



**DEBRECENI EGYETEM  
MŰSZAKI KAR  
GÉPÉSZMÉRNÖKI TANSZÉK**

UNIVERSITY OF DEBRECEN  
FACULTY OF ENGINEERING  
DEPARTMENT OF MECHANICAL  
ENGINEERING

---

**ÚJ TELEPÍTÉSŰ 54 SZÁLAS  
MEREVKOSARAS SODRÓGÉP  
KARBANTARTÁSI TERVÉNEK  
KIDOLGOZÁSA.  
SZAKDOLGOZAT**

Homoki Péter

Üzemeltető-karbantartó specializáció

Debrecen

2025

# Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék .....	II
Bevezetés .....	1
1 A gyártás folyamata .....	2
1.1 Húzás .....	2
1.1.1 Egyfokozatú húzógépek .....	2
1.1.2 Kétfokozatú (ikerdobos) húzógépek .....	3
1.1.3 Többfokozatú húzógépek .....	3
1.2 Húzási műveletek .....	4
1.2.1 Előkészítés .....	4
1.2.2 Hegyezés .....	5
1.2.3 Huzalok befűzése .....	5
1.2.4 Szerszámbeállítás .....	6
1.2.5 Görgőzés .....	6
1.2.6 Hegesztés .....	7
1.3 Csévélés .....	7
1.3.1 Technológiája .....	7
1.3.2 Művelete .....	8
1.3.3 Csévélő gép .....	9
1.4 Sodrás .....	10
1.4.1 Sodrógépek .....	10
1.4.2 Kosaras sodrógépek .....	10
1.4.3 Forgófelcsévélős sodrógépek .....	10
1.4.4 Gyorsodrógépek .....	11
2 JLK-630/12+18+24 merevkosaras sodrógép .....	12
2.1 Felépítése és működése .....	12

3	Karbantartási stratégiák.....	16
3.1	Módszerei és fejlődése .....	16
3.1.1	Hibáig tartó üzemeltetés.....	17
3.1.2	Merev ciklusú karbantartás (TMK).....	17
3.1.3	Műszaki diagnosztikán alapuló karbantartás .....	18
3.1.4	Megbízhatóság alapú karbantartás (RCM).....	18
3.1.5	Teljes körű Hatékony karbantartás (TPM).....	19
4	CMMS karbantartási és menedzsment rendszer .....	21
5	Karbantartási terv megtervezése .....	22
5.1	Hibaelemzés .....	22
5.1.1	Pareto analízis .....	22
5.2	Kritikussági besorolás .....	26
5.3	KPI értékek számítása .....	28
5.3.1	MTTR (Mean Time To Repair) .....	29
5.3.2	MTBF (Mean Time Between Failures).....	29
5.3.3	Rendelkezésre állás (Availability) .....	30
5.3.4	OEE (Overall Equipment Effectiveness) .....	30
5.4	Stratégiák megválasztása .....	31
6	Karbantartási terv kidolgozása.....	36
6.1	Ápolási terv (autonóm karbantartás).....	36
6.2	Ellenőrzési terv.....	38
6.3	Megelőző karbantartási terv .....	41
6.3.1	Kenési/olajozási terv .....	42
7	Karbantartási terv implementálása CMMS rendszerbe.....	44
7.1	Implementálás lépései .....	44
7.2	Hibaadatok gyűjtése .....	45
7.2.1	Hibaokok.....	45
7.3	KPI értékek számontartása.....	46
7.3.1	Berendezés MTBF .....	46
7.3.2	Helyreállítás átlagos ideje (MTTR) .....	46

7.3.3	OEE alakulása .....	46
8	Javaslatétel .....	47
	Összefoglaló .....	48
	Irodalomjegyzék .....	49

## Bevezetés

A távvezetékek, azaz vezetéksodronyok, több huzalból sodort szerkezetek, amelyek az élet minden területén megtalálhatók. Minden esetben rendkívül fontos a szerepük és rendeltetésük, ezért nagy figyelmet és gondot, szakértelmet követelnek meg. [1]

Az alumínium- és acélalumínium kábelek a világ minden pontjába biztosítják az elektromos áram ellátását, falvak és városok világítását látják el és az ipari létesítményeket is elektromos ellátással biztosítják. Csak gondoljunk például a 750 kilovolts távvezetésekre, amely hazánkba akár több országhatáron keresztül juttatja, hozza el a napjainkban már nélkülözhetetlen energiát. Életünk szinte minden pontja kapcsolatban van a kábelekkel, hiszen csak egy-egy vezeték hibája, mekkora katasztrófát, szerencsétlenséget, akár kárt is okozhat, éppen ezért is ilyen fontos a kábelek gyártását precízen és lelkiismeretesen végezni. [1]

