A karbantartási anyagkészletek elemzése

Volf Péter, PhD hallgató, Pannon Egyetem
Kovács Zoltán egyetemi tanár, Pannon Egyetem
Tasner Dóra, tanársegéd, Pannon Egyetem

1. A készletelemzés szerepe

A karbantartás eredményes és hatékony működtetésében nagy szerepe van az anyagok és alkatrészek (a továbbiakban anyagok) felhasználásának. Mint sok más területen, itt is a biztonság (megbízhatóság) és a költségek kapcsolatban vannak egymással. Az optimális készletezési politika megtalálásához szükség van a készletek elemzésére.

A készletelemzés általános célja, hogy a döntéshozót segítse az optimális készletezési politika meghatározásában, és ezen keresztül a készletgazdálkodás eredményesebbé tételében [7].

A készletek elemzése többféle konkrét céllal történhet:

- A felesleges készletek elkerülése, leépítése.
- A szükséges készletek rendelkezésre állási biztonságának javítása.
- Beszerzési döntések meghozatala.
- Elhelyezéssel, kezeléssel kapcsolatos döntések meghozatala.
- Az igény vizsgálata a felhasználások alapján.

Az elemzések történhetnek a teljes készletre, vagy annak egy részhalmazára. Ennek során gyakran kerülhet sor csoportosításra. A csoportosítás alapjául szolgáló adatok lehetnek:

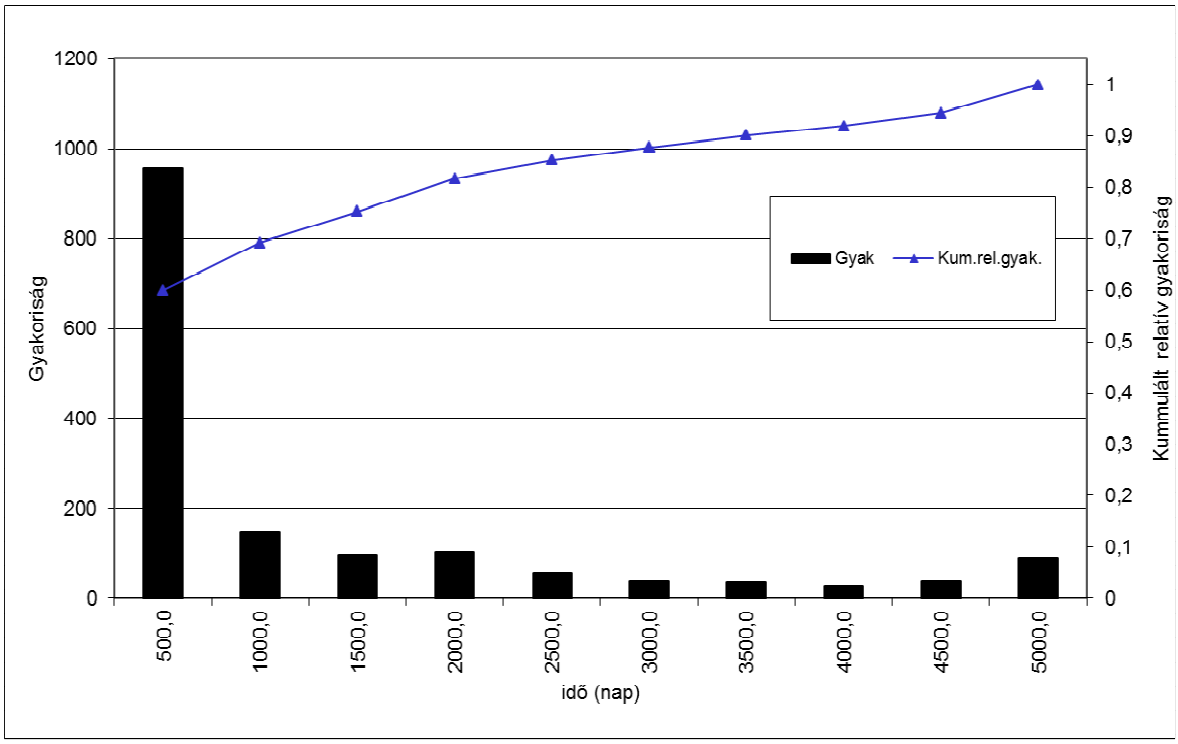
- Törzsadatok: ekkor az anyaghoz rendelünk hozzá csoportosítási jellemzőket. Ilyenek például: az anyag jellege (kötőelemek, tömítések, csapágyak,…), összetétel (alumínium, réz, acél), beszerzési források, méret, minőség, felhasználás. Ezt a fajta csoportosítást általában a törzsadatok közé elhelyezett osztályozó kódokkal oldják meg.
- Az anyaggazdálkodási rendszer működtetése során keletkezett adatok. Ezek például: pillanatnyi készletszint, adott időszaki forgalom, készletforgási sebesség. A csoportok képzése az adatok feldolgozásával, általában statisztikai elemzéssel történik.

Cho és Parlar [3] fogalmaznak meg az elsők között kritikát az új matematikai modellek, elméletek születése és alkalmazásuk vizsgálatának hiányával kapcsolatban. Scarf [6] újabb hangot ad ennek a kritikának. Azt a nézetet erősíti, hogy túl nagy hangsúlyt kap az új modellek kifejlesztése és ezzel szemben túl keveset foglalkoznak a kutatók azok alkalmazhatóságával. A jelen cikk témája egy újfajta készletelemzési logika, valamint a statisztikai eszköztár alkalmazhatóságának bemutatása egy példán keresztül.

