Berendezések karbantartásának megbízhatóság központú mátrixos projekttervezése

Németh Anikó, Pannon Egyetem, Veszprém
nemethani@gtk.uni-pannon.hu
Dr. Kosztyán Zsolt Tibor, Pannon Egyetem, Veszprém
kzst@vision.vein.hu

Abstract

What the maintenance engineers of companies are to achieve, is well described by the following quote from the movie, Wedding Crashers: "You never know what future brings for us. The only thing we can do is to make the best decision based on the available information." These engineers aim to select the optimal project candidate considering the available information and data, which may not result in the expected outcome in the end. Moreover, the company will may lack of time, human or financial resources to even carry out the plan. As a consequence, projects should be planned to satisfy all type of requirements. The question is: is this achievable?

During project planning, the methodology considers risk and reliability factors of equipments as inputs. Based on these values, a priority order of interventions can be established, that can help in the maintenance plan design. An important aspect of the methodology is to take into consideration the constraints subject to time, financial, and other resources as well.

Key words: projet planning, reliability-centered, matrix, project expert matrix

Bevezető

„Sohasem tudhatjuk, hogy mit hoz számunkra a jövő. Egyet tehetünk: a rendelkezésre álló információk alapján meghozzuk a legjobb döntést.” – hallható az Ünneprontók Ünnepe című filmben. A vállalatok karbantartás tervezői is pontosan ezt próbálják megvalósítani. A rendelkezésre álló információk, adatok figyelembevételével igyekeznek a legjobb döntést hozni, hogy mikor melyik berendezésüket vessék karbantartási munkálatok alá. Az a döntés nem biztos, hogy a vállalat számára megfelelő eredményt éri el, de az is előfordulhat, hogy nem áll majd rendelkezésre elegendő idő, költség vagy munkaerő a tervek kivitelezéséhez. Egyszerűnek tűnhet a megoldás. Olyan projektet kell tervezni, ami minden igényt kielégít. Tesszük fel a kérdést – ez működik?

Általunk kidolgozott tervezési módszerhez bemenetként felhasználjuk a berendezésekre vonatkozó megbízhatósági, illetve kockázati adatokat. A módszer alkalmazásával beavatkozási prioritási sorrendet tudunk megállapítani, így összeállíthatunk egy megfelelő karbantartási tervet is. Különlegessége ennek a szakértői rendszernek, hogy a berendezések megbízhatósági, kockázati adatain túl a karbantartási terv, karbantartási projekt kialakításában figyelembe veszi a rendelkezésre álló idő-, költség- és erőforrás-korlátot is.

1. Karbantartás jelentősége

Minden munkát végző ember tevékenységei során eszközt vagy eszközöket használ, amelyek elromolhatnak, tönkremehetnek, így megállapítható, hogy a karbantartás problematikája már azóta jelen van életünkben, mióta eszközöket használunk. Ezen munkavégzési eszközök javíttatásáról gondoskodni kell, hogy a további értékteremtés céljait ki tudják szolgálni. Így következtethetünk arra, hogy a karbantartás azoknak a tevékenységeknek az összessége, amelyeket el kell végezni az állóeszközök üzemképessége és rendeltetésszerű használata érdekében. Másképp megfogalmazva, a karbantartás mindazoknak a műszaki és adminisztratív tevékenységeknek a kombinációja, amelyek célja az, hogy a terméket előírt funkciójának teljesítésére alkalmas állapotban megtartsák, illetve ebbe az állapotba visszaállítsák. (Gaál-Kovács, 2002)(Gaál, 2007), (Garbatov-Guedes, 2009), (Selvik-Aven, 2010)

Bátran kijelenthetjük, hogy ma már a karbantartás összetettebb. Nemcsak a vállalati működés támogatását kell kielégítenie, hanem jelentős szerepet tölt be a termelő- és szolgáltató folyamatok hatékonyságának növelésében, így a szervezetek fennmaradásában és fejlődésében is oroszlánrészt vállal. (Szabó-Dancsesz, 2009); (Horváth, 2006)

2. A karbantartás tervezhetőségének nehézségei

A nagyvállalatok karbantartás tervezői által sok munkával eltöltött hét, esetleg hónap alatt összeállított terveik foglalják össze a karbantartási részleg feladatait. Ezek azonban gyakran betarthatatlannak bizonyulnak és már műhely szintjére elérve többnyire elhalnak. A jelenség okát ugyanakkor nem a készítők szaktudásában kell keresni, érdemes mélyebbre ásni.