Szakdolgozatom témája a FUX-Zrt.-nél új telepítésű sodrógépének karbantartási tervének kidolgozása. Céлом a betelepítésre kerülő géphez egy hatékony karbantartási terv összeállítása és kidolgozása, az eddigi gépek adatainak és ismereteinek segítségével, amely a gép működését és karbantartását segíti elő. A gép 24 órás üzemében nagyon fontos, hogy a véletlenszerű meghibásodásokat elkerüljük, illetve megfelelően tudjuk kezelni és ellenőrizni őket, mivel egy véletlenszerű leállás hatalmas költségi veszteségeket hozhat magával. [1]

Céлом a cég számára egy olyan karbantartási javaslatot készíteni, amely segíti az új gép állapotának megőrzését és fejleszteni a karbantartásában és üzemeltetésében, továbbá javítja annak termelékenységét és folyamatos üzemét a jövőben.

# 1 A gyártás folyamata

A távvezeték gyártás folyamata egy több lépésből álló folyamat, amely több gépegységen halad át. A gyártás kezdete a húzással kezdődik, amely által előállítjuk az acél- és alumínium huzalokat. A folyamat első lépése a csévézés, amit a csévézőgép hajt végre. A csévéző gép által a sodrógép dobjaira csévéljük a huzalt, majd a sodrógépre fogjuk felhelyezni a huzalokat, amiből végül vezetéksodrony fog elkészülni. A kész vezetékeket vezetékdobokon tárolják és ezek által szállítják őket.

## 1.1 Húzás

A húzási eljárás során huzalt, rudat vagy rúdanyagot húznak át egy szerszámon vagy összefutó csatornán, hogy növeljék annak hosszát és csökkentsék az átmérőjét. Leggyakrabban kör alakú a keresztmetszet, de nem kör alakú keresztmetszetek is létrehozhatóak. A húzás a hengerléshez képest a húzás sokkal pontosabb méretbeli ellenőrzést és alacsonyabb berendezésköltségeket, valamint egészen kis keresztmetszetekre való kiterjeszhetőséget kínál. Az extrudáláshoz viszonyítva a húzás folyamatos feldolgozást, alacsonyabb beruházási költségeket és mint a hengerlés esetében itt is kis keresztmetszetekre való kiterjesztést kínál. [2]

A húzás a fémek képlékeny alakítással történő megmunkálásának egyik módja. Az alumíniumhuzalt (drótot) hidegen húzással állítják elő, az által, hogy az alapanyagot egy folyamatosan csökkenő keresztmetszetű vagy több egymás után elhelyezett húzószerszámon keresztül húzzák. [3]

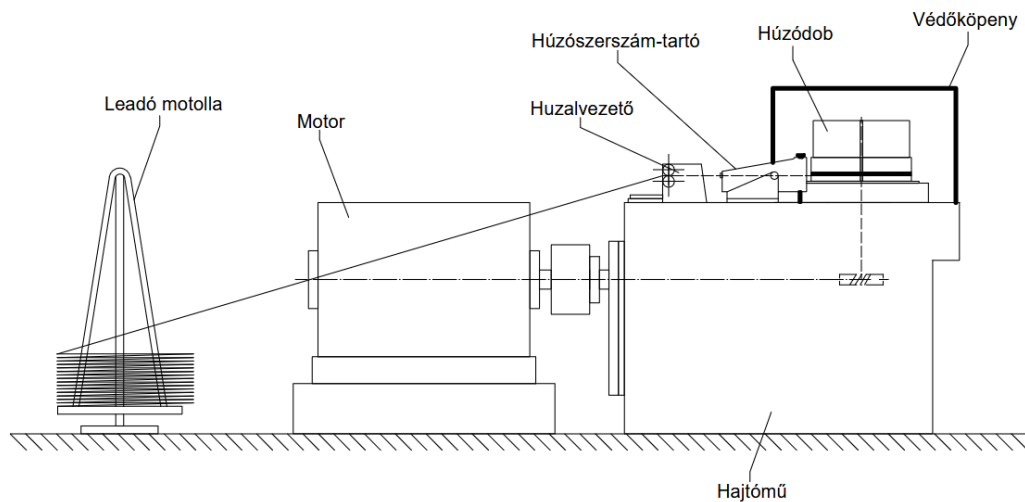
Az alaphuzal tulajdonságai a húzás hatására megváltoznak. Szakítószilárdsága nő, fajlagos villamos ellenállása is nő és a szakadási nyúlása csökken. [4]

Húzógépekből több típust is ismerünk és azok különböző alfajtaíkat. Ezen gépek közül azok 3 fő csoportját fogom felsorolni, valamint bemutatni.