2. Tulajdonságok szerinti eloszlások vizsgálata

A készletelemzések legegyszerűbb esete, amikor valamilyen tulajdonság alapján vizsgáljuk és próbáljuk meg csoportokba sorolni az anyagokat. (1. ábra.) A vízszintes tengelyen valamilyen jellemző szerinti intervallumokat tüntetünk fel. A függőleges tengelyen pedig azon anyagok gyakoriságát, amelyek jellemzője az adott intervallumba esik. (Osztályköz gyakoriságok.)

Az 1. ábra egy fűtőmű karbantartási anyagainak gyakoriságát (cikkszámok előfordulását) mutatja az utolsó mozgástól eltelt idő függvényében.



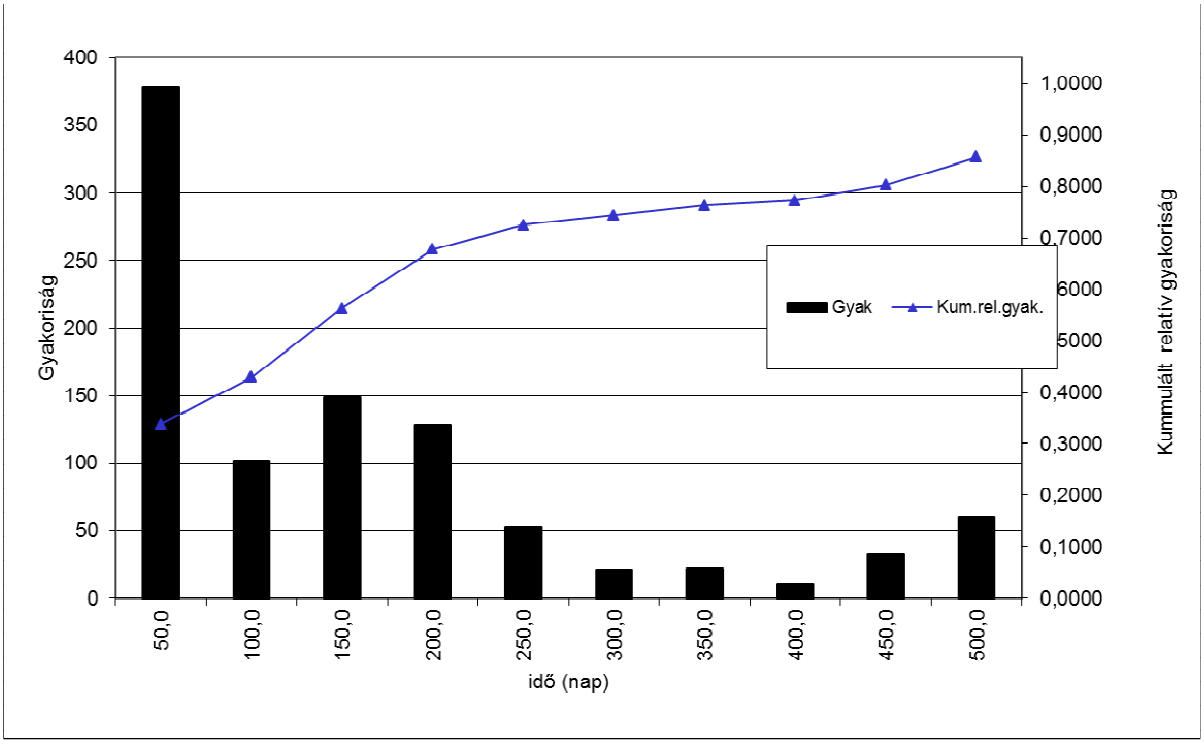
1. ábra Az utolsó mozgástól eltelt idők eloszlása.

Megállapítható, hogy az anyagok 60%-ára 500 napon belül volt bevét vagy kivét. A gyakoriság csökkenése nem monoton, 4500 és 5000 nap között mozgott utoljára az anyagok 5,58 %-a. 2000 és 4500 nap között ennél kevesebb anyag mozgott az 500 napos intervallumokban. (1. táblázat.) Ennek feltehető oka a több, mint tíz évig készleten tartott fontos cikkek állománya.

Intervallum (nap)		**Gyakoriság**	**Relatív gyakoriság**	**Kumulált relatív gyakoriság**
0	500,0	957	0,6000	0,6000
500,0	1000,0	147	0,0922	0,6922
1000,0	1500,0	97	0,0608	0,7530
1500,0	2000,0	103	0,0646	0,8176
2000,0	2500,0	57	0,0357	0,8533
2500,0	3000,0	40	0,0251	0,8784
3000,0	3500,0	36	0,0226	0,9009
3500,0	4000,0	29	0,0182	0,9191
4000,0	4500,0	40	0,0251	0,9442
4500,0	5000,0	89	0,0558	1,0000