Gyakori probléma, hogy a tervek megírói még csak meg sem érintették soha a berendezéseket, amelyekről véleményt alkottak, nem ismert a berendezések funkcióit, hibáit, azok hatásai és következményeit. Nem ritka, hogy olyan, egyébként kiemelkedő tudással rendelkező szakemberek állítják össze a karbantartási terveket, akik azzal sincsenek tisztában, hogy egyáltalán milyen körülmények között üzemel az adott berendezés. Jól példázzák az esetet a minden újonnan vásárolt berendezéshez mellékelt karbantartási utasítások, amelyeket a gyártó vállalat állít össze elméleti számításokra alapozva. Az így elkészült tervek általános jellegűek és pontatlan leírásokat tartalmazhatnak. Megoldást jelent, hogy már a berendezések átvizsgálási folyamatában, azok értékelésébe a műhelyi dolgozókat bevonják, hiszen ők azok, akik ténylegesen ismerik és tudják a berendezések működését, tudják, hogy mi a baj velük és hogy hogyan kell az egyes bajokat, hibákat orvosolni, milyen következményekkel járnak az egyes hibák és mi a javítás módja. (Péczely-Pék, 2003), (Gaál, 2003), (Péczely, 2009)

A sikeres és hosszantartó karbantartási program kidolgozásában a felhasználók és a karbantartók közösen vesznek részt. A karbantartás ugyanis soha nem egy öncélú folyamat, mindig más funkciókat szolgál ki. Ám az igények pontos és alapos megértése nélkül képtelenség megfelelő programot kidolgozni. A karbantartás biztosítja tehát a felhasználó számára az eszközzel szembeni teljesítményelvárások beteljesülését . A korszerű karbantartási stratégia kialakításában ez azt jelenti, hogy meg kell kérdezni a felhasználót, hogy mi a kívánsága. Mind a felhasználónak, mind pedig a karbantartónak ügyelnie kell, hogy az eszköz képes-e az elvárt

teljesítményt biztosítani. Az eszközök feladatának meghatározásán túl az üzemeltetőnek a stratégia kialakítási folyamatában is aktívan részt kell vennie. A hibamód-elemzésben való részvétele során megismeri az emberi hiba okozta meghibásodások nagy jelentőségét és így azt is, hogy mit kell tennie a géptörések megelőzéséért. Kulcsszerepet játszik a hibakövetkezmények értékelésében (a hiba jelei, a kockázat elfogadható szintje, a terméket és minőségét befolyásoló hatások) és felbecsülhetetlen személyes tapasztalattal rendelkezik a legtöbb szokásos hibával kapcsolatban. Ez a folyamat nagymértékben segíti a felhasználót abban, hogy átérezze, miért szükséges időnként gépeit átengedni karbantartásra, és miért kell megkérni az üzemeltetőket egyes karbantartási feladatok elvégzésére. (Kövesi, 1991), (Péczely-Pék, 2003), (Gaál, 2003), (Péczely, 2009), (Garbatov-Guedes, 2009), (Selvik-Aven, 2010), (Eisinger-Rakowsky, 2001)

Egy jó elemzés, és ez alapján történő karbantartás megvalósítása közvetlenül nem a karbantartási költséghatékonyságot, hanem a cég egészének működését javítja. Fontos megjegyezni, hogy nem szabad kizárólag a közvetlenül felmerülő karbantartói költségekre koncentrálni. Fel kell ismerni, hogy a jól működő karbantartás nem egyenértékű az olcsó karbantartással. Ugyanis a fenntartási feladatokra helyesen elköltött minden forint a termelés oldalán magasabb rendelkezésre állásban, megbízhatóbb folyamatokban kamatozik. A berendezések megfelelő beállításával és működtetésével, azok hosszabb életűvé válhatnak, mint korábban. (Kövesi, 1991), (Péczely-Pék, 2003), (Gaál, 2003), (Péczely, 2009)

Egy sikeres elemzést követően még mindig problémával állunk szemben, hiszen meg kell oldanunk azt a feladatot is, hogy korábbi elemzési eredményeket felhasználva tervezzük meg berendezéseink karbantartását.

2.1. Karbantartási terv és karbantartási projektek összeállítása

Nagyvállalatoknál jellemző, hogy a karbantartási feladatok nagy részét ma már projektek keretében realizálják, ahol a műszaki, technikai paraméterek mellett azon menedzsment módszerek és technikák kerülnek a középpontba, melyek támogatják a feladatok hatékony és eredményes végrehajtását. A projektszemléletű karbantartási tevékenység során olyan területekre helyeződik a hangsúly, mind a projekt kialakítása, a projekt résztvevők kiválasztása, irányítása és motiválása; a projekt részletes tervezése és nyomon követése stb. Megállapíthatjuk, hogy a karbantartási projektek esetében a rendszerorientált projektszemlélet elengedhetetlen. (Szabó-Dancsesz, 2009); (Horváth, 2006).

A betervezett karbantartási tevékenységek sorozatát tekinthetjük speciális karbantartási projektnek. Azonban a hagyományos projekttervezési technikák számos, a karbantartás során felmerülő problémát megválaszolatlanul hagynak. Az első ilyen probléma a körfolyamatok kezelése. Gyakran előforduló probléma, hogy egy karbantartási technológiai folyamat során egy-egy tevékenységre többször is vissza kell térnünk. Melyek lehetnek ezek a tevékenységek? Hogyan tervezhetők az ilyen, többször előforduló tevékenységsorok? (Szabó, 2005), (Szabó-Gaál, 2006), (Szabó et al., 2007)

A másik probléma, ami a karbantartási terv összeállításánál felmerülhet, hogy mely berendezés karbantartását milyen sorrendben hajtsuk végre. Erre a determinisztikus logikai tervezési technikák nem adnak megfelelő választ, hiszen egy berendezés javításának technológiai folyamata kötött. Itt az egyes lépéseket nem lehet felcserélni, de azt hogy mely berendezéseket javítsuk, az már lehet egy prio-

ritási sorrend, valamint a rendelkezésre álló idő-, költség- és erőforrásigények függvénye is. A következőkben bemutatott olyan mátrix-alapú projekttervezési eljárás, amelyek képesek a fenti problémákat kezelni.

