

1.02 | Megbízhatóságra orientált karbantartás

Tárgyszavak: RCM-program; hibaokok elemzése; elemzési módok; elemzési lépések.

A költségcsökkentési törekvések közepette a berendezések megbízhatósága nagy problémákat okoz. Sok vezető a megoldást a megbízhatóságra orientált karbantartásban (reliability-centered maintenance – RCM) látja. Megbízhatósági programokat számos iparágban (pl. kőolaj-finomítóknak, petrokémiai üzemekben stb.) sikeresen valósítottak meg, segítségükkel a karbantartási költségeket közel 50%-kal csökkentették.

A megbízhatóság fogalma

A megbízhatóságot kétféleképpen szokták meghatározni. A berendezések megbízhatósága az egyik meghatározás szerint *üzemkészséget*, üzemzavarok elkerülését jelenti. Mások a megbízhatóságon *megelőző karbantartást*, hatékonyabb módszerekkel végzett előretekintő (predictive) karbantartást értenek, sőt a benchmarkingot és a továbbképzést is a megbízhatósági program részének tekintik.

A megbízhatóság mindezt magába foglalja, de ennél többet jelent. A korszerű megbízhatósági szemlélet abból indul ki, hogy a vállalat minden funkciójának hatása van a kapacitásra, a termékek és szolgáltatások minőségére. Mind a berendezések teljesítőképességének elemzése, mind az azokat működtető emberek tapasztalatának fejlesztése a megbízhatósági program részét kell, hogy képezze. Ezért a vállalat minden tevékenységének a közös célt: a *folyamatos tökéletesítést* kell szolgálnia.

A minőségi megbízhatósági programot a következők jellemzik:

- A legjobb karbantartási technológiákat optimális szinten alkalmazza. Ellátja az alapfeladatokat, de – ahol csak lehet – elhagyja a felesleges műveleteket.
- Kapcsolatot teremt a technológia és az emberek között. Ha ki akarják használni a lehetőségeket, akkor emberrel és géppel egyaránt foglalkozni kell. Rendszeresen képezni kell az embereket a gépek helyes használatára, mivel gyakran az emberek szaktudásának hiányosságában lehet a hibák gyökereit fellelni.

- A vezetés minden területe között összhangot kell teremteni. A berendezéseket kiválasztástól a selejtezésig figyelemmel kell kísérni. A maximális megbízhatóság eléréséhez nem elég a rutinszerű karbantartás műveleteit elvégezni.
- Túl kell lépni a tervszerű proaktív karbantartási felfogáson. A cél maximális élettartam elérése nagy teljesítmény és magas biztonsági szint mellett. Ez azt jelenti, hogy a tervezett leállások hosszú távon a termelékenység ellen hatnak, míg a váratlan üzemzavarok a rövid távú célok elérését veszélyeztetik.

Megbízhatósági program

A megbízhatóságra orientált karbantartás elsődleges célja a rendszer működésének fenntartása. A „működtesd, míg meghibásodik” stratégia csak akkor fogadható el, ha a hiba következményeit gondosan elemezték és a kockázatot elviselhetőnek találták.

A megbízhatóságra orientált karbantartási program kombinálja a hagyományos karbantartási funkciókat a folyamatok tökéletesítésére való törekvésekkel. A sikeres megbízhatósági program elemei a következők:

- Mérnökökből, műszaki dolgozókból csapatot kell létrehozni, amely folyamatosan dolgozik a megbízhatóság javításán.
- Interdiszciplináris szemlélettel kell a problémákat elemezni: Ehhez olyan szakemberekre van szükség, akiknek gyakorlatuk van folyamatok optimalizálásában és statisztikai elemzési módszerek alkalmazásában.
- A benchmarking módszereivel kell összehasonlítani a berendezések működését vállalaton belül, a versenytársak berendezéseivel vagy a világszínvonallal.
- Létre kell hozni egy számítógépes adatgyűjtő és -tároló rendszert, amely lehetőséget ad az adatok elemzésére.