### 1.1.1 Egyfokozatú húzógépek

Az egyfokozatú húzógép a legrégebben elterjedt egyszerű gépforma, amely egyedi villanymotoros meghajtással rendelkezik. Használata lehet függőleges vagy vízszintes elrendezésű a húzódob tengelyének helyzete szerint. Hátránya, hogy a géphez szükséges mellékidők nagyok. Emellett a gép legnagyobb leadási sebesség.  $\sim 2\text{m/s}$ , és ezáltal a gép termelékenysége alacsony. Előnye, hogy a gép

programváltása rugalmas. Általában speciális, kis köteges termékek gyártásához alkalmasak. Lehetnek száraz- vagy folyadékkenésűek. [3]



1. ábra Egyfokozatú durvahúzó gép [3] alapján saját szerkesztés

### 1.1.2 Kétfokozatú (ikerdobos) húzógépek

Ezek a húzógépek függőleges dob elrendezésűek, lépcsős kialakításúak. A felső dob a nagyobb és az alsó dob a kisebb átmérőjű. Ezek a gépek olyan speciális termékek nagy volumenű gyártására alkalmas, amelyeknél egy vagy kettő a húzásszám, és ahol egyszerre két húzás is végezhető, a beépített fogyás mértékének, ~25%, megfelelően. [3]

A hengerhuzal felületén található reve eltávolítására általában egy arra alkalmas mechanikus revétlenítő tartozik. [3]

Legtöbb esetben az ilyen típusú gépek szárazhúzó, de folyadékkenésűek is lehetnek. Köteges vagy csévés kiserelésű lehet a kész huzal. [3]

### 1.1.3 Többfokozatú húzógépek

A többfokozatú húzógépek jellemzője, hogy több egymást követő húzószerszámon húzzák át folyamatosan a huzalt. [3]

## 1.2 Húzási műveletek

### 1.2.1 Előkészítés

Előkészítés alatt a húzni kívánt anyag hűtőgéphez történő szállítását, a húzógép előtti leadó egységre történő felhelyezését, a köteg bontását a huzal húzógéphez vezetését értjük. [3]

Ha a húzás előtt csak mechanikus revétlenítés történik, a leadóról lekerülő hengerhuzalt be kell fűzni az előírás szerint beállított revetőrő görgősorba. A görgősor után a felületet tisztítását végző acél spirálkefék között kell a huzalt első húzószerszámhoz vezetni. [3]

A húzási műveletet megelőző előkészítés is a pácolás és felületkezelés, vagy hőkezelés után a műveletet végrehajtó berendezés technológiájától, huzalgyűjtési, illetve huzalkezelési módjától függ. [3]

Ha kötegben történik a pácolás és felületkezelés, akkor a menetek meglazítása után az anyagot fürdőkbe, mosóba, szárítóba helyezik a technológiai előírásoknak megfelelően. A szárítást követően a nagyobb tömegű egységeket leadó állványra, a kisebb tömegűeket pedig egyszerű motollára adják fel a húzógépnél. [3]

A leadó állvány előnye, hogy használatával folyamatossá lehet tenni egy huzal leadását. Az ilyen típusú állványról történő huzalleszedésnek a köteg rendezettsége a feltétel. A leadási sebesség nem lehet több  $\sim 1,5\text{m/s}$ -nál. Az első húzószerszámba való bevezetés gondos és korrekt kell legyen, hiszen leadáskor a huzal csapódik. Mivel a huzal minden menet leadásakor egy csavarást szenved el a kerületnek megfelelő huzalhosszon, így azoknál a termékeknél, amelyeknél fontos a csavarásmentesség, leadó állvány nem használható. [3]

Előhúzott huzaloknál használható a motolláról, cséveleadóról, vagy kötegről történő forgócsévés leadás, amely a huzalok leadását csavarodástól mentessé és egyenletessé teszi. Hátránya azonban, hogy a motollára a huzalok ráemelése több fizikai munkát igényel, és a húzást le kell állítani minden egyes köteg vagy cséve feladásához. A gyűjtvehúzó gépeknél megfelelő mennyiségű huzalt felgyűjtve az egyes dobokra, az új köteg bekészítéséhez szükséges időt a dobon tárolt huzalmennyiség biztosítja a húzógép folyamatos üzemeltetéséhez. [3]

Amennyiben a felületkezelés a hőkezeléssel egy folyamatban történik, akkor az anyag gyűjtése oszlopra történik 1 tonnás tömegben. [3]

