van:

- Az összegyűjtő tevékenységet végzők elmennek a használt termékekért és a közös gyűjtőhelyre szállítják azokat, ami lehet egy szétszerelő gyár, vagy pedig egy átrakodóhely.
- A használt termék tulajdonosa szállítja a használt terméket a gyűjtőhelyre.
- Az előző két rendszer kombinációja.

Az összegyűjtést általában az önkormányzat által megbízott szemétszállító vállalkozások végzik, bár az is egyre jellemzőbb lesz, hogy a különböző műszaki cikket forgalmazó cégek visszaveszik a használt gépeket, amennyiben a tulajdonos új gépeket vesz náluk. Az adatok és a használt termékek összegyűjtését különböző nehézségek hátráltathatják, például:

- Az adatgyűjtésre különböző párhuzamos rendszerek állnak rendelkezésre a vásárlók számára, s a szolgáltatók specifikus kínálata nem megfelelően konkretizált.
- Telefonon történő rendelésvétel vagy adatgyűjtés nem minden esetben lehetséges, ha igen, akkor is csak hosszú várakozási idő után, illetve többszöri próbálkozásra.
- A bejelentés és az összegyűjtés között a város és a gyűjtőrendszer elérhetősége miatt egytől akár több hét is eltelhet.
- A megadott elszállítási időt sok esetben nem tudják betartani.

- Maga az összegyűjtés csak az utcára kihelyezett használt termékek elvitelét jelenti, a házban, lakásban, illetve pincében elhelyezett gépekre nem terjed ki.
- Olyan járműveket használnak az összegyűjtésre, amelyek maximális tárolókapacitása nincs kihasználva.
- Az egyre növekvő számú gyűjtőrendszer versenyhez vezet a használt termékekért, mégpedig azért, hogy a gyűjtőrendszer, valamint a felhasználóüzemek kapacitáskihasználtsága is maximális legyen. Ezáltal a gyűjtési útvonalak egyre hosszabbak lesznek, ami egyben nagyobb szállítási távolságot, környezetterhelést, valamint költséget jelent stb.

Rakodás mindazon szállítási és tárolási folyamat, amely a termék szállítási eszközre való felrakása, szállítóeszközzel való levétele, illetve szállítóeszköz váltása esetén merül fel. Sok esetben azért van szükség az átrakodásra, hogy csökkentsék a termékáramlás koncentrációját. Az átrakodás nem opcionális tevékenység, hiszen mind a közvetlen visszavezetés, mind pedig a lépcsőzetes visszavezetés folyamatában szerepel. Az átrakodás nagyrészt kézzel történik, ami egyfelől magas rakodási költségeket okozhat, másrészt kárt okozhat a feldolgozandó termékekben a nem szakszerű kezelés.

Szállítás alatt jelen esetben a termelési és fogyasztási folyamatból kivont, de még újrafelhasználható termékek elszállítását értjük a gyűjtőhelyekre vagy valamilyen központi gyűjtőhelyre. A szállítás egylépcsős visszavezetés esetén a szétszerelő gyárba történő eljuttatást jelent, míg egy többlépcsős visszavezetés esetén pedig a következő gyűjtőhelyre. A szállítási költségek csökkentése érdekében a szállításhoz más járműveket használnak, mint az összegyűjtéshez. A szállítás nem kényszerű tevékenység a visszavezetés folyamatában, hiszen ha csekély a távolság a forrás és a célállomás között, akkor a gyűjtőtúra a célállomáson végződik. A szállítást általában teherautókkal végzik.

A szállítással kapcsolatban felmerülő problémák:

- Az automatizálható, s ezáltal hatékonyabb átrakodási folyamatok száma korlátozott.
- A használt termékek a fel- és lepakolásnál —akárcsak a szállítás során— megsérülhetnek.
- A csapadék korrózióhoz vezet s ez által csökkenti a szétszerelhetőséget.
- A szállításhoz használt segédanyagok nem raktározhatók, ezért nincs lehetőség azok helytakarékos tárolására.

A *tárolás* a megmunkálendő anyagok tervezett elhelyezése. A raktározás célja

- a beszerzés, szállítás és termelés ingadozásainak kivédése,
- a kínálat és a kereslet közötti különbségek kiegyensúlyozása,
- az ismeretlen keresleti és kínálati divergenciák bizonytalanságának csökkentése,
- választék kialakítása.

