

KARBANTARTÁSI PROJEKTEK TERVEZÉSE

MAINTENANCE PROJECTS PLANNING

NÉMETH ANIKÓ PhD hallgató

Pannon Egyetem, Gazdaságtudomány Kar,
Kvantitatív Módszerek Intézeti Tanszék

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.

Bevezető

Munkánk során eszközöket, gépeket, berendezések használunk. Szomorú az a tény, hogy ezek elromolhatnak, tönkremehetnek. A karbantartás, javítás így része mindennapjainknak, mióta eszközöket használunk. Gondoskodnunk kell róluk, hogy a későbbiekben is ki tudják szolgálni céljainkat. Tevékenységek sorozatát hajtjuk végre egy berendezésen üzemképessége és rendeltetészerű használata érdekében. Műszaki és nem műszaki (adminisztratív) tevékenységeknek sorozatát végezzük néha el, hogy a terméket, berendezést vagy állóeszközt az előírt funkciójának teljesítésére alkalmas állapotban tarthassuk, illetve egy korábbi állapotba visszaállítsuk. Az idő szűk, a vállalatok költségvetése véges, egyre kevesebb megfelelő szakember áll rendelkezésünkre. Ezek ellenére és ilyen körülmények között munkánkat el kell végezni. Azonban se nem alulkarbantartást, se nem túlkarbantartást nem szeretnénk végeredményképpen. Ezért szükséges egy nagyon pontos és hasznos tervezési eljárás.

Nehéz feladat a karbantartás területén megfelelő, minden igényt kielégítő projektterv létrehozása. Egyáltalán van megfelelő módszertan? Bemeneti adatként felhasználhatjuk a berendezésekre vonatkozó megbízhatósági, illetve kockázati értékeket? A tervezési eljárás során szükséges volna hangsúlyt fektetni az újból visszatérő, ismétlődő tevékenységekre. Ezek a tevékenységek a projekt határidőn belüli teljesítését veszélyeztetik.

A kidolgozott, karbantartási projekteken már tesztelt tervezési módszertan az korábban felmerült kérdésekre megadja a választ. A karbantartási projekt kialakítása során figyelembe vesszük a berendezések megbízhatósági, kockázati adatai mellett a rendelkezésre álló időkorlátot, költségkorlátot és erőforrás-korlátot is. Ez a tervezési eljárás másik különlegessége.

1. Karbantartás jelentősége

A karbantartás összetett, hiszen 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 orozslánrészt vállal. (Szabó-Dancsesz, 2009), (Horváth, 2006) Minden munkát végző ember tevékenységei során eszközt vagy eszközöket használ, amelyek elromolhatnak, tönkremehetnek. Ezen munkavégzési eszközök javíttatásáról gondoskodni kell, hogy a további céljainkat ki tudják szolgálni. (Gaál-Kovács, 2002), (Gaál, 2007), (Garbatov-Guedes, 2001), (Selvik- Aven, 2010)

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 egyes euro a termelés oldalán magasabb rendelkezésre állásban, megbízhatóbb folyamatokban kamatozik. A berendezések megfelelő beállításával és működtetésével, azok hosszabb életűvé válhatnak, mint korábban. (Garbatov-Guedes, 2001), (Selvik- Aven, 2010) (Kövesi, 1991), (Péczy-Pék, 2003), (Gaál, 2003), (Péczy, 2009), (Eisinger-Rakowsky, 2001)

Sikeresebb adatgyűjtéseket, elemzéseket követően még mindig problémával állunk szemben. Meg kell oldanunk azt a feladatot, hogy korábbi elemzési eredményeket felhasználva tervezzük meg berendezéseink karbantartását. A projektszemléletű karbantartási tevékenység során a projekt kialakításakor, a projekt résztvevők kiválasztása, irányítása és motiválása; a projekt részletes tervezése és nyomon követése stb., nagyobb hangsúlyt kap. 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 egység karbantartására többször is vissza kell térnünk. Melyek lehetnek ezek a tevékenységek? Hogyan tervezhetők az ilyen, többször előforduló dolgok? (Szabó, 2005), (Szabó-Gaál, 2006), (Szabó et.al., 2007)