A megbízhatósági program eszközei

A megbízhatósági elemzések leggyakrabban használt eszközei a *hibák alapokainak elemzése* (root-cause failure analysis – RCFA) és a *hibamód- és hatáselemzés* (failure mode and effect analysis – FMEA). Ezek az eljárások statisztikai módszereket is alkalmaznak annak érdekében, hogy a problémák megoldásában a véletlenszerűséget és a találgatásokat kiküszöböljék.

A *hibák alapokainak elemzését* akkor alkalmazzák, amikor a hiba már fel lépett. Azt kutatják ezzel a módszerrel, hogy mi a hiba valódi oka, miért lép fel gyakrabban, minthogy az elfogadható volna. Az elemzéshez adatokat kell gyűjteni a rendszerről és az eddig előfordult hibákról, ezek szemléltetésére hisztogramokat kell rajzolni, Pareto-elemzést kell végezni, majd kreatív mód-

szereket (pl. brainstormingot) kell alkalmazni a hibák okainak feltárására és megoldások keresésére. A javasolt megoldások a következők lehetnek:

- Tudomásul kell venni a kockázatot, és a berendezést a meghibásodásig kell működtetni.
- Tartalékot kell beépíteni a rendszerbe.
- Ki kell dolgozni megelőző vagy előrettekintő karbantartási rendszert.
- A berendezések állapotának meghatározására szolgáló eljárásokat kell bevezetni.
- Át kell tervezni a folyamatot vagy más berendezéseket kell alkalmazni.
- Az emberek képzsését kell alaposabbá tenni, hiszen az emberi tényezők is okozhatják a hibákat.

Ha meghozták a döntést, figyelemmel kell kísérni a megvalósítást, hogy a várt eredményeket valóban elérjék.

A *hibamód- és hatáselemzést* olyan rendszerek esetében alkalmazzák, amelyek meghibásodása súlyos következményekkel járna a szervezet működésére. A munkát ebben az esetben is egy többszakmás team végzi el, amely azt vizsgálja, hogy milyen hibák fordulhatnak elő, és hogyan lehet azokat megelőzni vagy hatásukat mérsékelni. A szükséges lépések a következők:

- Körül kell határolni a rendszert és le kell írni ennek funkcióit.
- Azonosítani kell a hibalehetőségeket, amelyek a rendszer működését meggátolhatják.
- A hibák kritikusságának elemzésével meg kell határozni az intézkedések fontossági sorrendjét.
- Meg kell határozni azokat a karbantartási műveleteket, amelyekkel a hibák elkerülhetők és a rendszer működése fenntartható.
- Meg kell magyarázni az intézkedések szükségességét azoknak az embereknek, akik felelősek azok megvalósításáért.

Példa: Catawba papírgyár

A Catawba gyárban a megbízhatóságra orientált karbantartási program bevezetésével egyidejűleg az egész karbantartási részleget átszervezték. Az volt a cél, hogy kevesebb legyen az üzemzavar-elhárítás és a karbantartási személyzet hatékonyabban dolgozhasson. Az átszervezésben és a megbízhatósági program bevezetésében egy hasonló programokban tapasztalt tanácsadó cég is közreműködött.

Első lépésként két gépészmérnökből és egy villamosmérnökből teamet állítottak össze, akikkel a tanácsadó megvitatta az elemzési módszerek alkalmazását. A problémamegoldó megbeszélésekbe a team mellett a vállalat több önkéntesen jelentkező dolgozóját is bevonták.

A megbízhatósági teamnek a következő feladatokat adták:

- A hibák alapokainak elemzését elvégezni.