Létezik outputorientált és inputorientált tárolás. Ahogy a neve is mutatja, az outputorientált a használt termékek forrására, tehát a használt termékek tulajdonosaira koncentrál, akik le akarják adni használt termékeiket. Az inputorientált tárolás a visszagyűjtés célállomására vonatkozik, ami lehet egy szétszerelő gyár, amely a szétszereléssel inputot állít elő a termelés számára.

A *szétválogatás* vagy *szortírozás* a begyűjtött használt termékek speciális szétszerelő vagy újrafelhasználó műveletek szerinti szétválogatását jelenti. Magán a konkrét szétszerelésen kívül itt végzik el a rendelkezésre álló, illetve szállítható használt termékek dokumentációját, s ez által a szétszereléshez szükséges információknak nagy jelentősége van. Ezen dokumentációk és információk lehetővé teszik a specializált szétszerelő gyárak, illetve üzemek számára, hogy tervezni tudják kapacitásukat, akár csak a szétszerelés eredményeként létrejövő értékesíthető alkatrészeket. Ebből következően már a szortírozás keretében elvégezhető egy előzetes szétszerelés, s ez által növelhető az ezt követő szállítási folyamat hatékonysága, s a szétszerelendő mennyiség csökkentésével jobb szállításkihasználat is érhető el. Ezen kiegészítő tevékenységek révén megnő a kereslet a speciális szolgáltatásokat nyújtó szortírozó üzemek iránt. Maga a szortírozás már nem a géptípusok és variánsok szerinti szétválogatást jelenti, hanem a későbbi szétszerelés céljából végzendő tevékenységet.

A *csomagolás*nak védelmi, tárolási, szállítási, azonosítási és információs funkciója van, amelyek az értékesítést és használatot lehetővé teszik. A csomagolás során a legfontosabb, hogy az a lehető legkevésbé szennyezze a környezetet, amely elérhető azáltal, hogy a vállalatok olyan szállítóeszközöket használnak, amelyek kevesebb vagy semennyi csomagolóanyagot nem igényelnek (pl. konténerek).

A visszagyűjtés folyamatát befolyásolják továbbá a teljesítményprogramok, a szolgáltatások színvonala és minősége. Fontos ismerni a vásárlók elvárásait a visszagyűjtési rendszerrel szemben, mint például a szolgáltatások minőségét illetően, hiszen ezek befolyásolják azt, hogy mennyire fogják a kiépített rendszert, hálózatot használni, azaz ezen szolgáltatások iránti keresletet, ami a szolgáltatások költsége nagyban meghatároz (Waltmath, 2001).

A használt termékekkel kapcsolatos alapvető logisztikai feladatok ismeretete után térjünk rá az újrafelhasználás MRP-be történő integrációra. Az MRP rendszer alapvető célja a befolyásolható költségek (termelési, szállítási, tárolási, eszközököltség) minimalizálása. E rendszer időbeli és mennyiségbeli céljai a következők:

- minimális átfutási idő,
- nagy pontosság,
- alacsony készletszint,
- maximális kapacitáskihasználat.

A 6. ábra az MRP rendszer befolyásolható elemeit foglalja össze .

Cél	Objektum	Kapacitás	Feladat
Időnagyság		Kapacitáskihasználtság	Átfutási idő (Átf.idő csökkentése)
Mennyiségbeli nagyság		Személyzeti és eszközállomány	Szállíthatóság
Értékbeli nagyság		Kapacitásköltség	Híány- és tárolási költség

6. ábra. Az MRP célrendszere (Corsten-Reiss (1991))

Annak érdekében, hogy az újrafelhasználási folyamatot integrálni tudjuk az MRP rendszerbe, a tervezéshez szükségünk van a használt termékekről és az újrafelhasználási folyamatokról lényeges információkra. Ahhoz, hogy ezen információk a megfelelő formában rendelkezésre álljanak, egy megfelelően kiépített vállalati információs rendszerre van szükség. Ezen információs rendszernek figyelemmel kell kísérnie a jogszabályi környezet folyamatos változását, kibocsátás-csökkentési intézkedéseket kell bevezetnie, környezetvédelmi statisztikákat, információkat kell tartalmaznia a hulladékkezelésről, beszerzési módokról, minőségről, anyag- és energiaszükségletekről (anyag- és energiamérleg) a különböző inputok és outputok tekintetében. Azt is vizsgálják, hogy mely vállalati/termelési folyamatok kapcsán lép fel környezetszennyezés és azok milyen mértékű környezetszennyezést okoznak, mert ez alapján kell a szennyezési adót fizetni. Az MRP rendszernek az újrafeldolgozási rendszerrel történő horizontális kibővítése három területen jelent kiszélesítési igényt:

1. újrafelhasználási programtervezés,
2. újrafelhasználási kapacitástervezés,
3. újrafelhasználási folyamattervezés.