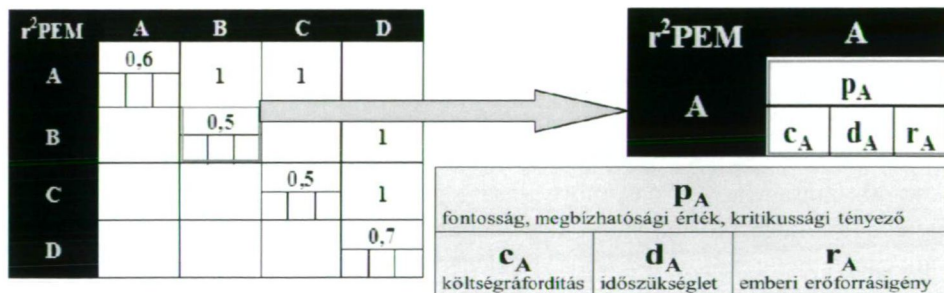
A másik probléma, ami a karbantartási terv összeállításánál felmerül, hogy mely berendezés karbantartását milyen sorrendben hajtsuk végre. Erre a determinisztikus logikai tervezési technikák nem adnak megfelelő választ, hiszen egy berendezés javításának technológiai folyamata kötött. Itt az egyes lépéseket nem lehet felcserélni, de azt hogy mely berendezéseket javítsuk, az már lehet egy prioritási sorrend. A következőkben bemutatásra kerül egy mátrix-alapú projekttervezési eljárás, amely képes a fenti problémákat kezelni

2. A megbízhatóság és kockázat központú projekt szakértői mátrix

The reliability-risk centered project expert matrix (r^2PEM) átlójában az egységek megbízhatósági értékeit írjuk. Ezeket korábbi diagnosztikai, elemzési mérésekből nyertünk. (1. ábra) Minél nagyobb egy egység várható meghibásodása, annál nagyobb a valószínűsége, hogy azokat az elkövetkezendő időszakban javítanunk, karbantartanunk kell. Ha egy karbantartási egység megbízhatósága p , akkor $1-p$ annak a meghibásodását jelöli. Minél alacsonyabb a meghibásodási érték, annál nagyobb a valószínűsége, hogy nem hajtjuk végre az adott egység karbantartását a következő időszakban. A mátrix átlói nemcsak a berendezésegyeségekre vonatkozó megbízhatósági vagy kockázati értékeket tartalmazzák. További adatok is megadhatók, mint például a karbantartási költség vagy szükséges időtartam. (1. ábra).

1. ábra: Az egységekre vonatkozó információk elhelyezkedése a mátrixban

1. ábra: The indication of the data concerning the equipment units on a place



Forrás: saját munka

Célunk a maximális rendszer-megbízhatóság. Ezért olyan karbantartási projekt-változatot kell készíteni majd megvalósítani, amellyel ez el is érjük. Ebben segítség-et fog nyújtani a kidolgozott tervezési eljárás. A tevékenységek kiválasztása előtt megadjuk azt a megbízhatósági szintet, amely felett egy részrendszer, berendezés mindenképpen szerepel a karbantartási tervben. Ezek mellett pedig azt is megad-juk, hogy mi lesz az a minimális rendszer-megbízhatósági szint, ami felett fogom a generált karbantartási projektváltozatokat figyelembe venni.

3. A körök kezelhetősége a karbantartási tervek elkészítése során

A visszatérő folyamatok, tevékenységek, karbantartás területén az újra és újra ellenőrzésre szoruló egységek, a projektterveket felboríthatják, átfutási idejüket, teljes projektköltségüket módosíthatják. A körök feltételes valószínűségeik szám-bavételével meghatározható egy feltételes átfutási idő, amely a korábban vezető-ség által támasztott korlátoknak megfelel. Lehetőségünk van maximális átfutási idő, vagy maximális teljes projektköltség, illetve az engedélyezett körök, és meny-nyiségek számának meghatározására.

1. táblázat: Tevékenységkapcsolatok
1. táblázat: Possible relations between task A and task B

| Soros kapcsolat | | | | Párhuzamos kapcsolat | | | | Iteratív kapcsolat | | | |
|-------------------|---|---|--|------------------------|---|---|--|--|---|---|--|
| (r)-PEM | A | B | | (r)-PEM | A | B | | (r)-PEM | A | B | |
| | | X | | A | | | | A | X | | |
| B | | | | A | | | | B | X | | |
| | | | | B | | | | | | X | |
| TPT = $d_A + d_B$ | | | | TPT = $\max(d_A, d_B)$ | | | | $TPT = \frac{\max(d_A, d_B)}{1 - p_{(A,B)}}$ $E(d'_A) = \frac{d_A}{1 - p_{(A,B)}} \quad E(d'_B) = \frac{d_B}{1 - p_{(A,B)}}$ | | | |
| TPC = $c_A + c_B$ | | | | TPC = $c_A + c_B$ | | | | $TPC = \frac{c_A + c_B}{1 - p_{(A,B)}}$ $E(c'_A) = \frac{c_A}{1 - p_{(A,B)}} \quad E(c'_B) = \frac{c_B}{1 - p_{(A,B)}}$ | | | |