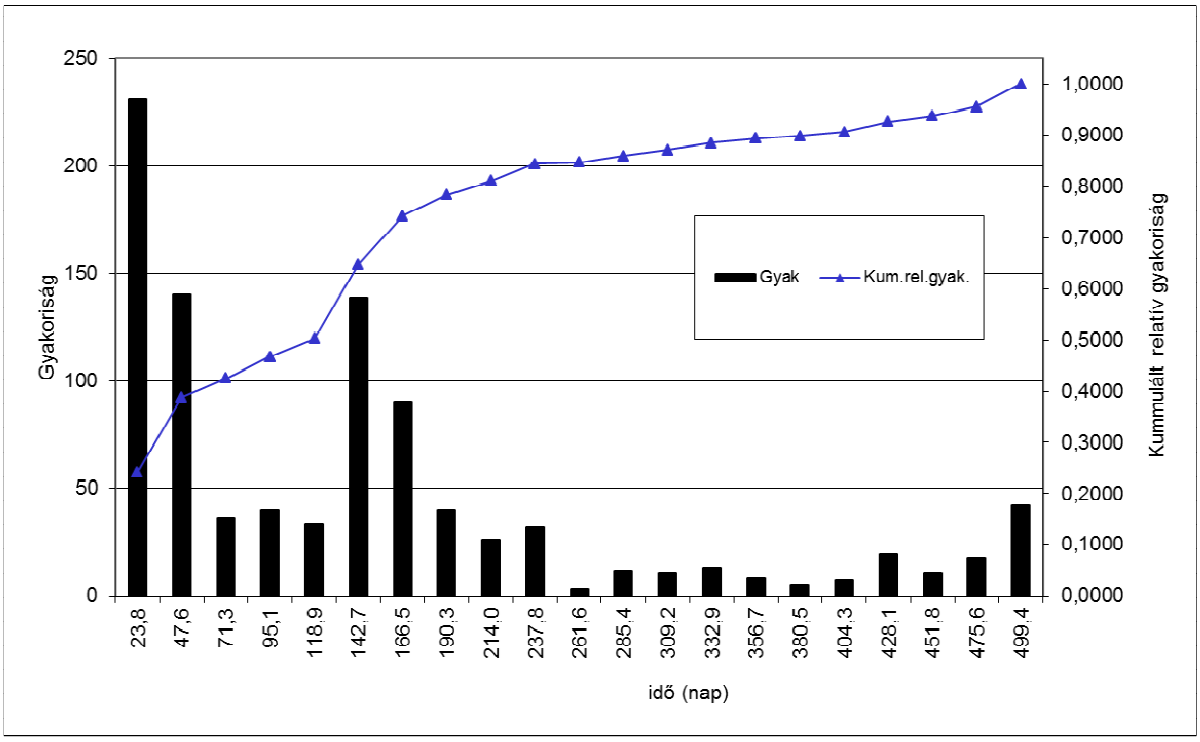
1. táblázat Az intervallumokba esés gyakorisága

Érdekes lehet megvizsgálni a az 500 napon belüli mozgási idők eloszlást. Ezt a 2. ábra mutatja.



2. ábra Az utolsó 500 napon történt mozgások ideinek eloszlása

Más intervallum felosztásban másfajta csoportképződés válik láthatóvá.