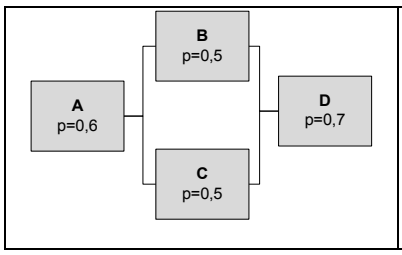
3. A megbízhatóság és kockázat központú projekt szakértői mátrix

A megbízhatóság alapú projekt szakértői mátrix (r2PEM[1]) minden esetben a kiindulópont. Ennek átlójában a berendezések vagy berendezéselemek megbízhatósági vagy esetenként kritikussági értékeit írjuk, melyeket korábbi diagnosztikai mérésekből, szakértői véleményekből (pl.: OEE[2]), vagy a korábban megnevezett RCM-team elemzéseiből nyertünk.

Minél nagyobb egy tevékenység várható meghibásodása/kockázata, annál nagyobb a valószínűsége, hogy ezt az elkövetkezendő időszakban javítanunk, karbantartanunk kell. Ha egy karbantartási tevékenység megbízhatósága p, akkor 1-p annak a meghibásodását (nem inkább megbízhatatlanságát, vagy meghibásodási valószínűségét? A meghibásodás alatt mást értenek az emberek. Ha mégis ezt a szót használod, pontosítsd, hogy mit értesz alatta.) jelöli. Minél alacsonyabb a meghibásodási érték, annál nagyobb a valószínűsége, hogy nem hajtjuk végre az adott karbantartási tevékenységet a következő időszakban.

A módszer jobb megértése céljából vegyünk alapul egy 4 berendezésből álló rendszert.

1. táblázat: Négy berendezésből álló rendszer és megbízhatósági diagramja



r²PEM	A	B	C	□
A	0,6	0,5	0,5	
B		0,5		0,5
C			0,5	0,5
D				0,7

Forrás: saját munka

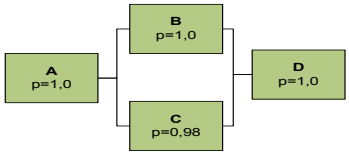
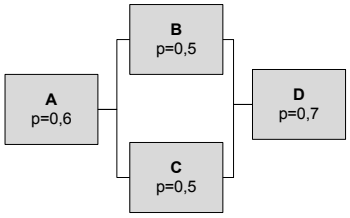
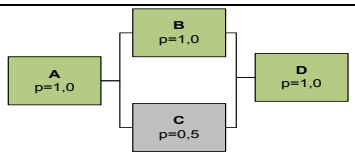
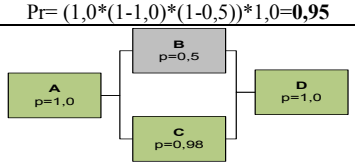
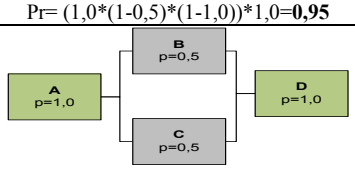
Elsődleges célfüggvényünk, hogy olyan karbantartási projekttervek készítsünk el, mellyel maximális össz-rendszerszintű megbízhatóság érhető el. A tevékenységek kiválasztása előtt megadhatjuk azt a megbízhatósági szintet, amely felett egy részrendszer, berendezés mindenképpen szerepel a karbantartási tervben. Ezek mellett pedig azt is megadhatjuk, hogy mi lesz az a minimális rendszer-megbízhatósági szint, ami felett fogom a generált karbantartási projektterv figyelembe venni.

2. táblázat: Egy négy elemből álló rendszer megbízhatóságainak változása a karbantartást követően

A négy elemből álló rendszer kiindulási megbízhatósági mátrixa és megbízhatósági diagrammja	Karbantartási projektszcenárió mátrixok karbantartás előtt, illetve után	A karbantartási projekt során a kiválasztott berendezések karbantartása Össz-rendszerszintű megbízhatóság változása