Forrás: saját munka

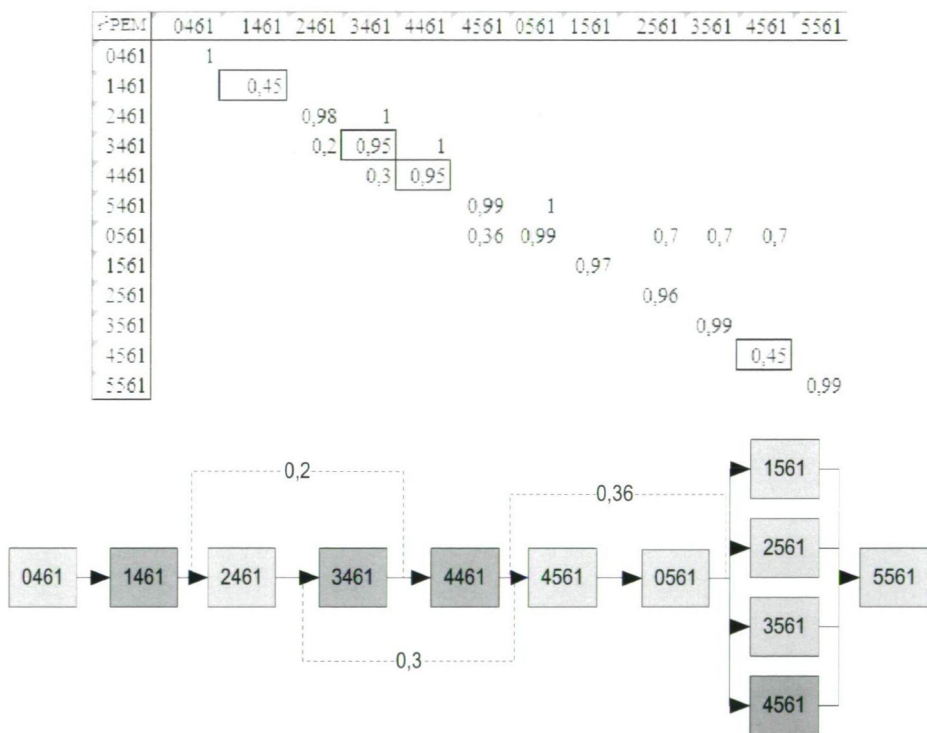
Attól függően, hogy mikor tartjuk karban, nemcsak a berendezésekre fordított költségek, hanem az eszköz megbízhatósága, kockázata is változhat, így a számítá-soknál, a tervek elkészítése során ezt is figyelembe kell venni. További karbantar-tási tervek összeállításánál a berendezések felülvizsgálata szükségessé válik, mert az alulkarbantartást és a túlkarbantartást is el akarjuk kerülni. A módszer menetét a következő ábra összefoglalóan szemlélteti.

4. Esetpélda

Az elemzési munkák, kritikusság becslések, diagnosztika segítségével megelőzhető a váratlan meghibásodások 90%-a. Ezzel rengeteg pénzt megtakaríthat 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 kidolgozott módszert egy valós vállalati példán keresztül szeretnénk Önökkel ismertetni. A vállalat berendezései a fe-lépítettségét a 2. ábra. szemlélteti.

2. ábra: A vizsgált gyártósor felépítettsége és a karbantartásra kiválasztott egységek

2. ábra: The test equipment manufacturer of arrangement – complete with equipment maintenance can be scheduled with intensity



Forrás: saját munka

A gyártósor megbízhatósága is azt igazolta, hogy közbe kell avatkozni, mert már a kieső gyártási idők, selejt termékek, leállások olyan mértékben megnövekedtek, hogy a gyártósor fenntarthatósága került veszélybe. Teljesen soros összetételű a sor, így abban az esetben, ha egy egység meghibásodik a teljes sor fog leállni. Ez esetben a 16,2% számolt megbízhatóság nem véletlenszerű.