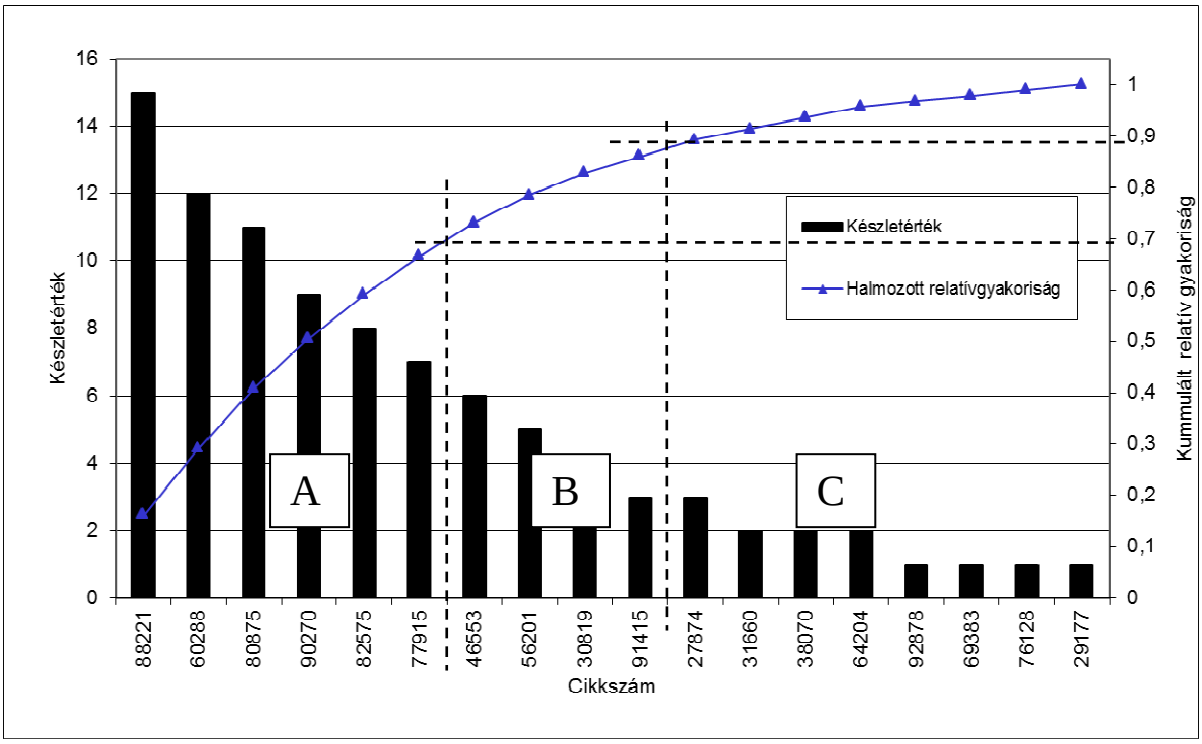


3. ábra Az utolsó 500 napon történt mozgások ideinek eloszlása

Ha az anyagok elemzésének célja az elfekvőségek vizsgálata, akkor a sorrendet célszerű megfordítani.

3. ABC elemzés

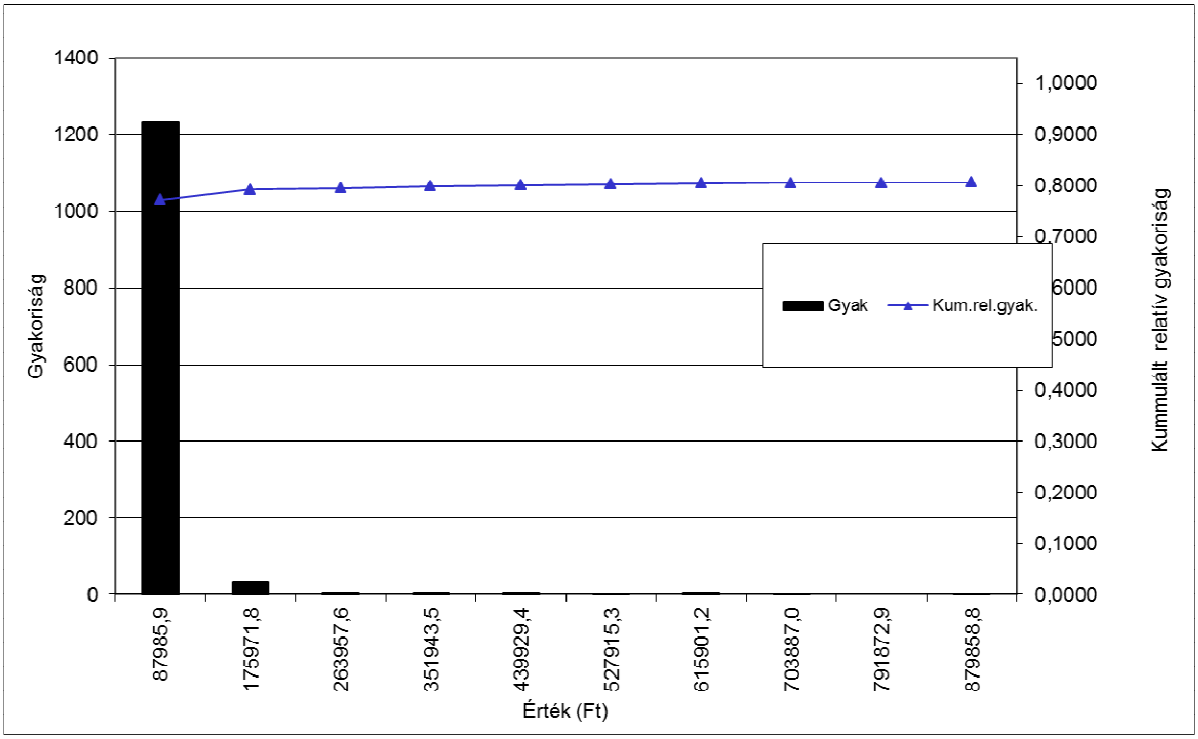
A készletelemzések alapján történő csoportosítás leggyakrabban alkalmazott eszköze az ABC elemzés [7]. Ennek elve az 1. ábrán látható.