Az MRP rendszerben a következő bővítési szükségletek adódnak:

- A szállítási és tárolási kapacitásokat figyelembe kell venni és prioritási szabályok meghatározására van szükség, hogy a nem vagy csak a korlátozottan tárolható javakat használják fel először.
- A szállítás felülvizsgálatára mindenképpen szükség van, mégpedig a szállítandó használt termékek mennyiségére és határidejére vonatkozóan. Tekintettel kell lenni továbbá a feldolgozási folyamat során a gyártási lépésekre, valamint a használt termékek mennyiségére és határidejére. Figyelni kell a kibocsátási határértékekre a nem felhasználható melléktermékek kezelésekor. A további feldolgozáshoz mennyiségi és minőségi kritériumok betartására van szükség.

A mennyiségi tervezés során is szükség van az MRP rendszer kibővítésére és átalakítására. A maradékanyagok és hulladékok elsősorban az alkatrészek és nyersanyagok nettó szükségletét csökkentik, s ezen újrafelhasznált inputjavitakat a termelési folyamatban inputként lehet felhasználni. A használt termékek keletkezése azonban nagyfokú bizonytalanságot hordoz magában. A bruttó szükségletet az anyagszükségleti tervből határozzák meg. Bővítésre van szükség az adatok kezelése és feldolgozása tekintetében. Ide tartozik:

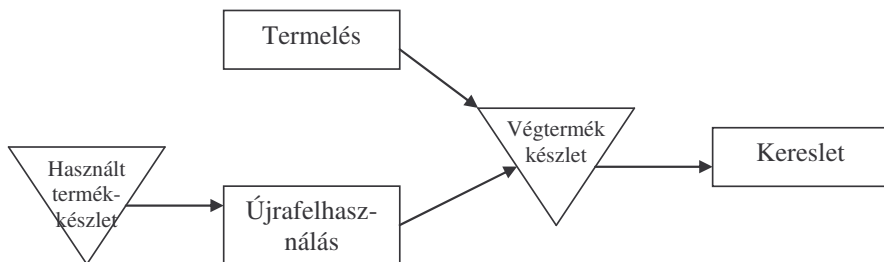
- a megbízhatósággal kapcsolatos (termelési idő, mennyiség és minőség),
- gépekkel kapcsolatos (állási idő),
- munkaerővel kapcsolatos (hiányzások és jelenléti idők) és
- anyagokkal kapcsolatos (anyaghiány és rendelkezésre állás az egyes anyagokból az egyes termelési helyeken) adatok begyűjtése, tárolása, frissítése, feldolgozása.

Természetesen ezen anyagoknak nemcsak a termelési, hanem az újrafelhasználási folyamat számára is rendelkezésre kell állnia. Szükség van továbbá munkatervre is, amely a használt termékek mennyiségbeli és típus szerinti csoportosítását végzi.

Az MRP rendszerben az egyes tervezési szintek egyoldalúan függenek egymástól, egymásra épülnek, míg maga az újrafelhasználási folyamat körkörös természetű, azaz a folyamatai függetlenek egymástól. A termelés-tervezés különböző lépcsőfokai lineárisan kiépítettek, ezáltal az egyes tervezési szintek közötti függetlenséget törvényszerűen figyelmen kívül hagyják. Az egyes lépcsőfokok teljesíthetősége az előzményektől függ, azaz az egyes döntési szintek a következő döntési szint számára feltételként jelentkeznek. A termelési programnak és a kapacitásoknak illeszkedniük kell egymáshoz. Ha a tevékenységeket a kapacitásoktól független átfutási idővel végzik, az inkonzisztenciákhoz vezet a tervezésben, mivel a mennyiségi tervben meghatározott naturáliák, valamint a határidő és kapacitástervben meghatározott határidő nem tartható be, hiszen a szerződésben megadott határidő nem egyezik meg a szükséges határidővel. Mivel az újrafelhasználáshoz szükséges maradékanyagok és hulladékanyagok nem állandó, hanem rendszertelen mennyiségben érkeznek, ezért az újrafelhasználási folyamatban megbízható átfutási idő meghatározása a hagyományos MRP rendszer alkalmazását nehezíti. A tervezés linearitása és a tervezési objektum ciklikussága a tervezés időbeliségét nehezíti.