- Vizsgálni az ismétlődő hibákat és a túl nagy javítási költségeket.
- Alapadatokat adni a karbantartási költségvetés elkészítéséhez.
- Ellenőrizni a karbantartási alvállalkozói szerződéseket; ajánlásokat tenni, hogy milyen feladatokat adjanak ki alvállalkozónak.
- Dokumentálni új gépek beállítását vagy régiék áthelyezését.
- Vizsgálni a karbantartási jelentéseket, a munkaterhelést, a munkaelemzést és költségadatokat.
- Eljárást kialakítani karbantartási (beleértve vizsgálati) programok, ütemtervek készítésére.
- Segíteni kenési program kialakításában.
- Elemezni a karbantartási költségeket, kidolgozni az amortizálódott gépek kicserélésének programját.
- Megszervezni a karbantartás adatbázisát, beleértve a gépek történetét, megbízhatósági adataikat.

A megbízhatósági program alkalmazása bevezető oktatás után indult meg. A program alkalmazása során a legnagyobb nehézség a géptörténeti adatok (pl. a meghibásodások közötti átlagos idő) hiánya volt. Nem ügyeltek korábban arra, hogy a karbantartási költségeket azokra a gépekre terheljék, amelyekkel kapcsolatban azok felmerültek. Így nem volt könnyű kijelölni azokat a gépeket, amelyeknél gyakran fordulnak elő hibák.

A tapasztalatok többnyire csak szóban álltak rendelkezésre. Nem volt egységes dokumentációs rendszer, a tanácsadóknak meg kellett győzni a munkásokat, hogy az ő érdeküket is szolgálja, ha az elvégzett karbantartási munkákról jelentéseket készítenek.

Nem volt könnyű meggyőzni a karbantartási művezetőket, hogy a megbízhatósági mérnököt tájékoztassák minden fellelt hibáról. A termelésben dolgozó munkásokat is meg kellett győzni, hogy jelentsék a tapasztalt rendelkezéseket, ne várják meg, míg nagyobb baj lép fel.

A problémák ellenére a megbízhatóságra orientált karbantartási program bevezetése sikerekkel is járt. Meghatározták és dokumentálták pl. a kenési útvonalakat, felülvizsgálták és aktualizálták a megelőző karbantartási tervet. Az intraneten közzétették a megbízhatósággal kapcsolatos információkat.

Az intézkedések eredményeképpen javult a gépek üzemképessége, ami már az első évben is 1 millió USD megtakarítással járt. Megállapították, hogy a papírgép hajtóművének bizonytalan működése miatt több leállítás fordult elő; a ventilátor kiegyensúlyozatlansága üzemzavarokat okozott; nem megfelelő kenőanyagot használtak bizonyos csapágyakhoz; a helytelen javítási módszerek hozzájárultak szivattyúk meghibásodásához.

Ajánlások

Ha valaki megbízhatóságra orientált karbantartási programot akar megvalósítani, a következőkre legyen figyelemmel:

- Legyen elképzelése arról, hogy mit akar elérni a programmal. Ne fogadjon el tanácsadóktól standard programcsomagot.
- Válasszon ki egy megfelelő számítógépes karbantartás-irányítási rendszert. A gépek történetét legalább egy évre visszamenőleg ismerni kell és be kell táplálni a programba.
- A megbízhatósági mérnök nem lesz képes megvalósítani céljait, ha nem kapja meg a felső vezetőségtől a hathatós támogatást.

Megbízhatóságra orientált karbantartás a gyakorlatban

A karbantartás sikerességének feltétele az információ. Senki nem gyűjtött még össze használható módon statisztikai adatokat, amelyekből olyan értékes információkat lehetne képezni, amelyekre a sok pénzbe kerülő karbantartási döntéseket alapozni lehetne. A megbízhatóságra orientált karbantartást csak akkor lehet eredményesen alkalmazni, ha előtte sok rendszert és folyamatot már megvalósítottak, azokat bizonyos időn át használták és adataikat rögzítették.