4. ábra Az ABC elemzés elve

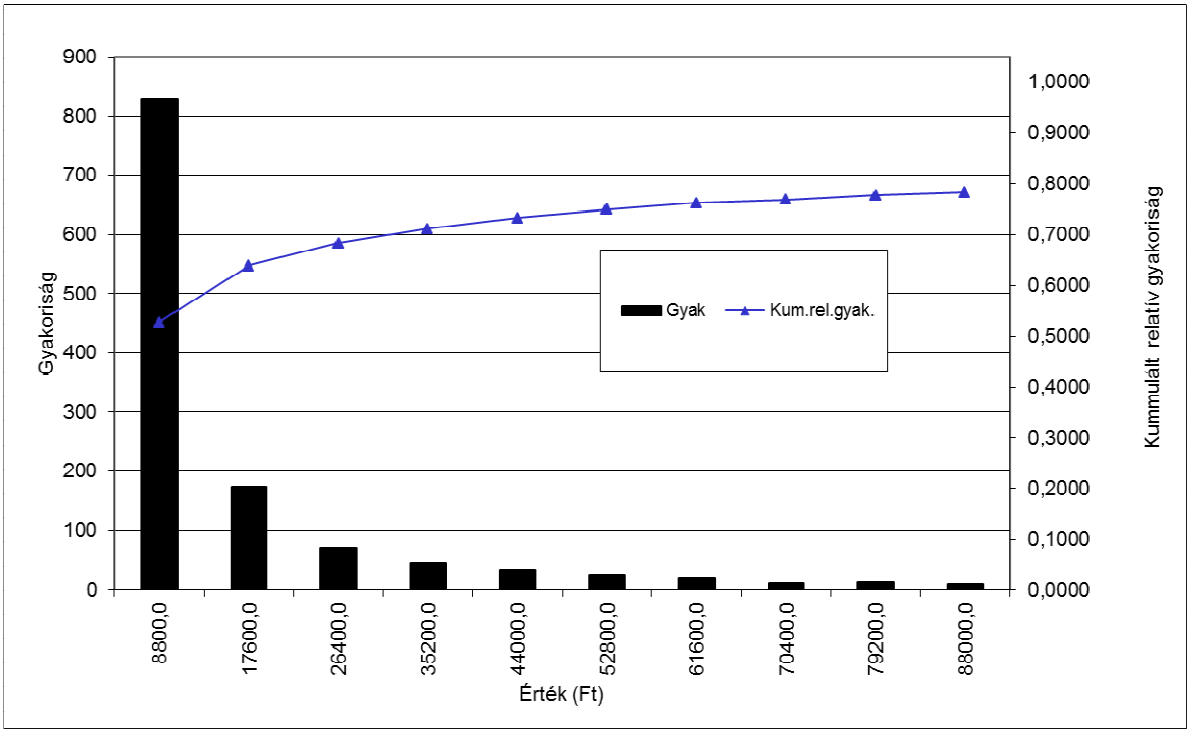
Az elemzés célja, hogy az adott jellemző szempontjából lényeges és lényegtelen anyagokat külön válasszuk [4], azokra a későbbiekben eltérő figyelmet fordítsunk. Tipikus példája ennek, amikor a készletekben lekötött érték szerint rangsoroljuk és osztályokba soroljuk az anyagokat. Ekkor a vízszintes tengelyen készletérték szerint csökkenő sorrendben tüntetjük fel az anyagokat. A baloldali függőleges tengelyen az adott anyagok össze értéke található. A jobboldali függőleges tengely a balról jobbra összegzett (halmozott) készletérték és az összes készletérték hányadosát mutatja. Az ábráról leolvasható, hogy az összes készletérték 70%-át hatféle anyag adja. Ezek kerülnek az A csoportba. Ha a készletekben lekötött pénz csökkentése (pénzfelszabadítás) a cél, akkor ezekre kell a figyelmet összpontosítani.

Az 5. ábra az előző adathalmazra mutatja az ABC elemzés logikája szerinti megoszlást.



5. ábra A cikkek érték szerinti megoszlása teljes adathalmazra

A készleten lévő cikkek 90%-a 88 000 Ft-nál kisebb értéket képvisel. Ezek adják a teljes készletérték 49,2 %-át.



6. ábra A 88 000Ft-nál kisebb készletértékű cikkek eloszlása

Értékelhető strukturáltságot csak a 8800-nél kisebb készletértékű anyagok eloszlása mutat. A – például készletcsökkentő – beavatkozások azonban itt a legkisebb hatásúak.

4. Korrelációelemzés

A karbantartási anyagok készleteinek vizsgálata klaszterelemzéssel három tényezőre terjedt ki:

- elszámoló ár (elsz_ár);
- éves készletmennyiség (kész_menny);
- utolsó mozgástól eltelt idő (uto_mozg).

Az elemzés megkezdése előtt a rendelkezésre álló adatokat egy szűrési folyamatnak kell alávetni. A szűrési folyamat egy olyan eljárás, amely az alternatívák – jelen esetben karbantartási anyagok készleteinek - egy adott halmazát kisebb elemszámú halmazra szűkíti úgy, hogy az eredményül kapott részhalmaz nagy valószínűséggel tartalmazza a legjobb megoldásokat – a legfontosabb készleteket [1]. Ennek értelmében ki kell szűrni mindazon anyagokat, amelyek esetében bármely tényező tartalmaz 0 értéket és bent kell tartani minden olyan anyagot, amely mindhárom tényező szerint 0-tól különböző értékkel rendelkezik annak érdekében, hogy az elemzést ezek az értékek ne torzíthassák. A szükséges számítások az SPSS Statistics 18 szoftver segítségével végeztük.

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum
uto_mozg	1595	,5923	4718,0000
kész_menny	1595	,1200	4800,0000
elsz_ár	1595	,0000	253837,0000
Valid N (listwise)	1595		

2. táblázat A vizsgálatba bevont három tényező minimum és maximum értéke

A 2. táblázat mutatja, hogy a vizsgálatba 1595-féle karbantartási anyag került bevonásra és csak az elszámoló ár szerint regisztráltak 0 értéket.

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum
uto_mozg	1287	,5923000000	4718,0000000000
kész_menny	1287	,1200000000	4800,0000000000
elsz_ár	1287	,1600000000	253837,0000000000
Valid N (listwise)	1287		

3. táblázat A vizsgálatba bevont három tényező minimum és maximum értéke a szűrt halmazon

A szűrt adathalmaz minimum és maximum értékeit mutatja a 3. táblázat. Jól látszik, hogy mindhárom tényező szerint összesen 1287 anyag esetében regisztráltak 0-tól különböző értéket.