A nettó szükséglet fedezésére az újrafelhasznált termék feldolgozás után felhasználható. A bruttó szükséglet esetén pedig a gyári, a rendelt, a tartalék és a biztonsági készletek mellett a beépíthető használt termékek felhasználhatóak.

A tervezés kapcsán fontos megjegyezni a döntések centralizáltságának mértékét. Abban az esetben, ha az újrafelhasználási folyamatban a maradékanyagok, a hulladékanyagok, illetve selejtek, valamint használt termékek is megjelennek, annál inkább mondhatjuk, hogy az újrafelhasználási folyamat többlépcsős, s ezáltal maga az MRP rendszer sokkal centralizáltabb lesz. Tehát a komplexitás és a centralizáltság között pozitív korreláció van. Továbbá minél bizonytalanabb az újrafelhasználási folyamat, annál kevésbé centralizált a kibővített MRP rendszer (Corsten-Reiss (1991)).



7. ábra. Az MRP-tábla anyagáramlása

A recyclinggal bővített MRP-tábla első fele nem igazán tér el a hagyományos MRP-táblától, bár az ebben kiegészítésként szereplő sor — a használt termék készlet — azt jelenti, hogy a hagyományos készletek kibővülnek, mégpedig alternatív készlettel, hiszen a visszaküldött termékekből kinyert alkatrészek és anyagok bekerülnek a készletek közé, s innentől kezdve nem tesznek különbséget a használt, illetve új készletek között. A tervezési horizont 6 periódusos, 15 egységes biztonsági szint és 2 hetes átfutási idő jellemzi a 8. ábrát. Az anyagáramlási folyamatot, amit az MRP-tábla mutat, a 7. ábrán szemléltetjük.

A jelen időszak raktárkészlete sort a következő művelet eredménye adja: a termelt, a recycling, valamint az előző időszaki raktárkészlet összege, csökkentve a bruttó szükséglettel. A raktárkészlet mennyiségénél figyelni kell arra, hogy a biztonsági készlet szint 15 egység. A visszaérkezések várható szintje adott, azaz 4 egység. Az újrafelhasználási folyamat raktármennyisége is adott. Az újrafelhasználási szükséglet 4, ez a várható visszaküldésekéből következik. Az használt termék rendelés az újrafelhasználási szükségletből adódik, 2 hét átfutási idővel eltolva. A kezelési szükséglet az újrafelhasználási folyamat raktármennyisége, csökkentve a használt termék rendeléssel. A termelési szükséglet a nettó szükséglet, csökkentve a újrafelhasználási szükséglettel, a termelésfeladás pedig ennek eltolása két hét átfutási idővel.

	0	1	2	3	4	5	6
Bruttó szükséglet		10	10	10	10	10	10
Termelt készlet		8	14				
Újrafelhasználási készlet		5	4				
Raktárkészlet	9	12	20	15	15	15	15
Nettó szükséglet		3	0	5	10	10	10
Várható visszaérkezés		4	4	4	4	4	4
Újrafelhasználási folyamat raktár mennyisége	7	4	4	4	4	4	4
Újrafelhasználási szükséglet		—	—	5	4	4	4
Újrafelhasználási rendelés		5	4	4	4	—	—
Kezelési szükséglet		2	0	0	0	—	—
Termelési szükséglet		—	—	0	6	6	6
Termelésfeladás		0	6	6	6	—	—

8. ábra. Az újrafelhasználással bővített MRP-tábla (Inderfurth-Jensen (1998))

Ezzel sikerült az anyagszükséglet tervezési rendszerbe kiegészítésként beépíteni a visszaáramlott használt termékek újrafeldolgozását.

Összegzésként megállapítható, hogy napjainkban egyre fontosabbá válik a környezetvédelem, s ez a folyamat komoly előrelépésnek tekinthető a néhány évtizeddel ezelőtti gondolkodáshoz képest. Mindaddig azonban, amíg a vállalatok nem látják a tudatos környezetvédelemben igazi üzletet, azaz nem ébrednek rá arra, hogy versenyelőnyre válhat visszaszállított logisztikai tevékenységük —ha azt stratégiai szinten kezelik—, addig környezetünk megóvása érdekében nem léphetünk nagyot. Versenyelőnyre válhat, ha a társadalom szemében egy vállalat környezettudatos tevékenységet folytat, s ezt különböző auditokkal és környezetvédelmi elismerésekkel alátámasztja, hiszen a társadalom tagjai növekvő környezettudatosságuk miatt egyre inkább a környezetbarát termékek felé fordulnak.