1 R2PEM = reliability-risk project expert matrix

2 OEE = Overall Equipment Effectiveness

	1111 azaz mindegyik berendezés szerepel a karbantartási listán	r^2PEM A: 0,6 / 0,5 / 0,5 B: 0,5 / 0,5 C: 0,5 / 0,5 D: 0,7 r^2PEM A: 1,0 / 0,5 / 0,5 B: 1,0 / 0,5 C: 0,98 / 0,5 D: 1,0	 Karbantartás előtti össz-rendszer megbízhatóság: Pr= (0,6*(1-0,5)*(1-0,5))*0,7=**0,315** Karbantartás utáni össz-rendszer megbízhatóság: Pr= (1,0*(1-1,0)*(1-0,98))*1,0=**0,96**
r^2PEM A: 0,6 / 0,□ / 0,5 B: 0,□ / 0,5 C: 0,5 / 0,5 D: 0,□  	**1101** azaz a C berendezés kivételével mindegyik szerepel a karbantartási listán	r^2PEM □: 0,6 / 0,5 / 0□5 B: 0,5 / 0,5 C: 0,5 / 0,5 D: 0,7 r^2PEM A: 1,0 / 0,5 / 0,5 B: 1,0 / 0,5 C: 0,5 / 0,5 D: 1,0	 Karbantartás előtti össz-rendszer megbízhatóság: Pr= (0,6*(1-0,5)*(1-0,5))*0,7=**0,315** Karbantartás utáni össz-rendszer megbízhatóság: Pr= (1,0*(1-1,0)*(1-0,5))*1,0=**0,95**
	1011 azaz a B berendezés kivételével mindegyik szerepel a karbantartási listán	r^2PEM A: 0,6 / 0,5 / 0,5 B: 0,5 / 0,5 C: 0,5 / 0,5 D: 0,7 r^2PEM A: 1,0 / 0,5 / 0,5 B: 0,5 / 0,5 C: 0,98 / 0,5 D: 1,0	 Karbantartás előtti össz-rendszer megbízhatóság: Pr= (0,6*(1-0,5)*(1-0,5))*0,7=**0,315** Karbantartás utáni rendszer-megbízhatóság: Pr= (1,0*(1-0,5)*(1-1,0))*1,0=**0,95**
	1001 azaz a B és berendezés kivételével mindegyik szerepel a karbantartási listán	r^2PEM A: 0,6 / 0,5 / 0,5 B: 0,5 / 0,5 C: 0,5 / 0,5 D: 0,7 r^2PEM A: 1,0 / 0,5 / 0,5 B: 0,5 / 0,5 C: 0,5 / 0,5 D: 1,0	 Karbantartás előtti össz-rendszer megbízhatóság: Pr= (0,6*(1-0,5)*(1-0,5))*0,7=**0,315** Karbantartás utáni össz-rendszer megbízhatóság: Pr= (1,0*(1-0,5)*(1-0,5))*1,0=**0,72**
	…		

Forrás: saját munka

Az alkalmazott tervezési módszer először a lehetséges karbantartási terveket határozza meg, vagyis arra a kérdésre fogjuk megkapni a választ, hogy mit, milyen berendezések karbantartását hajtsuk végre. Másodlagos célfüggvénynek a projektstruktúrák prioritásainak maximalizálását lehet választani. Ezzel a módszerrel a lehetséges végrehajtási sorrendeket rangsorolhatjuk, hogy kiválasszuk közülük az igényekhez leginkább illeszkedőt Korlátként az időt, a költség-, valamint az erőforrásigényeket adhatjuk meg. Azt a karbantartási tervet választjuk, ahol a peremfeltételeket figyelembe véve a projektváltozat össz-rendszerre számolt megbízhatósága a legnagyobb (a legnagyobb meghibásodási valószínűséggel/legnagyobb

kockázattal rendelkező problémák kijavításához szükséges karbantartási tevékenységeket hajtjuk végre). Ezen belül olyan tevékenységi sorrendet választunk, amelyet a szakértők leginkább preferálnak.

Ha a berendezésekre tervezett karbantartások végrehajtási sorrendjére nincs semmilyen megkötés, akkor egyrészt célszerű a nagyobb meghibásodási értékű, nagyobb kockázatú berendezés karbantartásának megvalósításával kezdeni. Majd a tevékenységek rákövetkezési relációja az ún. indifferens kapcsolati erősség (esetünkben ez 0,5) lesz. Ebben az esetben ugyanis mindegy, hogy két tevékenységet sorosan, vagy párhuzamosan hajtjuk végre. Ha jobban preferáljuk a soros végrehajtást a párhuzamosnál, akkor a 0,5-ös értéknél nagyobb értéket rendelünk a berendezések rákövetkezési relációjához.

Kimenetként egy olyan karbantartási tervet kapunk, amely pontosan megmutatja, hogy mely berendezések karbantartását kell majd végrehajtani, milyen karbantartási költség, időráfordítás és munkaerőigény mellett.

Összefoglaltuk, hogy egy négy berendezésből álló sor karbantartásához mennyi lehetséges karbantartási projekttervet lehet elkészíteni. A prioritási értékek adják meg a megfelelő sorrendet, hogy mely berendezések karbantartása vezet a legmagasabb megbízhatósági értékhez. Amennyiben a rendszer megbízhatósága például eléri a célfüggvényként megjelölt 70%-ot, a lehetséges projektstruktúrát megfelelőnek tekintjük, hiszen az elvárt megbízhatósági szintet a kiválasztott berendezések karbantartásával elérjük. A többi lehetséges karbantartási projektváltozat vizsgálatát nem folytatjuk, így még a projektváltozatok számosságát is redukáltuk.