## 1.2.2 Hegyezés

A huzalt először meg kell hegyezni, hogy be lehessen fűzni. Legalább olyan hosszúnak kell lennie a hegyezett huzalhossznak, hogy a húzókövön azt átfűzve meg lehessen fogni a behúzó fogóval. Lehetőleg a hegyezéshez is hidegalakítást kell használni, hogy keményedjen a huzalvég is, és rendelkezzen a szükséges szilárdsággal a húzáshoz szükséges erő átviteléhez. A huzal átmérőjétől függ a hegyezés módja. A vékony huzaloknál kézzel történhet a hegyezés, egy gömbvasra ráfeszítve a hegyezni kívánt részt, addig ide-oda húzogatva, amíg el nem szakad. Az elszakadt vég csökkent átmérőjű, kontrahált végét lehet a húzószerszámba befűzni. Vastagabb huzaloknál a kerület mentén csökkenő keresztmetszetű kör szelvényű hengerüreggel, és a kerület egy szakaszán az eltolásra lehetőséget adó nagyobb átmérőjű üregrésszel kialakított hegyező hengerpár, vagy hengerpárok lehetnek célszerűen a hegyezés szerszámai. [3]

Egysíkú huzalhegyezőben a középsori méretű huzalok hegyezése, a huzal 90°-os elforgatásával történik, a vastagabb huzaloké kétsíkú huzalhegyezőben történik, mivel a huzal elforgatása nehéz. Ügyelni kell hegyezéskor, hogy a huzal átmérője egyenletesen csökkenő körszelvényűn és sorjától mentes legyen. Hegyezéskor a hegyező üreg túltöltése sorjaképződéshez vezet. [3]

## 1.2.3 Huzalok befűzése

Száraz húzógépeken a huzalok befűzése következőképpen történik: a húzógép beállítását követően a felületkezelt köteg menetei közül ki kell venni a kihegyezett huzalvéget, ügyelve arra, hogy ne kereszteződjenek a menetek egymással. A kenőanyagtartály megfelelő nyílásán a kihegyezett huzalvéget átbújtatva át kell fűzni a húzószerszámon annyira, hogy a behúzó fogóval a huzal végét meg lehessen fogni. Az előírt kenőanyaggal kell feltölteni a kenőanyagtartályt, meg kell nyitni a huzalhűtővíz csapját. A behúzó fogóval a huzal végét megszorítva és bal kézzel megtartva, lábkapcsolóval rövid időre be kell indítani a húzódobot úgy, hogy a húzólánc horgának közelében álljon meg az erre a célra kiképzett palástnyílás a húzódobon. A palástnyílásba a horgot be kell akasztani, majd rögzíteni kell jobb kézzel kívülről. A lábkapcsolóval megindítjuk a húzódobot és 8-15 menetnyit kell termelni a dobra. Ezután leállítjuk a húzódobot és ellenőrizzük a huzal méretét és síkban fekvését. A méretét egy 0,01mm pontosságú mikrométerrel ellenőrizzük le. [3]

Nedveshúzó gépeken a huzalok befűzése: Finomsori huzaloknál, ha a húzás első fokozatban szárazon történik, akkor a huzalt a húzószerszám szerszámtartóba való behelyezése után kell rajta átfűzni. Behúzó-hegyező készülék segítségével történik a további befűzés. Ismételt hegyezés után a huzalra rá kell fűzni a második fokozat

húzószerszámát. A huzalbehúzó meghajtó motorját be kell kapcsolni oldott tengelykapcsolóval. A szerszámtartó villába helyezve a huzalvégre fűzött húzókövet, kézi fogó segítségével át kell húzni olyan hosszú huzalt, amely eléri a behúzó fogót. A huzalvéget méretellenőrzést követően a behúzó fogóban kell rögzíteni. [3]

A behúzódob megindítható a tengelyén lévő dörzskapcsoló záróanyájának becsavarása után. A dob lassú forgatásával elegendő huzalszakaszt kell áthúzni a többi húzási fokozat befűzéséhez, és a húzótárcsákon való átvetésekhez. Ezután egymástól olyan távolságra kell felfűzni a technológiában kiírt számú és méretű húzószerszámot, hogy a távolság a két-két húzószerszám között a húzótárcsa tengelytávot és tárcsaátmérőként kétszeres átvétést kiadjon. [3]

Hajszálsori gépeknél a fent leírtakhoz hasonló módon kézzel történik a húzószerszámok felfűzése „fűzővas” segítségével. [3]