Bemutattunk több eljárást is, melyek révén a vállalatok csökkenthetik az elsődleges nyersanyagok, illetve energia felhasználását, valamint a környezetszennyezést, s az alkalmazható módszerek közül kiválaszthatják a tevékenységüknek leginkább megfelelőt. A lehetőség tehát adott, „csak” el kell kötelezniük magukat a szemléletváltás és a hosszú távú környezetvédelem mellett. Ugyanakkor szükség van arra is, hogy az emberek fogyasztói szemlélete megváltozzon, aktívan vállaljanak szerepet a környezet védelmében. Természetesen az államnak is jelentős befolyásoló szerepe van és lehet annak alakítására, hogy az adott társadalom mennyire környezettudatos, illetve mennyire sikerül megértetni, hogy nemcsak a mi életünkről, jövőnkről van szó, hanem a jövő generációk sorsáról is, s nem tehetjük meg, hogy lehetetlen életkörülményeket hagyjunk magunk után.

4 Összefoglalás és további kutatások

A dolgozatban a visszaszállított logisztikát és annak a termelésstervezésbe történő beépíthetőségét mutattuk be. A visszaszállított logisztika az MRP-be (anyagszükséglettervezési rendszerek) teljes mértékig integrálható, ugyanakkor megnehezítheti a modellépítést, hogy ebben az esetben az adattáblában kezelni kell a beérkező és újrafeldolgozható termékeket is a szokásos új termékeken kívül. Az adattábla utolsó sora mutatja a megelőző fázisok és/vagy beszerzés szükségletét. Itt jelenik meg a készletgazdálkodási probléma: összevonjon-e a döntéshozó termelési és/vagy beszerzési tételeket. A klasszikus MRP-ben a szükségletek kielégítésére heurisztikákat alkalmaznak, mint a Groff-algoritmus, Silver-Meal-heurisztika stb. Az ilyen heurisztikák szinte minden esetben az optimális tétel nagyság modell (EOQ) optimalitási kritériumát használják fel. Ez az a tulajdonság, hogy az optimumban a rendelési/átállítási költségek megegyeznek a készlettartási költségekkel. A kérdés most úgy hangzik, hogy a létező EOQ-típusú visszaszállított logisztikai modellek hogyan alkalmazhatóak az MRP-ben?

A kérdés megválaszolásához hat, az irodalomban elérhető EOQ-típusú visszaszállított logisztikai modellt ismertettem. A modellek azon közös feltevésen

alapulnak, hogy a hiányt kizárják. A költségstruktúra teljesen analóg a klasszikus tételnagyág modellekkel, vagyis az új termékek beszerzési/termelési ciklusfix és készlettartási költségei ismertek, valamint a használt termékek újrafeldolgozási ciklusfix és készlettartási költségei is.

Ezen feltételezések mellett egységes szerkezetben vizsgáltam a modelleket; megmutatva, hogy azok a függelékben található meta-modellhez vezetnek. Erre azért van szükség, mert a készletezési célfüggvény felírása után két helyettesítéssel egyszerűsíthető a függvény: vagy a tételnagyágokat helyettesítjük a költségfüggvénybe, vagy a tételszámokat. Ha a tételszámokkal kezdjük az egyszerűsítést, akkor a költségfüggvényben nem tudjuk a tételszámok egészértékűségét a továbbiakban vizsgálni. Ezért a matematikai kezelhetőség kedvéért célszerűbb a tételnagyágokat behelyettesíteni, ami pedig a meta-modellhez vezet. Ezzel a módszerrel sikerült a modelleket általánosítani azokra az esetekre is, amikor mind a beszerzési/termelési tételszámok, mind az újrafeldolgozási tételszámok nagyobbak, mint egy. Olyan példát is mutattam, amikor mind a két tételszám határozottan nagyobb, mint egy.

Vizsgáltam azokat az eseteket is, amikor az EOQ-típusú költségeken kívül lineáris beszerzési/termelési, újrafeldolgozási és hulladékkezelési költségekkel bővül a költségfüggvény. Ekkor azt mutattam meg, hogy az optimális megoldásban a hulladékkezelés negligálható, azaz minden visszatérő és újrafeldolgozható terméket gazdaságos használni. Ennek szükséges feltétele az, hogy a két tiszta stratégia közül, vagyis a beszerzés/termelés és a teljes újrafeldolgozás közül az újrafeldolgozás legyen gazdaságosabb.