3. táblázat: Össz-rendszerszintű megbízhatóság változása az adott berendezések javítását követő-en

	Berend.+komb.	P_R	F_R	ΔF_R	Prioritási értékek
0000	egyiket sem	31,5%	68,5%	0,0%	0
1000	A	51,5%	48,6%	20,0%	0,291241
0100	B	41,6%	58,4%	10,1%	0,147153
0010	C	41,6%	58,4%	10,1%	0,147153
0001	D	44,1%	55,9%	12,6%	0,183942
1100	AB	67,9%	32,1%	36,4%	0,531591
1010	AC	67,9%	32,1%	36,4%	0,531591
1001	AD	72,0%	28,0%	40,5%	0,591679
0110	BC	42,0%	58,0%	10,5%	0,153039
0101	BD	58,2%	41,8%	26,7%	0,389956
0011	CD	58,2%	41,8%	26,7%	0,389956
1110	ABC	68,6%	31,4%	37,1%	0,541205
1101	ABD	95,1%	4,9%	63,6%	0,928169
1011	ACD	95,1%	4,9%	63,6%	0,928169
0111	BCD	58,8%	41,2%	27,3%	0,398197
1111	ABCD	96,0%	4,0%	64,5%	0,941629

4. táblázat: Össz-rendszerszintű megbízhatósági-ok változásainak prioritás érték szerint rendezett összefoglalása

Sorrend	Berend.+komb.	P_R	F_R	Prioritási értékek
1	ABCD	96,0%	4,0%	0,941629
2	ABD	95,1%	4,9%	0,928169
3	ACD	95,1%	4,9%	0,928169
4	AD	72,0%	28,0%	0,591679
5	ABC	68,6%	31,4%	0,541205
6	AB	67,9%	32,1%	0,531591
7	AC	67,9%	32,1%	0,531591
8	BCD	58,8%	41,2%	0,398197
9	BD	58,2%	41,8%	0,389956
10	CD	58,2%	41,8%	0,389956
11	A	51,5%	48,6%	0,291241
12	D	44,1%	55,9%	0,183942
13	BC	42,0%	58,0%	0,153039
14	B	41,6%	58,4%	0,147153
15	C	41,6%	58,4%	0,147153
16	nincs változás	31,5%	68,5%	0

Forrás: saját munka

Nem elegendő, hogy a rendszer megbízhatósága emelkedik, a korlátoknak (idő-, költség-, erőforrás-) is meg kell felelniük.

5. táblázat: A rendszer karbantartására vonatkozó korlátok

Felhasznált adatok		
Időkorlát:	129	nap
Költségkorlát:	14.750	EUR

Forrás: saját munka

6. táblázat: A rendszer karbantartására vonatkozó adatok

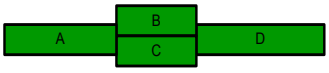
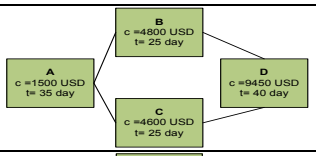
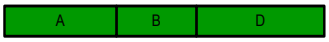
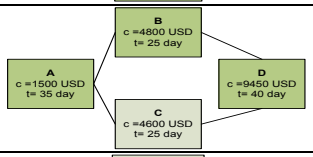
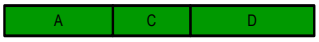
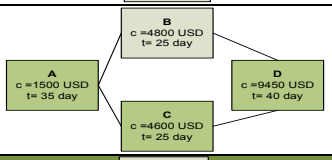
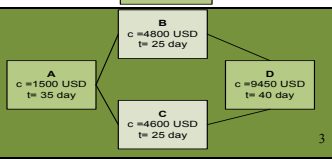
Egységek adatai:	C_{karban} (EUR)	t_{karban}
A	1.500	35 nap
B	4.800	25 nap
C	4.600	25 nap
D	9.450	40 nap

7. táblázat: Az elkészült karbantartási terv megfeleltetése idő- és költségkorlátoknak

Sorrend	Berend.+komb.	Prioritási értékek	P_r.	F_r	TPC (EUR)	TPT (nap)	Korlátnak megfelelt
1	ABCD	0,941629	96,0%	4,0%	20 350	100	☐Költség ☒Idő
2	ABD	0,928169	95,1%	4,9%	15 750	100	☐Költség ☒Idő
3	ACD	0,928169	95,1%	4,9%	15 550	100	☐Költség ☒Idő
4	**AD**	0,591679	72,0%	28,0%	**10 950**	**75**	☒Költség ☒Idő

Forrás: saját munka

8. táblázat: A berendezések karbantartásának blokk-diagrammja és reprezentációs gráfja

	Karbantartási projektstruktúránként a blokk-diagrammok	**Reprezentációs gráfok**	**P_r**	**TPT**	**TPC (EUR)**
1			96%	100	20.350
2			95,1%	100	15.700
3			95,1%	100	15.550
4		 [3]	72,0%	75	10.950