Az elszámoló ár, mint az elemzés során figyelembe vett tényező, más szempontból is figyelmet érdemel, ugyanis a készletelemzés során a leggyakrabban figyelembe vett tényező a pénzértékben kifejezett készletérték [2], ami ebben az esetben a készleten tartott mennyiség (kész_menny) és az elszámoló ár (elsz_ár) szorzata. A három tényezős elemzés így két tényezősre egyszerűsödhet, ami jelentősen megkönnyítheti a vizsgálatot. Azonban ahhoz, hogy ezt az egyszerűsítést megtehessük, előbb azt kell megvizsgálni, hogy ez a lépés okoz-e információvesztést. Ennek kimutatására alkalmazható a korrelációelemzés.

Correlations

			uto_mozg	elsz_ár	kész_menny	kért_elsz_ár
Spearman's rho	uto_mozg	Correlation Coefficient	1,000	,051	-,265**	-,137**
		Sig. (2-tailed)	.	,067	,000	,000
		N	1287	1287	1287	1287
	elsz_ár	Correlation Coefficient	,051	1,000	-,594**	,725**
		Sig. (2-tailed)	,067	.	,000	,000
		N	1287	1287	1287	1287
	kész_menny	Correlation Coefficient	-,265**	-,594**	1,000	,069*
		Sig. (2-tailed)	,000	,000	.	,013
		N	1287	1287	1287	1287
	kért_elsz_ár	Correlation Coefficient	-,137**	,725**	,069*	1,000
		Sig. (2-tailed)	,000	,000	,013	.
		N	1287	1287	1287	1287

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

4. táblázat A karbantartási anyagok csoportosítását meghatározó tényezők közti korrelációs együtthatók

A Spearman-féle korrelációs együtthatók két esetben mutatnak jelentős együttmozgást (4. táblázat):

- kész_menny és elsz_ár;
- kért_elsz_ár és elsz_ár között.

Az első két tényező közti jelentős negatív korreláció jelentése, hogy a vizsgált vállalat az alacsony értékű karbantartási anyagokból tart készletet. A második esetben, mivel a készletérték elszámoló áron (kért_elsz_ár) származtatott tényező, amiben szerepel az elszámoló ár, ezért a korreláció magas értéke ebben az esetben indokolt.

A klaszterelemzés kiinduló feltétele a vizsgált tényezők függetlensége [5]. A 4. táblázat alapján az uto_mozg és az elsz_ár tényezők függetlenségét nem tudjuk teljes bizonyossággal kimondani a magas szignifikanciaszint miatt, ezért e két tényező együttes szerepeltetése az elemzésben megkérdőjelezhető. Azonban a kért_elsz_ár a magas pozitív korreláció miatt az elszámoló ár hatását már tartalmazza.

Továbbá a kért_elsz_ár, az uto_mozg, valamint a kész_menny közti kapcsolat közel semlegesnek mondható, így a korábbi három tényező helyett a klaszterelemzés során a karbantartási anyagok csoportjait az alábbi három tényező határozza meg:

- utolsó mozgástól eltelt idő (uto_mozg);
- éves készletmennyiség (kész_menny);
- készletérték elszámoló áron (kért_elsz_ár).

5. Klaszterelemzés

A klaszterelemzés másik követelménye, hogy az egyes tényezőkhöz tartozó skálák egymással összevethetők legyenek [5]. A vizsgálatba bevont tényezők magas mérési szintűek, arányskálán mért változók, azonban eltérő ezeknek az intervallumoknak a hossza, átlaga és szórása, ami torzíthatja az egyes változók csoportosításra gyakorolt hatását. A torzító hatás kiküszöbölésére, egységre kell őket normálni. Az egyes változók maximum értékével való osztást követően a regisztrált korábbi értékek (0;1] intervallumba esnek, ami lehetővé teszi az egyes skálák összevetését, a klaszterelemzés elvégzését (5. táblázat).

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum
norm_uto_mozg	1287	,0001255405	1,0000000000
norm_kész_menny	1287	,00000454618	1,00000000000
norm_kért_elsz_ár	1287	,00000454618	1,00000000000
Valid N (listwise)	1287		

5. táblázat A vizsgálatba bevont három tényező egységre normált alakjának minimum és maximum értéke

A halmazelemek nagy száma miatt a k-középpontú csoportképző eljárás a legcélravezetőbb. Erre az eljárásra jellemző, hogy a kialakítandó csoportok számát előre meg kell adni. Az ABC analízis lényegéből fakadóan a kezdeti csoportok számát 3-nak választottuk.

A k-középpontú klaszteranalízis eredményét a 6. táblázat mutatja.