A gyártósor karbantartására, felújítására 34 munkanap 12,76 óra és 254.400 EUR tudtak a rendelkezésre bocsátani. Ezek mellett pedig a karbantartást követően a gyártósor olyan mértékű megbízhatóság-növekedést kell elérnie, hogy ne kerüljön eladásra, vagy kiiktatásra. Célunk volt, hogy a módszer alkalmazásával, olyan projekttervet állítsunk össze, amely az 34 munkanapot 12,76 órát illetve a 254.400 EUR-ot nem használja fel teljesen és a gyártósor megbízhatósága 70-75% fölé emelkedjen.

Amennyiben a berendezésegységek megbízhatósága 96% vagy e fölötti, akkor a karbantartás végrehajtása nem indokolt. Ezért is a 1641.3461,4461 és a 4561-es berendezésegységekre fogjuk a nagyobb hangsúlyt fektetni a karbantartás során Célunk, hogy a megbízhatóságot illetve az OEE értékek növekedjenek a karbantartási munkákat követően.

2. táblázat: Az egységekre vonatkozó karbantartási adatok

2 táblázat: The maintenance data for equipment units

| | min c ¹ (EUR) | max c (EUR) | Átl. c (EUR) | min t ² (nap) | max t (nap) | átl. t (nap) |
|------|--------------------------|-------------|--------------|--------------------------|-------------|--------------|
| 1461 | 45 000,00 | 50 000,00 | 47 500,00 | 2 | 10 | 6 |
| 3461 | 11 050,00 | 12 640,00 | 11 845,00 | 2 | 14 | 8 |
| 4461 | 75 370,00 | 79 250,00 | 77 310,00 | 2 | 14 | 8 |
| 4561 | 62 500,00 | 64 900,00 | 63 700,00 | 11 | 13 | 12 |
| | 193 920,00 | 206 790,00 | 200 355,00 | 17 | 51 | 34 |

1 c = cost: költség

2 t = time: idő

Forrás: saját munka

Az adatokat és a rendelkezésre bocsátott erőforrásokat figyelembe véve minden egyes elem karbantartásával lehet számolni, amennyiben az átlagos költséget és időt veszem alapul. Amennyiben a maximális értékekkel számolunk felújítási többletköltséggel nem, azonban csúszással számolni kell.

Figyeljük meg jobban a 3. táblázatot. Figyeljük meg jobban a 3. táblázatot. A mintagyártósorunk felépítettségében a 3461-es és a 4461-es egységek között körfolyamatot lép fel. Korábban ez nehézségeket jelentett volna, de a kidolgozott tervezési módszer segítségével, amelyet a GERT számolással bővítettünk ez már nem lehetetlen a továbbiakban.

3. táblázat: A karbantartásra szánt egységek és a részek közötti jelölt kör
3. táblázat: The units are to be maintained on the device and the marked circle

| (r) ² PEM | 1461 | 3461 | 4461 | 4561 |
|----------------------|------|------|------|------|
| 1461 | 0,45 | | | |
| 3461 | | 0,95 | 1 | |
| 4461 | | 0,3 | 0,95 | |
| 4561 | | | | 0,45 |

Forrás: saját munka

Költségeket figyelembe véve, minden egység karbantartására rendelkezésre áll elegendő, ráfordítható összeg. Meg-határozható, hogy a megadott költségen belül, hányszor is térhetek vissza 3461-as egységről a 4461-esre, vagy éppen ellenkezőleg. A lehetőségeket külön-külön vizsgálva a következőképpen foglalhatók össze:

$$\begin{aligned}
 TPT' &= \max \left\{ E(d'_{3461}) + E(d'_{4461}); d_{1461}; d_{4561} \right\} = \\
 &= \max \left\{ \left[\frac{d_{3461} + d_{4461}}{1 - P(3461, 4461)} \right]; d_{1461}; d_{4561} \right\} = \max \left\{ \left[\frac{8+8}{1-0,3} \right]; 6; 12 \right\} = \max \{ 22,86; 6; 12 \} = 22,86 \text{ nap}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TPC' &= (E(c'_{3461}) + E(c'_{4461})) + c_{1461} + c_{4561} = \\
 &= \frac{c_{3461} + c_{4461}}{1 - P(3461, 4461)} + c_{1461} + c_{4561} = \left(\frac{11.845 + 77.310}{1 - 0,3} \right) + 47.500 + 63.700 = 238.564,29 \text{ EUR}
 \end{aligned}$$

A projektköltséget kiszámolva és a köröket is figyelembe véve a karbantartási projektekre a tervezett 254.400 EUR kihasználatlan maradt, ahogy a 34 munkanap 12,76 óra is. A fennmaradó idő alatt és a fennmaradt összegből más gyártósorok karbantartását is beütemezhetjük.