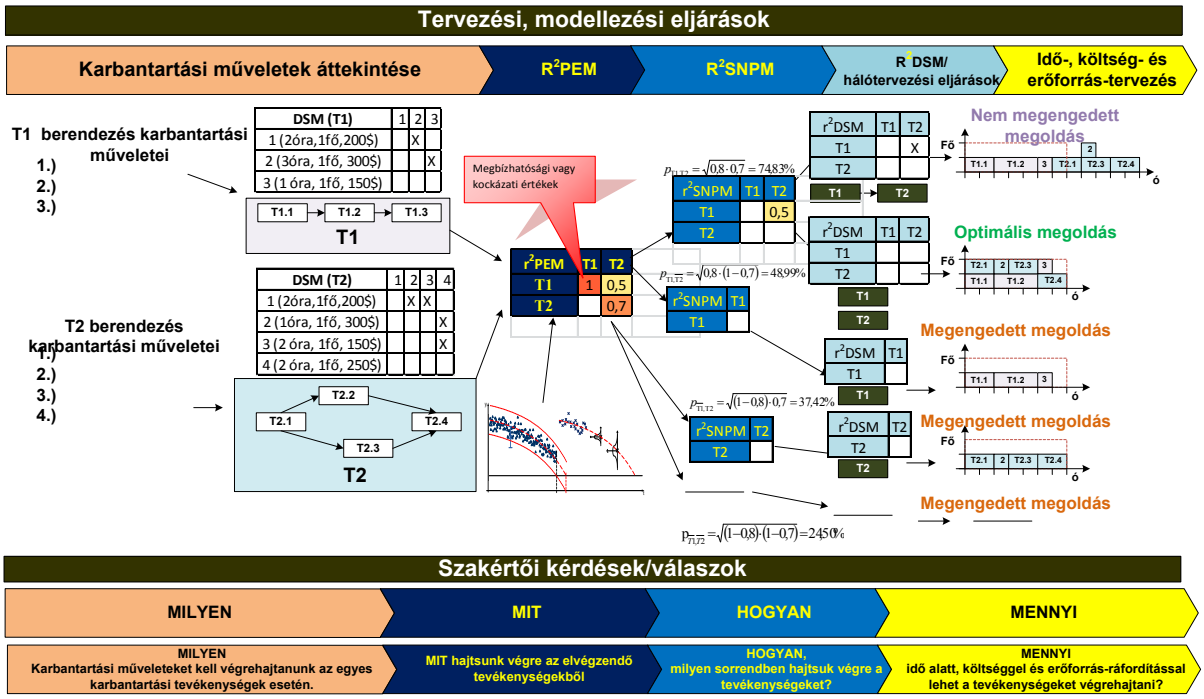
Forrás: saját munka

Korábban rendelkezésre álltak a berendezésenként ráfordítási idő-, költség adatok, melyek segítségével szcenáriónként teljes projekt átfutási időt, illetve teljes projekt ráfordítást számoltunk. Idő- és költségkorlátként 129 nap, illetve 14.750 EUR adódik. Így az optimális karbantartási projektstruktúra az lesz, amelyik a legmagasabb megbízhatósági értékkel rendelkezik, és az idő-, költségkorlátnak is eleget tesz.

Attól függően, hogy mikor tartjuk karban, nemcsak a berendezésekre fordított költségek, hanem az eszköz megbízhatósága, kockázata is változhat, így a számításoknál, a tervek elkészítése során ezt is figyelembe kell venni. További karbantartási tervek összeállításánál a berendezések felülvizsgálata szükségessé válik, mert az alulkarbantartást és a túlkarbantartást is el akarjuk kerülni.

3 Megjegyzés: A és D között nincs rákövetkezési reláció a gráfban! Tehát megengedhetjük, hogy a karbantartásuk párhuzamosan valósuljon meg.

A módszer menetét a következő ábra összefoglalóan szemlélteti.