„Tervez, végrehajt, vizsgál”

Minden berendezés egyszer meghibásodik; semmi sem tart örökké. Amikor nem készülnek fel a hibákra, akkor a hiba nem tervezett idővesztést, termelőkiesést okoz, vagyis nem készül el a termék a kívánt vagy tervezett mennyiségben. Tulajdonképpen selejt termelése is idővesztés, bár a berendezés folyamatosan működik.

A karbantartásra jól alkalmazható a „tervez-végrehajt-vizsgál” ciklus. A „tervez” szakasz a karbantartási munkák katalógusa, amely megmutatja, hogy milyen munkát mikor kell elvégezni. A „végrehajt” szakasz a karbantartási műveletek jó minőségben való elvégzését jelenti. A munkák katalógusában ellenőrzési feladatok is szerepelnek, ezek eredményétől függően kerül sor a végrehajtásra.

Elméletileg, ha a karbantartási munkák katalógusa tökéletes és azt pontosan végrehajtják, az időkiesés minimális lesz. Hibák persze ebben is előfordulnak, de ezekre úgy készülnek fel, hogy a termelésben kiesés ne legyen. Így minden időkiesés a „tervez” vagy „végrehajt” szakasz tökéletlenségére vezethető vissza és lehetőséget ad a tökéletesítésre.

A munkakatalógusoknak gyakran érdekes története van. Az államosított gazdaságban nem lehet munkanélküliség, annyi munkát kell kitalálni, hogy minden ember el legyen foglalva. Ilyen esetben a munkakatalógusnak másodlagos funkciója is van.

A munkakatalógus helyes összeállításához tudni kell, mi a jó karbantartás, mi szükséges a berendezések megbízható működéséhez. Sajnos azonban többnyire nem állnak rendelkezésre olyan adatok, amelyekre a megbízha-

tóságra orientált karbantartást rá lehetne építeni. A karbantartó mérnökök legtöbbször készen kapnak egy munkakatalógust, amely a berendezések meghatározott szintű üzemképességét biztosítja. A munkakatalógus átfogó átírását nem kockáztatják, ha csak nem indokolják ezt „kemény” tények, és az előnyök nem haladják meg a kockázatot.

A kiesések valószínűsége

A legtöbb mérnök az egyetemen vagy főiskolán gyenge képzést kapott a karbantartás vonatkozásában. Amikor ilyen beosztásba kerül, intézkedéseit intuíció és köznapi gondolkodás alapján teszi meg. A köznapi gondolkodás pedig azt jelenti, hogy minden öregszik, kopik, egyre valószínűbbé válik a meghibásodás és bizonyos idő múlva új berendezést kell helyébe beépíteni. Sokan a „fürdőkád”-görbére hivatkoznak, amely szerint új berendezéseknél gyakrabban fordulnak elő hibák, mint a használat későbbi szakaszában, ezért a berendezéseket nem szabad túl gyakran lecserélni, mert a „gyermekbetegségek” több hibát fognak okozni, mint az öregedés.