#### **1.2.4 Szerszámbeállítás**

A jó szerszámbeállítás az alapvető követelménye a termelőkeny és megfelelő huzalminőségű húzásnak. A húzószerszám a huzal viselkedéséből lehet következtetni annak beállításának helyességéről. A beállítás abban az esetben jó, ha a húzószerszám tengelye pontosan megegyezik a huzal tengelyével, azaz a húzás irányával. A húzódobhoz viszonyítva ez az irány érintőleges. A beállítást úgy tudjuk ellenőrizni, hogy befűzés után egy menetnyit kivágunk a huzalból, a menetnek síkban kell feküdnie, és a dob átmérőjétől egy kicsivel nagyobbobnak kell lennie. Másik módja az ellenőrzésnek, hogy óvatosan visszafele forgatjuk a húzódobot addig, amíg meglazul a rajta levő néhány menet. Ha jó a szerszámbeállítás abban az esetben ezeknek a dob aljára le kell esniük, és ott síkban kell feküdniük. Ezt a vizsgálatot minden egyes befűzésnél, és minden dobon el kell végezni, és csakis akkor kezdhető el az üzemszerű termelés, ha minden dobon kielégítő eredményt adott az ellenőrzés. [3]

A hibás húzószerszám beállítása a huzal „ugróságát” és durva esetekben akár a kenőfilm féloldalas megszakadását is okozhatja. [3]

#### **1.2.5 Görgőzés**

A kész huzalokat egyengetni, görgetni kell a kész dobra való felfutás előtt, a könnyebb lefejthetőség érdekében. Ezt általában nagyszilárdságú keményre húzott huzalok gyártásánál, és a huzalra vonatkozó síkfekvési igények kielégítésére szokták alkalmazni továbbhúzás előtt. A görgőzés által biztosítjuk a huzalok síkban fekvését. [3]

Úgy kell elhelyezni a görgöző görgősorokat, hogy a görgőzött huzal ne szenvedjen el a dobra való felcsévélésen kívül más alakváltozást. Ennek érdekében úgy kell beállítani a görgősorokat, hogy az egy irányban dolgozó görgők egy síkban helyezkedjenek el, és párhuzamosak legyenek a görgők tengelyei egymással. [3]

### 1.2.6 Hegesztés

A huzalok hegesztése szükséges azok folyamatos húzáshoz, a huzalok végtelenítéséhez. Húzás előtt a felületkezelt méreten és húzás sorozat közben is alkalmazható a hegesztés. A hegesztendő huzalok hegesztéséhez azok felületét fémtisztára kell csiszolni, valamint kiegyengetni, majd a hegesztő elektródái közé kell helyezni és elektromos tompahegesztéssel összehegeszteni. A huzal minősége és méretei szerint kell beállítani a hegesztési paramétereket. A huzalon hegesztés közben keletkező varratot, úgy kell leköszörölni a huzalról, hogy annak mérete a huzal átmérőjével legyen azonos. [3]

Minden esetben lágyítás követi a közepes és nagy karbontartalmú huzaloknál a hegesztést, amely ugyanazon a berendezésen elvégezhető. Ennek célja korrigálni a hegesztés hőhatás-övezetét, ezáltal húzásra alkalmassá tenni. [3]

Csiszolással kell revétleníteni a hegesztés környékét. Amennyiben az utolsó 3 fokozat egyikben történik a hegesztés, abban az esetben minden külön előírás nélkül a huzalból ki kell vágni, a gyártott kötegbe vagy csévébe nem kerülhet bele. Egyes késztermékek nem engedik a felületmérethez tartozó méreten sem a hegesztés előírások szerint. Az ilyen esetben a technológiai utasítási lap közli, hogy csak hegesztésmentes kivitelben készülhet az adott termék. [3]

## 1.3 Csévélés

A nagyfeszültségű távvezeték gyártás első művelete a csévélés. Csévélésnek nevezzük azt a műveletet, amikor a huzalköteget a csévélőberendezésen a sodrógép csévéire tekercseljük fel. Ezeket a huzallal telt csévéket helyezik majd el a sodrógépekbe, hogy abból pászmát sodorjanak. [1]

### 1.3.1 Technológiája

A csévélés előfeltételei: Minden dolgozónak, aki csévéléssel foglalkozik ismernie kell a huzalok főbb jellemzőit, fajtáit és a mikrométerrel való pontos mérést. Megfelelő állapotú ruhában kell végezni a csévélést. A művezető vagy csoportvezető utasítására kiadott műveleti utasítás alapján lehet elkezdeni a csévélést. Szerepelnie kell az üzemi munkaszám és huzal jellemzőinek a műveleti

utasításon. Munkaszám szerint elkülönítve kell tárolni a csévélőben a huzalköteget. Felbontás előtt minden csévélésre előkészített huzalköteget ellenőrizni és egyeztetni kell a műveleti utasításban feltüntetett huzaljellemzőkkel. Ha hiányzik a vizsgálati cédula a kötegről, akkor abból egy próbadarabot kell vágni és a MEO-nak átadni vizsgálatra. A köteget nem lehet munkába helyezni a vizsgálat eredményének megérkezéséig. [1]