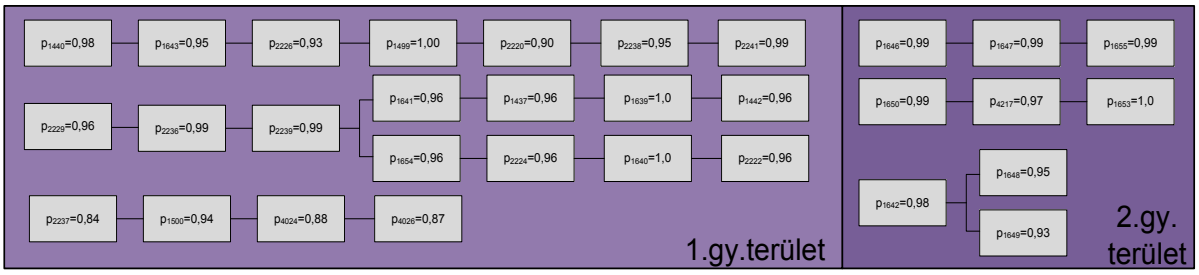


1. ábra: Karbantartási tervek összeállítása
Forrás: saját munka

3.1. Esetpélda

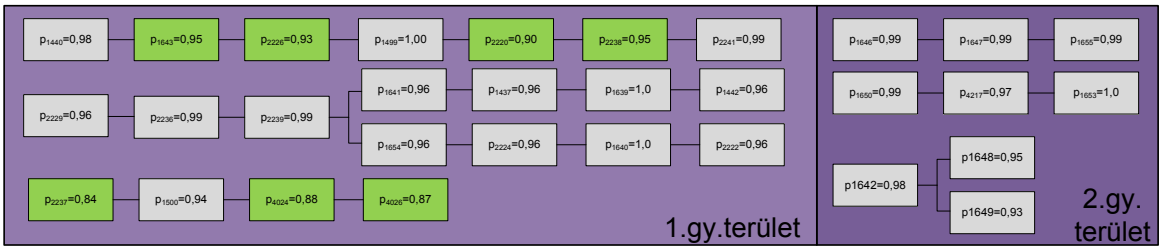
Vállalat egyik karbantartási munkáján keresztül ismertetjük a kifejlesztett tervezési módszer alkalmazásának lehetőségeit és jelentőségét. A műszaki diagnosztikai és menedzsment vállalat küldetése, hogy támogassák partnereiket abban, hogy termelékenységüket jelentősen növeljék. Tegyék ezt beruházás nélkül, gyors megtérüléssel (kevesebb, mint 1 év) és állandósult jó, de folyamatosan fejlődő állapotot kialakítva. Elsősorban a veszteségek visszaszorítására, és a ki nem használt lehetőségek kiaknázására koncentrálnak. A műszaki diagnosztika segítségével megelőzhető a váratlan meghibásodások 90%-a, ezzel rengeteg pénzt megtakarít-hat egy vállalat. Csökkentheti az energiafogyasztást, csökkentheti a karbantartás költségeit, de a legtöbb pénzt azzal takaríthatja meg a cég, hogy elkerüli a gépek kiesését a termelésből.

A vizsgált vállalat 6 termelői sorral 2 fő termelőterületen helyezkedik el. Mindegyik soron különböző termékeket gyártanak, és munkálnak meg. A termelősorok berendezései a következőképpen épültek fel:



2. ábra: A vizsgált vállalat gyártósorainak felépítettsége
Forrás: saját munka

Amennyiben a berendezések megbízhatósága gyártósoronként eléri a vállalat által támasztott elvárásokat, vagy a fölött vannak, akkor a karbantartás végrehajtása nem indokolt. Ezen feltétel figyelembe vételével a 3. ábrán jelölt berendezések karbantartására helyezzük a nagyobb hangsúlyt. Célunk, hogy a gyártósoronként és termelőterületenként is a megbízhatóságot illetve az OEE értékek úgy növeljük, hogy a vállalatnál a gyártóterületekre szánt karbantartási költségvetés és a rendelkezésre álló időkorlátot vegyük figyelembe. Ezen elvárásoknak és feltételeknek kellett karbantartási tervünknek megfelelnie.



3. ábra: A gyártósorok megkülönböztetése karbantartás szükségességének szempontjából

Forrás: saját munka

A korábban ismertetett tervezési eljárást alkalmazva nemcsak a gyártósorok megbízhatóságát, de a vállalat által elvárt össz-rendszerszintű megbízhatóság növekedését is elértük.

9. táblázat: Megbízhatóságok változása

Gyártóterület megbízhatósága a karbantartás előtt	**Gyártóterület megbízhatósága a karbantartást követően**
ΣP_1=0,73*0,83*0,60 = 0,3635, azaz **36,35%** ΣP_2=0,97*0,96*0,98=0,7542, azaz **75,42%**	ΣP_1=0,84*0,83*0,86 = 0,5995, azaz **59,95%** ΣP_2=0,97*0,96*0,98=0,7542, azaz **75,42%**

Forrás: saját munka

Abban az esetben, ha minden egyes berendezést karbantartanának, a költségeik meghaladnák az 500.000 EUR-ot és 5-6 hónapot is igénybe vennének a munkálatok. Ezzel veszélyeztetnék a termelékenységet. Ezen berendezésekre a vállalat időkorlátként 120 napot és kevesebb, mint 195.000 EUR-ot szabott ki. Figyelembe véve, hogy a berendezések milyen állapotban, milyen megbízhatósági szinten állnak, nem tartottuk szükségesnek minden egyes berendezés karbantartását. Az elemzéseket követően kizárólag az első termelőterület első és kilencedik gyártósorát ütemeztük be karbantartásra, de itt sem minden egyes berendezéselemet. A két sor teljes karbantartási költségé összesen 171.800 EUR-ban, a szükséges időt pedig 93,1 napban határoztuk meg. A két soron összesen öt berendezéselem karbantartását követően 73 %-ról 84%-ra sikerült növelni az első termelőterület első gyártósorát, a harmadik gyártósor esetében pedig 60%-ról 86%-ra.

Összefoglalás

A bemutatott módszer kimenetként egy olyan karbantartási tervet kapunk, amely tartalmazza, hogy mely berendezéseket, vagy azokon belül berendezéselemeket kell karbantartani (hozzá teszem, itt az is érdekes lenne, hogy mikor, gondoljunk ugye a ciklikus feladatokra). A karbantartási terv összeállításában egy integrált R^2PEM-et alkalmazunk, amely tartalmazza a berendezéselemekre, vagy berendezésekre vonatkozó kockázati vagy megbízhatósági értékeket, tartalmazza a hozzáférési sorrendiséget. Ezek mellett az ezekre vonatkozó szükséges költségráfordítást, kompetens emberi erőforrás szükségletet és a karbantartási időtartamot.