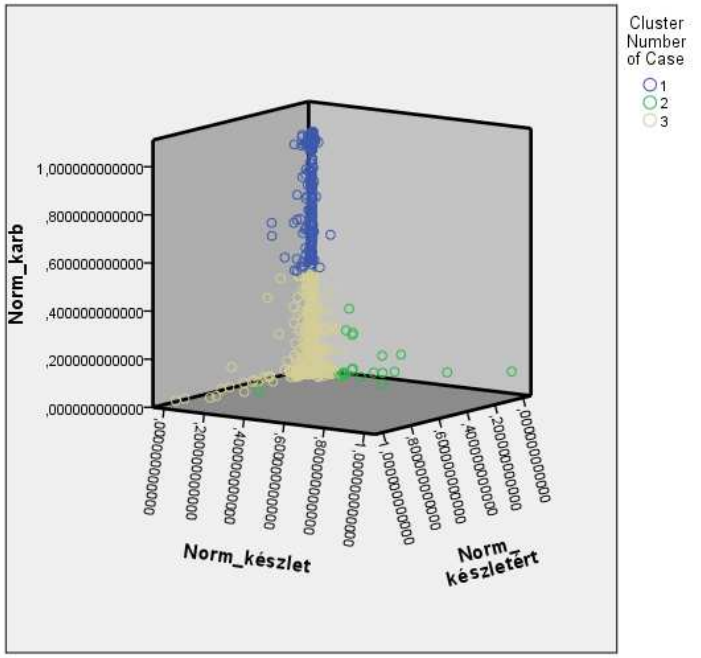
Number of Cases in each Cluster

Cluster	1	286,000
	2	21,000
	3	980,000
Valid		1287,000
Missing		,000

6. táblázat Klaszterelemzés eredménye 3 csoport esetén

A 6. táblázatban a Cluster2 felel meg az ABC analízis A, Cluster1 a B és a Cluster3 a C osztályának. A táblázat utolsó sora mutatja, hogy minden anyagot sikerült valamely

klaszterbe besorolni. A második klaszter kis elemszámából következik, hogy a készleten tartott anyagoknak csupán 1,6 százaléka rendelkezik kiugróan magas értékekkel. A 7. ábra mutatja, hogy az ebbe a csoportba tartozó anyagok jellemzően a magas készletértéknek köszönhetően kerültek külön csoportba.



7. ábra Klaszterelemzés eredményének megjelenítése három dimenziós koordináta-rendszerben 3 csoport esetén

A harmadik csoport magas elemszáma azt tükrözi, hogy a vizsgált termékek túlnyomó többsége hasonlóan alacsony értékű mutatóval rendelkezik. Ezt a megállapítást támasztja alá az is, hogy a 4 vagy 5 csoport kezdeti megadásával elvégzett k-középpontú klaszteranalízis jelentős mértékben nem változtatta meg a harmadik csoportot, elemszáma 980-ról 4 csoport esetében 986-ra nőtt, kis mértékben csökkentve a B csoport elemszámát, majd 5 csoport esetén 802 darabra csökkent (7. táblázat).

Number of Cases in each Cluster

Cluster	1	986,000
	2	8,000
	3	275,000
	4	18,000
Valid		1287,000
Missing		,000

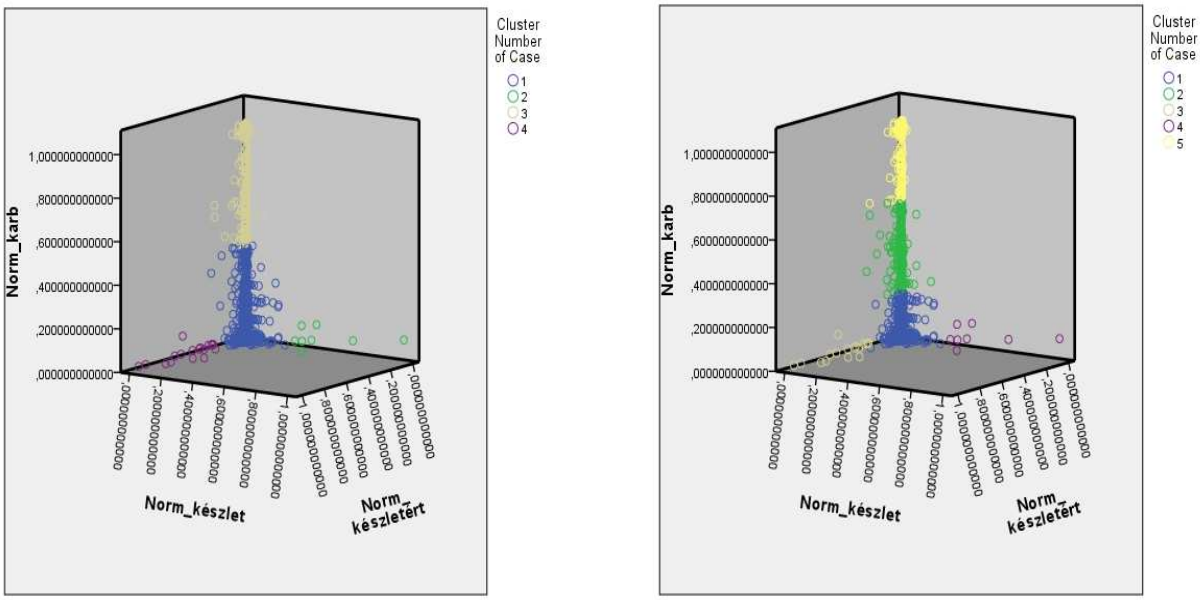
Number of Cases in each Cluster

Cluster	1	802,000
	2	268,000
	3	17,000
	4	8,000
	5	192,000
Valid		1287,000
Missing		,000