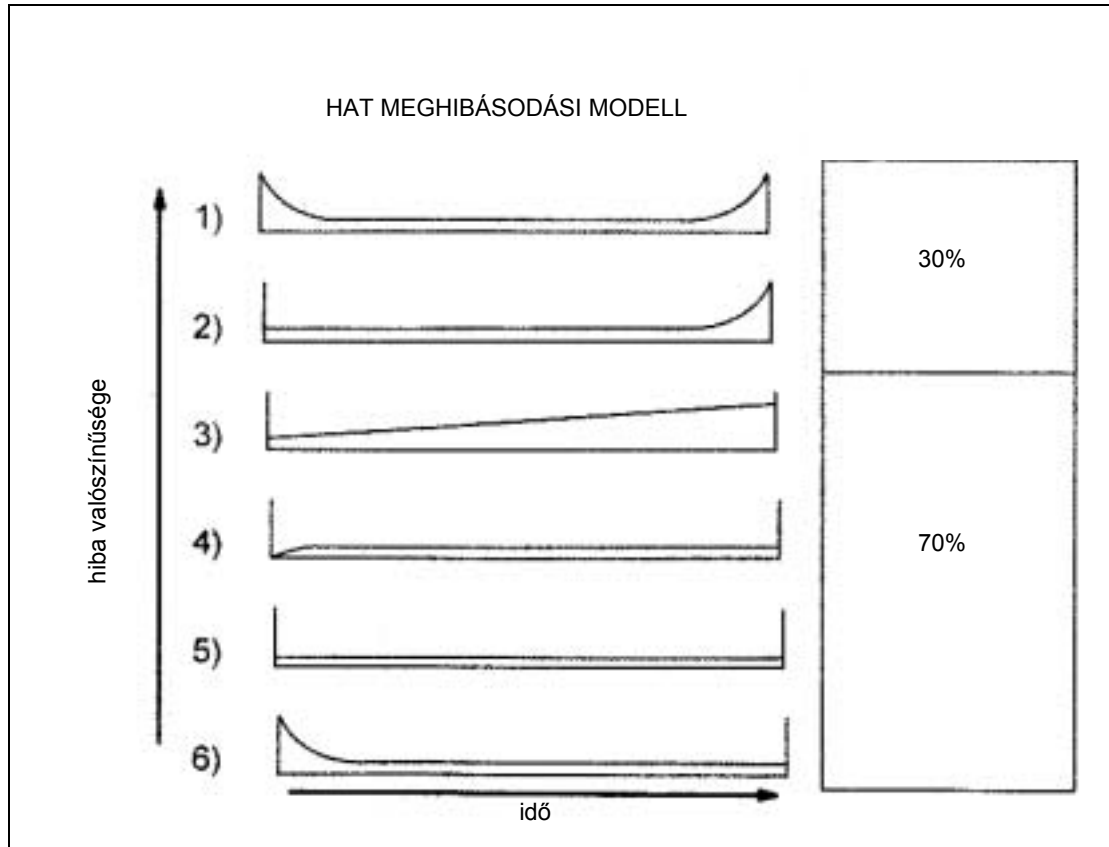
Ez a köznapi gondolkodás azonban csak laboratóriumi körülmények között vagy ritka esetekben érvényes, az alkatrészeknek csak mintegy 30%-ára jellemző. Ez az arány is csökkent, ahogy a berendezések egyre bonyolultabbá válnak. Nem jellemző az élettartam előrehaladásával kapcsolatos hibavalószínűség sem. Ezt ábrázolja az 1. ábra hat meghibásodási modellel.

Például szolgáljon egy egyszerű csapágy. A hagyományos eljárás a csapágyak rendszeres kicserélése vagy a gyártó L10 élettartam elvárása (amikor a csapágyak 10%-a meghibásodik), vagy saját tapasztalatok alapján. Az L10 élettartamot azonban elméleti adatok és laboratóriumi körülmények között végzett kísérletek alapján határozták meg, amelyeknek kevés közül van a gyakorlati élethez. Több gyártó jelenleg azt állítja, hogy csapágyainak végtelen élettartama van, ha helyesen választották ki és előírásoknak megfelelően tartják karban őket. Ha a jól működő csapágyakat rendszeres időközönként kicserélik, azt a kockázatot vállalják, hogy egy nem teljesen jó csapágyat esetleg nem pontosan szerelnek be. Ezzel új hibamódra adnak lehetőséget, és a csapágy gyorsan, korai észlelés nélkül tönkremegy.