Olyan karbantartási terv összeállítására törekszünk, amely végrehajtásával az elvárt össz-rendszerszintű megbízhatóságot el tudjuk érni.

A vállalatoknál rendelkezésre álló költségvetési kereten belül, igyekszünk a lehető legtöbb olyan berendezés karbantartását a tervbe integrálni, amelyek helyreállításával, az elvárt vállalati össz-rendszerszintű megbízhatósági értéket elérjük. A terv összeállítása során a rendelkezésre álló időkeret mellett az éppen adott berendezésre vonatkozó kompetens karbantartó létszámot és figyelemmel kísérjük.

A karbantartási tervet a R^2PEM alkalmazásával tehát úgy állítjuk össze, hogy célunkat elérjük, azaz az elvárt össz-rendszerszintű megbízhatóságot, a vállalat által támasztott kereteken belül.

További kutatásom témáját képezi, hogy a tervezési eljárást kiterjesszem erőforrás elosztás optimalizálására. A valóságban, a gyakorlatban (amit magam is tapasztaltam és folyamatosan tapasztalok is) jellemzően négy erőforrást kell összehangolni: karbantartó erőforrás (mint ember), alkatrész, anyagi ráfordítások (pl: külsős bevonására), és a termelés (odaadják-e a gépet a szükséges időtartamra). Nem szabad megfeledkezni a ciklikus feladatokról sem. Felvetődött bennem az-az elképzelés, hogy lehet-e olyan tervezési automatizmust készíteni, ahol bementként a következők állnának rendelkezésre:

- Minden gép minden egységére egy akció, kritikussági pontszámmal, az említett négy erőforrás igénnyel
- Valamint megadják, hogy mennyi áll rendelkezésre az említett négy erőforrásból, pl.:
    - 4 karbantartó minden hét délelőttös műszak
    - rendelkezésre álló költségkeret: 10.000.000 Ft
    - Karbantartói raktárkészlet (pl.: CMMS-ből)
    - A termelés milyen időket adhat oda (pl.: termelési tervből)

Ezt követően a rendszer, miután feltöltöttük a szükséges adatokkal, betápláltuk a paramétereket, automatikusan a karbantartó mérnökök és felsővezetők részére „kidobhatja” a legnagyobb össz-megbízhatóságot adó feladatokat beütemezve a lehetséges időpontokra. Ezt a problematikát szeretném megoldani és a rendelkezésre álló információkat összehangolni, hogy ez meg is valósulhasson.

Felhasznált irodalom

Eisinger, S. - Rakowsky, U.K. [2001]: Modeling of uncertainties in reliability centered maintenance - a probalistic approach, Reliability Engineering and System Safety, London vol. 71, 159-164

Gaál, Z. (2007): Karbantartás-menedzsment, Pannon Egyetemi Kiadó, Veszprém

Gaál, Z. – Kovács, Z. (2002): Megbízhatóság és karbantartás, Pannon Egyetemi Kiadó, Veszprém

Gaál, Z. (2003): Tudásbázisú karbantartás, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém

Garbatov, Y. - Guedes Soares, C. [2001]: Cost and reliability strategies for fatigue maintenance planning of floating structure, Reliability Engineering and System Safety, London vol. 73, 293-301

Horváth, Cs. (2006): A nyomdaipari karbantartás egy lehetséges modellje, válasz a kihívásokra, PhD értekezés, Veszprém

Kövesi, J. (1991): Termelő berendezések megbízhatóság alapú karbantartása, BME Továbbképző Intézet, Budapest

Péczely, Gy. - Pék, K. (2003): A karbantartás korszerű irányzatai, A.A. Stádium Kft., Szeged

Péczely, Gy. (2009): T vagy R? Próbáljuk meg pontot tenni egy hosszú vita végére!, XXI. Nemzetközi karbantartási konferencia, Veszprém, 2009. június 8-9., Veszprém

Selvik, J.T. - Aven, T. [2010]: A framework for reliability and risk centered maintenance, Reliability Engineering and System Safety

Szabó, L. – Dancsesz, G. (2009): Karbantartási projektek fejlesztése a projektsiker vizsgálatok és az érettség modellek tükrében, XXI. Nemzetközi Karbantartási Konferencia 2009. június 8-9., Veszprém

Szabó L. - Dancsecz G. - Csepregi A. (2007): Karbantartási projektek szervezése és vezetése. "A karbantartás fókuszában: Minőség - Hatékonyság - Rendelkezésre állás" c. Nemzetközi Karbantartási Konferencia kiadványa. Pannon Egyetem, Veszprém 52-72.o.

Szabó L. - Gaál Z. (2006): Project Success and Project Excellence. In "Sharing Knowledge and Success for the Future". MMSupport GmbH. Bern, 193-198 pp.

Szabó L. (2005): A karbantartás-menedzsment szerepváltozása. Karbantartási kézikönyv. Könyvrészlet. Raabe Kiadó, Budapest