7. táblázat Klaszterelemzés eredménye 4 és 5 csoport esetén

A 7. ábra jól szemlélteti a korábbi korrelációelemzés eredményét, mely szerint az elemzés során figyelembe vett tényezők függetlenek egymástól. Az egyes anyagokat reprezentáló pontok a három dimenziós koordináta-rendszer három tengelye mentén csoportosulnak. Erre vonatkozóan a csoportok számának bővítése 3-ról 4-re, majd 5-re további információval szolgál a kiugró értékekkel rendelkező anyagok azonosításában. 4 csoport esetében magas készletértékkel rendelkező anyagok a második, régóta nem mozgó anyagok a harmadik, míg a nagy mennyiségben készleten tartott anyagok a negyedik klaszterbe kerültek. A csoportok számának bővítése csak az első klaszterre volt hatással, azt két csoportra bontva. A korábbi második, harmadik és negyedik csoport megfeleltethető az 5 csoport beállítását követően eredményül kapott negyedik, harmadik és második klaszternek.

A készletértékben és a készleten tartott mennyiségben tapasztalt kiugró értékek alapján kialakuló csoportok kis elemszámából következik, hogy az elemzésbe bevont karbantartási anyagok csoportosítását jellemzően az utolsó mozgástól eltelt idő határozza meg (8. ábra). Ugyanakkor az ábrákból az is kiolvasható, hogy a vizsgált vállalat jellemzően alacsony értékű, de gyakran mozgó karbantartási anyagokból tart készletet, ami egybecseng a korrelációelemzés alapján tett megállapításokkal. 192-féle karbantartási anyag esetében az utolsó mozgástól eltelt idő magas értéke indokolta egy új csoport kialakítását - ötödik klaszter. Ezeknek az anyagoknak a készletértéke elszámoló áron jellemzően alacsony, a lekötött tőkére és ezen keresztül a vállalat likviditására nincs szignifikáns hatással, ugyanakkor a készleten tartott mennyiség csökkentésével a vállalatnak lehetősége van a készletgazdálkodásának javítására.



8. ábra Klaszterelemzés eredményének megjelenítése három dimenziós koordináta-rendszerben 4 és 5 csoport esetén

A k-középpontú klaszteranalízis bővítése a kezdeti 3 csoportról 4-re az első két klaszterre volt hatással, majd 5 csoport beállítását követően sikerült azonosítani az egyes tényezők szerint kiugró értékekkel rendelkező anyagok csoportjait, ami nagymértékben segítheti a vállalatot a készletezési politikák kialakításában.
Tehát a csoportképzés ideális klaszterszáma 5.

6. Következtetések

A konkrét adatok alapján a következő megállapításokat tehetjük:

- Első lépésként célszerű a 4500-5000 nap közötti utolsó mozgású anyagok felülvizsgálata, hogy milyen mértékben van közöttük szükséges, és felesleges.
- A klaszterelemzés alapján az elfekvőségek elemzését a 802 nap középpontú csoport többi tagjaival érdemes folytatni.

A bemutatott elemzés az elfekvőségek vizsgálatára irányult. Az optimális készletek elérését célzó elemzéshez egy teljesebb, az utolsó mozgás mellett a mozgások részletes történeti adatait – elsősorban a felhasználást – is figyelembe kell venni.

A készletek elemzése jelentősen hozzájárulhat a karbantartási anyagokkal történő jobb gazdálkodáshoz, ezáltal az eredményesebb karbantartáshoz. A két kritikus tényező – készletérték és elfekvőség – vizsgálatához a mai informatikai rendszerekben már megtalálhatók a szükséges adatok.

Már az olyan egyszerű módszer is, mint a gyakorisági és ABC elemzés is rámutathat a készletek összetételének sajátosságaira.

Korrelációs elemzéssel kimutatható a különböző mutatószámok közötti kapcsolat, ezáltal az értékelési rendszer egyszerűsíthető.

A klaszterelemzés a hagyományos ABC elemzésen túlmutatóan a ’természetes’ csoportok azonosítását támogatja.

Mindegyik módszernél fontos azoknak a releváns csoportoknak az azonosítása, amelyeket célszerű vizsgálni. Ezt az adatok megfelelő szűrésével érhetjük el.

6. Felhasznált források

[1] Chen, Ye - Kilgour, D. Marc – Hipel, Keith W.: A case-based distance method for screening in multiple-criteria decision aid, Omega, Vol. 36, Issue 3 (2008) 373–383

[2] Chen, Y.: A case-based distance model for multiple criteria ABC analysis, Computers & Operations Research 35 (2008) 776 – 796

[3] Cho, D.I. - Parlar, M.: A survey of maintenance models for multi-unit systems, European Journal of Operational Research 51 (1991), 1-23.

[4] Prezenszki, J.: Logisztika II., Logisztikai Fejlesztési Központ, Budapest, 2005.

[5] Sajtos, L. – Mitev, A.: SPSS kutatási és adatelemzési kézikönyv, Alinea Kiadó, Budapest, 2007.

[6] Scarf, P.A.: On the application of mathematical models in maintenance, European Journal of Operational Research 99 (1997) 493-506

[7] Zopounidis, C.: MCDA methodologies for classification and sorting, European Journal of Operational Research 138 (2002) 227–228