A vállalat által támasztott idő- és költségkeret határain belül sikerült a terveink alapján a felmerült problémát megoldani, azonban még egy kritérium tisztázatlan maradt. Abban az esetben, ha mindkét egységre (3461, 4461) csak egyszer térünk volna vissza a munka során, nem lett volna elegendő a 70-75%-os megbízhatósági szint eléréséhez, csak 54,42% lett volna az eredmény. Azonban, ha már háromszor térünk vissza (ezt a korlátok is engedik) az 3461-as illetve az 4461-es berendezésekre, a nemcsak a 70-75% megbízhatósági szint, hanem a 80,83%-os eredmény is realizálható.

4. táblázat: Három körös karbantartást követően a berendezésegységek megbízhatóságainak alakulása

4. táblázat: The selected units after 3 circles maintenance

| r ² PEM | 0461 | 1461 | 2461 | 3461 | 4461 | 4561 | 0561 | 1561 | 2561 | 3561 | 4561 | 5561 |
|--------------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| 0461 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 1461 | | 0,975 | | | | | | | | | | |
| 2461 | | | 0,98 | 1 | | | | | | | | |
| 3461 | | | 0,2 | 0,98 | 1 | | | | | | | |
| 4461 | | | | 0,3 | 0,98 | | | | | | | |
| 5461 | | | | | | 0,99 | 1 | | | | | |
| 0561 | | | | | | 0,36 | 0,99 | | 0,7 | 0,7 | 0,7 | |
| 1561 | | | | | | | | 0,97 | | | | |
| 2561 | | | | | | | | | 0,96 | | | |
| 3561 | | | | | | | | | | 0,99 | | |
| 4561 | | | | | | | | | | | 0,975 | |
| 5561 | | | | | | | | | | | | 0,99 |

Forrás: saját munka

Összefoglalás

Minden esetben nagyon fontos, hogy ne csak berendezések szintjén érjünk el megbízhatósági javulást, hanem összrendszer szinten is. Bár a karbantartási műveletek technológiai sorrendje egy-egy berendezés javítása esetén általában kötött, az egyes berendezések javítása különböző sorrendben is elvégezhető, sőt akár meg is szakítható, és újra vissza is lehet térni ellenőrzés vagy a munka folytatása céljából az adott egységre.

Amennyiben adott a költség-, erőforrás-, illetve időkeret, akkor a bemutatott módszer segítségével olyan projektterv készíthető, amely alapján a legszükségesebb javítások tervezhetők, ütemezhetők. A projektterv összeállítása során a berendezésekre vonatkozó mért adatokat, elemzési eredményeket figyelembe vesszük. Így a rendelkezésre álló kereteken belül, azon egységek karbantartását ütemezzük be, amely a vállalat által támogatott rendszer szintű megbízhatóság-növekedés elérésében fontos szerepet játszik.

A kidolgozott tervezési eljárás segíti a vállalatokat abban, hogy azzal foglalkozzanak a karbantartások során, amivel kell, és a tervezett, elvárt megbízhatósági szintet a gyártósorokon elérjék. Ezen módszer segítségével mind a túlkarbantartást, mint pedig az alulkarbantartást el tudják kerülni. A nagy kihívást jelentő pénzügyi és időkorlátok „nem túllépését” pedig könnyen meg tudják valósítani a tervezési és kivitelezési munkáik során

Ami nagyon fontos és elengedhetetlen, hogy a kidolgozott módszer szoftveres támogatást kapjon. A kutatási és az azt alátámasztó munkánk során felmerültek fizikai korlátok. Egy egyszerű tervezési munka elvégzése a rendelkezésre álló számítógépes szoftverek segítségével megoldható, azonban egy sokkal részletesebb és bonyolultabb már nem. Time is money elv alapon és az ipart ismerve ezek a terveket napokon belül kell szolgáltatni. További kihívást jelent, az emberi tényező, mint bizonytalansági tényező számszerűsítése, és ennek integrálása a tervezési eljárásokba. Hiszen ahol mi, emberek dolgozunk, hibázhatunk. Ez a projektek sikerességét nagymértékben befolyásolhatja.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Eisinger, S. – Rakowsky, U.K. [2001]: Modeling of uncertainties in reliability centered maintenance – a probabilistic 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. – Dancsész, G. (2009): Karbantartási projektek fejlesztése a projektsiker vizsgálatok és az érettség modellek tükrében, XXI. Nemzetközi Karbantartási Konferencia 2009. június 8-9., Veszprém
- Szabó L. – Dancsész 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