### 1.3.2 Művelete

A huzalköteget csakis kifogástalan állapotú és megfelelő méretű motollárról szabad csévélni, mert ha annak mérete kicsi, kuszálódni fog a huzalköteg, ha viszont nagy a mérete, nem lehet rátenni a huzalköteget. A huzalköteg belső átmérője szabja meg a motolla méretét. A motolla kúposágának  $8^\circ$ -nak kell lennie. A csévét a csévefogóban központosan kell behelyezni kotyogásmentesen. [1]

A csévélésre felbontott és motollára felhelyezett huzalkötegnek a szabad végét a szálcsapódást gátló csövön keresztül át kell fűzni a terelőgörgőkön majd rávezetni a gépben lévő csévére. A cséve magátmérőjén elhelyezkedő furatba kell bedugni a huzalvéget és kézzel kell a cséve magjára feltekerni 3-5 menetet, majd ez után lehet bekapcsolni a gépi hajtást. [1]

A csévélés történhet folyóméterre vagy súlyra. Ha a csévélés folyóméterre történik, akkor a hosszmérőórával, ha a csévélés viszont súlyra történik akkor a csévélés előtt a huzalköteg súlyát mérlegben kell ellenőrizni. [1]

A huzalt a csévére egyenletesen, egyforma feszítéssel kell feltekeresni. A csévélés közbeni szakadás esetén a huzalt forrasztással vagy hegesztéssel kell egyesíteni. A forrasztást gázlángon kell elvégezni, sárgaréz huzal és bóraxpor segítségével. Elektromos hegesztőgép segítségével kell a hegesztést elvégezni. Hegesztés előtt a huzalvégeket csiszolóvászonnal meg kell tisztítani a szennyeződésektől. A hegesztőgép szorítópozái közé kell helyezni a huzalvégeket, majd be kell kapcsolni az áramot. A huzalvégek az áram hatására felizzanak, amelyeket rugóerő szorítja össze és létesíti a fémes kötést. Kihűlés után hegesztési helyet és annak környékét ismételt felizzítással kilágyítjuk. Reszelővel és csiszolóvászonnal kell eltávolítani a hegesztési gallért úgy, hogy a hegesztési helyen annak átmérője az eredeti huzalátmérő tűrésértékén belül maradjon. [1]

A csévélés befejezésekor a cséve peremén lévő furatba kell belebújtatni a huzalvéget, majd a feltekereselt huzalokra vissza kell hajlítani. [1]

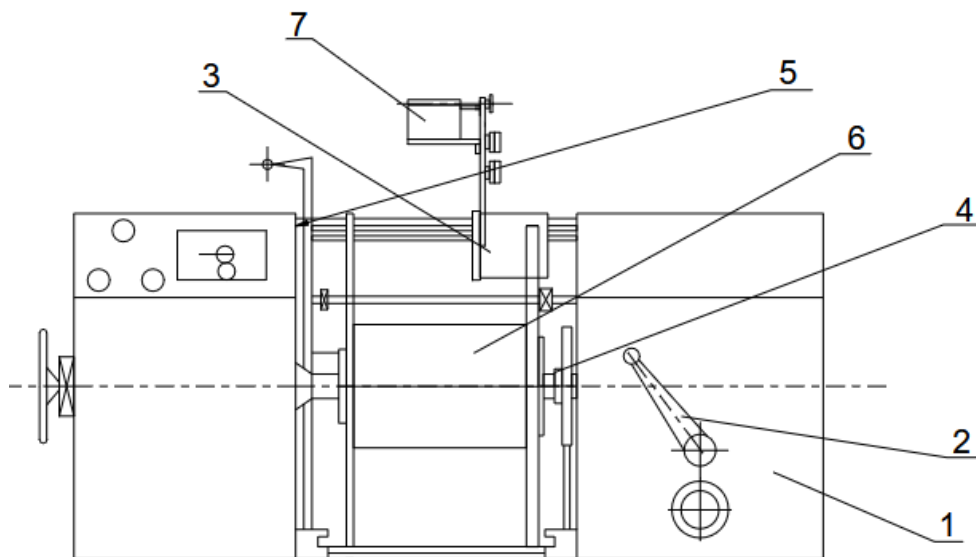
Üzemi munkaszám szerint csoportokba (rakaszokba) kell rakni a huzallal telt csévét. Fel kell tüntetni a keveredés megakadályozására a csévecsoportot

tartalmazó ládán maradandó módon a munkaszámot, huzalátmérőt, szilárdságot és felületet. [1]