„Kaszkádhiba” egy orvosi kifejezés, ami azt jelenti, hogy az egyik beavatkozás szükségessé tesz egy másikat. Hasonló helyzetek a gépek karbantartásában is előfordulnak, pl. kinyitnak egy hajtóművet rutinszerű ellenőrzésre, a visszazárásnál megsérül a tömítés, ennek következtében az olaj elszivárog, ami közvetlen oka csapágyak meghibásodásának. A karbantartásnak ezért van egy aranyszabálya: *„Ne javítsd azt, ami nem ment tönkre, de ismerd fel, ha valami tönkrement, vagy közel van ehhez.”*

Az üzemidőtől függő merev időközönként végzett karbantartás a legtöbb korszerű berendezésnél nem alkalmazható, helyette az állapottól függő karbantartás kerülhet alkalmazásra. Ennek korszerű eszközei vannak: rezgés-

elemzés, termográfia, olajanalízis. A legegyszerűbb formájában a munkások öt érzékszerve is alkalmas a fenyegető hibák korai észlelésére, és megfelelő képzéssel a munkások felismerhetik a gépeknél jelentkező problémákat.



1. ábra Hat meghibásodási modell

Egy karbantartással foglalkozó tanácsadó jelmondata: „Nincs értelme valamely munkát jól elvégezni, ha a helyes (szükséges) munkát végzed el.” Persze igaz ennek fordítottja is: „Nincs értelme valamely szükséges munkát elvégezni, ha azt nem jól végzed el.” A szükséges munka rosszul elvégezve hibákhoz, veszteségekhez vezethet.

A tervszerű karbantartás időközeit úgy kell megtervezni, hogy a javításokkal kieséseket lehessen megelőzni. Ha a kiesés valószínűsége elér bizonyos szintet, indokolt a megelőző karbantartás, hogy a kiesések valószínűsége ismét kicsi legyen. Ha szükségtelen munkát jól elvégeznek, ezzel nem növekszik a kiesés kockázata, de sok pénzbe kerül. Ezért fontos helyes karbantartási tervet készíteni. Rosszul végzett karbantartási művelet azonban növeli a meghibásodás és a kiesés kockázatát. A berendezésekkel kapcsolatos veszteségeknek ezért fontos oka a nem megfelelő minőségű munka.

Kiesések elemzése

A karbantartási mérnök fő tevékenysége a kiesések elemzése. Ezzel tudja a karbantartási tervet és tevékenységet úgy tökéletesíteni, hogy kevesebb kiesés forduljon elő. Minden kiesés esetében gondosan kell elemezni az alapvető okokat, és keresni kell a megfelelő intézkedéseket vagy konstrukciós változtatásokat, amelyekkel adott típusú kiesés ismétlődését meg lehet akadályozni. Az elemzésnek az egyes kiesések okainak elemzése (mikroanalízis) mellett ki kell terjednie az általános jelenségekre és trendekre is.

A karbantartó mérnökök általában nagyon gyakorlatias szemléletűek. Hozzáállásukat a „gyerünk emberek, oldjuk meg!” felfogás jellemzi. Képzésük és munkahelyi elvárásaik a tűzoltó munkát helyezik előtérbe. Az ilyen emberek azonban nem nagyon sikeresek a megelőzésben, a hibák okainak megkeresésében és megszüntetésében. Ehhez ui. módszeres gondolkodásra, adatok áttekintésére és elemzésére, szóval íróasztalmunkára van szükség. A karbantartó mérnököket a tűzoltó munkáról áthangolni az elmélyült proaktív hibamegoldásra nem könnyű feladat (és általában idejük sincs erre).

A kiesések okainak vizsgálata több szakaszból áll. Az első szakasz: adatgyűjtés. Ezt akkor kell végezni, amikor a hiba jelentkezett, később már nehézségekbe ütközik adott esettel kapcsolatban megbízható adatok beszerzése. Fontos rögzíteni a gép működésének jellemzőit (terhelés, sebesség, termék stb.) a hiba jelentkezése előtt, mivel gyakran ezek a tényezők adnak magyarázatot a meghibásodásra.

A hatékony adatgyűjtés előfeltétele a bizalom légköre. Számos hiba emberi mulasztásnak tulajdonítható. Ha a gépkezelő fél attól, hogy a gép meghibásodásáért őt teszik felelőssé, akkor nem fog együttműködni az okok elemzésében. Azt kell szem előtt tartani, hogy az emberi hibák nagy része a hiányos képzésnek vagy a rossz irányításnak tulajdonítható.