A bemutatott készletmodellek lehetnek az alapjai olyan heurisztikák megalkotásához, amelyeket az MRP-ben is lehet alkalmazni. Ismereteim szerint ezen a területen még nincs előrelépés az irodalomban. A Wagner-Whitin dinamikus tételnagyág modell újrafeldolgozással történő kibővítését Richter-Sombrutzki (2000), Richter-Weber (2001) és Richter-Gobsch (2005) végezték el.

Most a Richter-Sombrutzki (2000) modellt ismertetem, ami lényegében Schrady (1967) modelljének kiterjesztése arra az esetre, amikor a kereslet és a visszaérkezés időben változik. Ebben a modellben nem értelmezzük a hulladékkezelést. A modell paramétereinek és változóinak használatánál eltérnek a hivatkozott cikkben alkalmazottól, helyette a Schrady-féle jelölést veszem át.

A modell mérlegegyenletei a következő formában írható fel:

$$\begin{aligned} I_t &= I_{t-1} + Q_t^P + Q_t^R - D_t \\ i_t &= i_{t-1} - Q_t^R + R_t \end{aligned} \quad (t = 1, 2, \dots, T)$$

$$\begin{aligned} I_t &\geq 0, \quad i_t \geq 0 \\ Q_t^P &\geq 0, \quad Q_t^R \geq 0 \end{aligned} \quad (t = 1, 2, \dots, T)$$

ahol $I_0 = i_0 = 0$. Az első egyenlőség azt mondja ki, hogy az új termékek induló készlete egy t -edik időszakban növekszik a beszerzéssel és javítással, amit csökkent a kereslet. A második egyenletben a használt termékek készletét

növeli a beáramlás, de csökkenti a javításba vont használt termékek mennyisége. A következő egyenlőtlenségek a modell változóinak nemnegativitását mondják ki.

A célfüggvény

$$\sum_{t=1}^T (A_P \cdot \text{sign } Q_t^P + h_1 \cdot I_t + A_R \cdot \text{sign } Q_t^R + h_2 \cdot i_t) \rightarrow \min .$$

A célfüggvény a rendelési, átállítási költségek és a készlettartási költségek összege. A sign függvény értéke nulla, ha az argumentum értéke nulla, különben egy. A modell változói és paraméterei a függelékben találhatóak.

Richter és Sombrutzki (2000) bebizonyították a modell néhány tulajdonságát:

$$\text{i) } Q_t^P \cdot Q_t^R = 0, \quad (t = 1, 2, \dots, T)$$

$$\text{ii) } I_{t-1} \cdot (Q_t^P + Q_t^R) = 0, \quad (t = 1, 2, \dots, T).$$

Ezeket a tulajdonságokat nem bizonyítjuk, mivel az említett cikkben megtalálhatóak. Az (i) pont szerint egy periódusban vagy beszerzés, vagy javítás lehet az optimális megoldásban, de egyszerre a kettő nem. A második egyenlőség szerint ha a készletállomány pozitív egy periódus elején, akkor a periódusban beszerzés vagy javítás nem történik. Ha azonban a készletállomány zérus, akkor az időszakban beszerzésre, vagy javításra sor kell, hogy kerüljön. Ez a második egyenlőség teljesen analóg a Wagner-Whitin (1958) modellben foglaltakkal, vagyis termelni ott csak akkor kell, ha a készletállomány nulla. Amint látjuk, a Schrady-féle modell készletezési stratégiája felhasználta e két tulajdonságot. A bemutatott modell megoldható a dinamikus programozás módszerével, de a megoldás számítástechnikailag rendkívül időigényes, ami szükségessé teszi szuboptimális megoldást előállító heurisztikák előállítását.

Az első, további kutatást kívánó kérdés az, hogy mennyire használható az EOQ-típusú visszutas logisztikai készletmodell a fentebb ismertetett kibővített Wagner-Whitin-féle dinamikus tétel nagyság megoldására. Egy másik vizsgálandó kérdés, hogy hogyan állítható elő egy szuboptimális megoldást nyújtó algoritmus.