### 1.3.3 Csévéelő gép

A következő ábrán (2. ábra) egy általános csévéelőgép látható, melyet a következő részek alkotnak:

- gépállvány (1), az állványban van elhelyezve
- meghajtómotor
- sebességváltó (2)
- terelő irányító
- terelőberendezés (3)
- csévebefogó berendezés (4)
- gépkezelő rész, kapcsolók, fékezőkar, kézifék (5)
- cséve (6)
- hosszmérő óra (7)



2. ábra Csévéelőgép vázlata [1] alapján saját szerkesztés

## 1.4 Sodrás

A sodrat a sodrási művelet eredménye, rendeltetése szerint nevezhetjük sodrott vezetőnek, kábelleleknek, sodronykötél-pázmának. [5]

A legegyszerűbb esetben a sodrat elemei azonos átmérőjű körszelvényű huzalok, amelyek körhenger felületén helyezkednek el. A művelet, amellyel a huzalok ilyen elhelyezkedése elérhető, a szabályos koncentrikus sodrás. [5]

A sodrás által hajlékonyabb lesz a termék, maradandó alakváltozások nem lépnek fel, ezért a kábel sérülés nélkül elviseli az ismételt hajtogatósi igénybevételeket. [5]

Alkalmazási követelményeitől függően sokféle csupasz vezetőtípust használnak. Ezek elektromos és fizikai tulajdonságaikban, konfigurációjukban, szerelési módjukban, és korrózióállóságukban különbözhetnek egymástól és ezáltal a gyártásukban is különbözhetnek. [6]

### 1.4.1 Sodrógépek

A vezetékek sodrására használt gépeknek a sodrandó huzalok anyagától és a gyártandó vezetékektől függően különböző követelményeket kell teljesíteniük. El kell kerülni az acélból, alumíniummal bevont acélból vagy alumíniumötvözetből készült huzalok sodrását. [7]

Egy üzem során 1-3 huzalréteg sodrása történhet 6, 12 és 18 huzalból rétegenként, illetve 12, 18 és 24 huzalból, a sodrógépek kialakításától és kapacitásától függően. Egy vezető rétegszámának aránya a réteghossz és a sodrott vezető megfelelő rétegenek külső átmérője közötti arány. [7]

### 1.4.2 Kosaras sodrógépek

Kosaras sodrógépeknél a sodrandó elemek egy nagy átmérőjű forgó egység (kosár) külső átmérőjéhez közel helyezkednek el. Ebből adódóan viszonylag sok orsó kis alapterületen elhelyezkedő, de a nagy forgó tömeg miatt a sodrási teljesítmény korlátozott. [5]

### 1.4.3 Forgófelcsévélős sodrógépek

Ezek a gépek a kosaras gépek visszaforgatási lehetőségének hiánya miatt lettek kifejlesztve. Az erősáramú és hírközlővezetékek gyártásánál a visszaforgatás nem hanyagolható el, ezért az ilyen célra forgócsévélős sodrógépeket alkalmaznak. [5]

#### **1.4.4 Gyorssodrógépek**

Szintén a kosaras sodrógépek hátrányainak kiküszöbölésére lettek kifejlesztve a gyorsodró gépek. Jellemzőjük, hogy forgó mozgást maguk a huzalorsókat tartalmazó villák nem végeznek, hanem egy hengerpalást alakú keretnek a felületére a huzalokat tereljük. Elrendezésük miatt az ilyen gépeket csöves sodrógépeknek is lehet nevezni. [5]

## 2 JLK-630/12+18+24 merevkosaras sodrógép

Ez a gép egy kínai gyártású 54 szálás merevkosaras sodrógép (3. ábra). Elsősorban réz- és alumínium kábelmagok „fan” alakú csavarására és préselésére alkalmas, valamint kör keresztmetszetű vezetők csavarására, húzására és préselésére szolgál. [8]