A következő lépés a meghibásodás módjának és a hiba alapvető okának meghatározása. Egy sor kérdést kell feltenni, hogy *miért* fordult elő a hiba. A válasz nem mindig egyszerű, sok esetben a törött alkatrészt metallográfiai vizsgálatra kell elküldeni. A vizsgálatot nehezíti, hogy adott ok nem vezet minden esetben kieséshez, ezért olyan technikák, mint a brainstorming vagy a halszálkadiagram nem mindig alkalmazható eredményesen a hibaokok meghatározásához. Nem azt kell itt vizsgálni, hogy mi *okozhat* meghibásodást, hanem hogy *ténylegesen* mi *okozta* a konkrét kiesést.

A meghibásodás módját és okát lehetőleg pontosan kell rögzíteni. Például: „a csapágy tönkrement kenés hiányában; ennek oka a tömszelence meghibásodása a zsírral való túltöltés miatt; a zsírzást végző munkás nem rendelkezett megfelelő ismeretekkel, mert nem kapott elégséges oktatást”.

A mérnöknek a hibaokok megszüntetésére intézkedéseket kell tennie. Ezek lehetnek „kemény” és „lágymódú” intézkedések. Kemény intézkedés pl. változtatások a gép konstrukcióján, lágymódú intézkedés pl. a képzési rendszer vagy a

munkaszervezés módosítása. Ha a hiba rendkívüli körülmények hatására következett be, a mérnöknek azt kell vizsgálnia, hogy mi a valószínűsége ilyen rendkívüli körülmények megismétlődésének.

A meghibásodott alkatrész egyszerű kicserélése nem mindig célravezető eljárás, mivel az új elem beszerelése újabb kockázatot visz be a rendszerbe. Vannak azonban esetek, amikor az időalapú rendszeres karbantartás alkalmazása indokolt, pl. egyenletesen kopó vagy kifáradó alkatrészek esetében.

Az intézkedések végrehajtását ellenőrizni kell. Például egy bizonyos alkatrészben fáradási repedések jelentek meg, aminek okát a szögletek túl kis sugarú lekerekítésében látták. Intézkedtek a beszállítónál a rajz módosítására, de nem ellenőrizték, hogy ez ténylegesen megtörtént-e; a raktáron levő régi típusú alkatrészeket továbbra is felhasználták a tönkrementek pótlására. Az intézkedések ellenőrzése a hibák megismétlődésének legfontosabb feltétele.

Makroszintű elemzés

A kiesések összefüggéseinek és trendjeinek elemzése nem egyszerű napi feladat. Ennek első teendője a bizonyos időszakban előfordult kiesések típus szerinti kódolása, ami általában csak a hibaokok elemzése után történhet meg. A hat hónap alatt előfordult kiesések áttekintésével, elemzésével és intézkedésekkel a gépek üzembiztosságában lényeges javulás idézhető elő.

A kiesések csökkentése nem követel csúcstechnológiát, többnyire egyszerű dolgok okozzák a kieséseket, de ezeket ismerni kell. Ehhez módszeres hozzáállásra van szükség. Több esetben 50%-kal sikerült csökkenteni a kieséseket, még hozzá minimális költséggel; a befektetések ezen a területen gyorsan megtérülnek.

A hibaokok megoszlása a karbantartók véleménye szerint:

- gyenge szakmunka 33%
- gyenge ellenőrzés 14%
- következményhiba 10%
- pontatlan beállítás 10%
- gyenge irányítás 33%

(Dr. Garai Tamás)

Page, R.: Reliability-centred maintenance in the real world. = The Plant Engineer, 45. k. 5. sz. 2001. szept./okt. p. 10–13.

Bartell, R.: Reliability program for plant maintenance. = IEEE Industry Applications Magazine, 7. k. 5. sz. 2001. szept./okt. p. 29–32.