A következő kérdés a létrehozandó heurisztikák működésére irányul: ha vannak ismert algoritmusok, amelyek az EOQ-ra alapozódnak, akkor azok milyen költség- és rendszerparaméterekre adnak az optimálisához legközelebb eső megoldást? Az ilyen típusú vizsgálatok szimulációk végrehajtásához vezetnek. Numerikus elemzések nélkül a kérdést nem lehet megválaszolni. Ezeket a jövőben létrehozandó heurisztikákat lehetne majd felhasználni a termelésstervezésben a rendelési/gyártási tételek összevonására.

A. Függelék. Schrady modelljének változói és paraméterei

A modell döntési változói

- Q_P beszerzési tétel nagyság, nemnegatív,
- m a beszerzési tételek száma, $m \geq 1$, egészértékű,
- Q_R javítási tétel nagyság, nemnegatív,
- n a javítási tételek száma, $n \geq 1$, egészértékű,
- T a beszerzési-javítási ciklus hossza, nemnegatív.

A modell paraméterei

- d időegységre eső keresleti ráta,
- r újrafelhasználási ráta, a d keresleti ráta százalékában, a hulladékra $1 - r$,
- A_P egy rendelésre eső fix rendelési költség, PE/rendelés,
- A_R egy javítási tételre eső fix indítási költség, PE/tételindítás,
- h_1 a beépíthető alkatrészek készlet tartási költsége, PE/darab/idő,
- h_2 a javítandó alkatrészek készlet tartási költsége, PE/darab/idő.

B. Függelék. Richter és Sombrutzki modelljének változói és paraméterei

A modell paraméterei

- D_t a t -edik periódus kereslete az új termék iránt, nemnegatív,
- R_t a t -edik időszak visszaérkező használt termék mennyisége, nemnegatív,
- I_0 az új termékek kezdőkészlete a tervezési horizont kezdetén,
- i_0 a használt termékek kezdőkészlete a tervezési periódus elején,
- A_P egy rendelésre eső fix rendelési költség, PE/rendelés,
- A_R egy javítási tételre eső fix indítási költség, PE/tételindítás,
- h_1 a beépíthető alkatrészek készlet tartási költsége, PE/darab/idő,
- h_2 a javítandó alkatrészek készlet tartási költsége, PE/darab/idő,
- T a tervezési időhorizont hossza.

A modell változói

- I_t az új termékek kezdőkészlete a t -edik ciklus kezdetén, nemnegatív,
- i_t a használt termékek kezdőkészlete t -edik periódus elején, nemnegatív,
- Q_t^P beszerzési tétel nagyság a t -edik periódusban, nemnegatív,
- Q_t^R javítási tétel nagyság a t -edik időszakban, nemnegatív.

Irodalom

1. Becher J., Rosemann M. (1993): *Logistik und CIM*, Springer-Verlag, Berlin et al.
2. Carter, C. R., Ellram, L. M. (1998): Reverse logistics: A review of the literature and framework for future investigation, *Journal of Business Logistics*, No. 1, 85–101.
3. Corsten H., Reiss M. (1991): Recycling in PPS-Systemen, *Die Betriebswirtschaft*, 615–627.

4. Cselényi J.– Mang B. – Bányainé Tóth Á. – Bányai T. (1997): A recycling logisztika, mint a logisztikai kutatások dinamikusan fejlődő egyik új iránya, *Logisztika*, 1. sz. 8–13.
5. de Brito, M. P., Dekker, R. (2004): A framework for reverse logistics, In: Dekker, R., Fleischmann, M., Inderfurth, K., van Wassenhove, L. (2004, Eds.): *Reverse Logistics: Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chains*, Springer, Berlin et al., 3–27.
6. Dobos I. (2004): Készletmodellek a visszatás logisztikában, In: Czákó E., Dobos I., Kóhegyi A. (Szerk.): *Vállalatai versenyképesség, logisztika, készletek: Tanulmányok Chikán Attila tiszteletére, BKÁE Vállalatgazdaságtan Tanszék*, (2004), Budapest, 290-303.
7. Dobos, I. (2002): *The generalization of Schraday's model: a model with repair*, Working Paper Nr. 7, Department of Business Economics, Budapest University of Economics and Public Administration.
8. Dobos, I., Richter, K. (2000): The integer EOQ repair and waste disposal model – further analysis. *Central European Journal of Operations Research* 8, 173–194.
9. Ferrer, G., Whybark, D. C. (2000): Material Planning for a Remanufacturing Facility, *Production and Operations Management* Vol. 10, 112–124.
10. Guide, V. D. R. (2000): Production planning and control for remanufacturing: industry practice and research needs, *Journal of Operations Management* 18, 467–483.
11. Inderfurth K. (1998): *Neue Aufgaben und Lösungsansätze der Produktionsplanung bei Produktrecycling*, Preprint Nr. 26, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Otto-von-Guericke Universität, Magdeburg.
12. Inderfurth, K., Jensen, T. (1998): Analysis of MRP policies with recovery options, *10th Int. Working Sem. on Production Economics*, Innsbruck/Igls, Austria, Pre-Prints Vol. 2., 265–300.
13. Kopicky, R. J., Berg, M. J., Legg, L., Dasappa, V., Maggioni, C. (1993): *Reuse and recycling: Reverse logistics opportunities*, Council of Logistics Management, Oak Brook, IL.
14. Lambert, D. M., Stock, J. R. (1981): *Strategic Physical Distribution Management*, Irwin, Homewood, IL.
15. Mike, G. (2002): *A logisztika környezetvédelmi kérdései és a Reverse Logistics*, 19. sz. műhelytanulmány BKÁE, Vállalatgazdaságtan Tanszék, Budapest.
16. Murphy, P. R., Poist, R. P. (1989): Managing of logistics retromovements: An empirical analysis of literature suggestions, *Transportation Research Forum*, Vol. 29, No. 1, 177–184.
17. Pohlen, T. L. – Farris, M. (1992): Reverse logistics in plastic recycling, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 22, No. 7, 35–47.
18. Rautenstrauch C. (1997): *Fachkonzept für ein integriertes Produktions-, Recyclingplanungs- und Steuerungssystem (PrPS)*, Walter de Gruyter, Berlin.
19. Richter, K., Dobos I. (2003): Az újrahasonosítás hatása a gazdasági sorozatnagyságra, *Szigma*, Vol. 34, 45–63.
20. Richter, K., Gobsch, B. (2005): Kreislauf-Logistik mit Losgrößenrestriktionen, *Zeitschrift für Betriebswirtschaft – Special Issue 4/2005*, 57–78.

21. Richter, K., Sombrutzki, M. (2000): Remanufacturing planning by reverse Wagner/Whitin models, *European Journal of Operational Research* 121, 304-315.
22. Richter, K., Weber, J. (2001): The reverse Wagner/Whitin modell with variable manufacturing and remanufacturing cost, *Int. J. of Production Economics* 71, 447-456.
23. Rixer, A. (1995): Az inverz logisztika és a logisztika, mint körfolyamat, *Közlekedéstudományi Szemle* XLV., 166-175.
24. Rogers, D. S. – Tibben-Lembke, R. S. (1999): *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*, Reverse Logistics Executive Council, Pittsburgh.
25. Schrady, D. A. (1967): A deterministic inventory model for repairable items, *Naval Research Logistic Quarterly* 14, 391-398.
26. Spengler T., Püchert H., Penkuhn T., Rentz O. (1997): Environmental Integrated Production and Recycling Management, *European Journal of Operational Research* 97, 308-326.
27. Stock, J. R. (1998): *Development and Implementation of Reverse Logistics Program*, Council of Logistics Management, Oak Brook, IL.
28. Stock, J. R. (1992): *Reverse Logistics*, Council of Logistics Management, Oak Brook, IL.
29. Thierry, M., Salomon, M. J., van Nunen, J., van Wassenhove, L. (1995): Strategic Issues in Product Recovery Management, *California Management Review*, Vol. 37, No. 2, 114-135.
30. Wagner, H. M., Within, T. M. (1958): Dynamic version of the economic lot size model, *Management Science* 5, 89-96.
31. Waltemath, A. M. (2001): *Altproduktrückführung als logistische Dienstleistung*, Dissertation, Technische Universität, Berlin.

REVERSE LOGISTICS AND PRODUCTION PLANNING

The aim of the paper is to extend production planning with reverse logistics and reuse. Material requirements planning (MRP) systems plan and control inventory levels and purchasing activities of the firm. In the last decade scientists on this field try to involve reverse logistics activities in MRP systems. Size of MRP-tables is growing in this case because of the alternative use of newly purchased products and reusable old items. Determination of order quantities will be more complex with these two modes of material supplies. An EOQ-type reverse logistics model is presented in the paper with a dynamic lot size generalization. The generalized model can be seen as a basic model to build in production planning and control system like SAP.