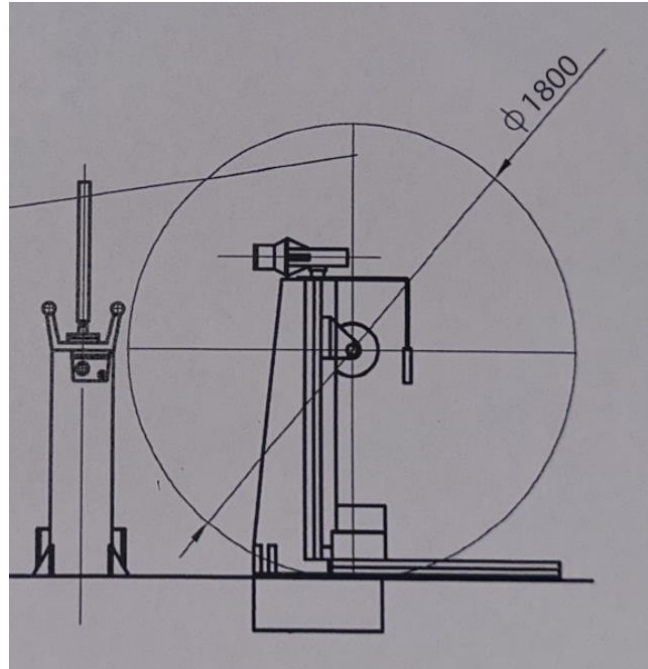


3. ábra JLK-630/12+18+24 merevkosaras sodrógép

### 2.1 Felépítése és működése

Fő alkotó elemei a gépnek a következők: Egy 1800mm átmérőjű lecsévéelő állvány, 12 csévé sodrókalitka, 18 csévé sodrókalitka, 24 csévé sodrókalitka, 12B, 18B, 24B csévékhez való oldal- és alsó betöltésű csévebetöltő berendezés, tömörítő berendezés, méterszámláló, 2000mm átmérőjű erős kettős húzómű, 2600mm átmérőjű portális felcsévéelő állvány, átviteli rendszer, elektromos vezérlőrendszer és biztonsági védelmi rendszer. [8]

A gépet annak működési folyamatának lépései és felépítése szerint mutatom be az elejétől a végéig.

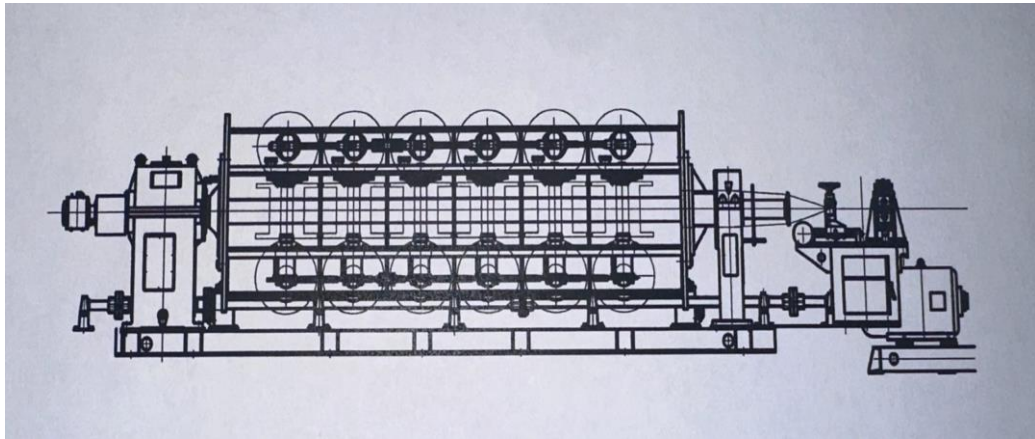


4. ábra Lecsévélő állvány [9]

Az első, vagyis a kezdeti része a gépnek a lecsévélő állvány (3.ábra), amelyről a vezetéksodrony maghuzalja lesz a gépbe betáplálva motorikus hajtással. [8]

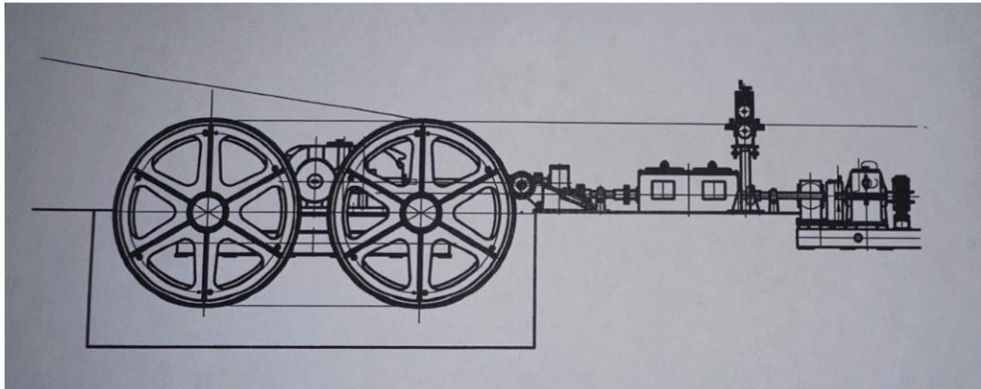
Második és egyben fő részei a gépünknek a sodrókalitkák. Felépítésük szinte megegyező, legfőképpen az orsók számában térnek el egymástól. Ebben a modellben 3 sodrókalitka található egy 12 csévés, egy 18 csévés és egy 24 csévés, ennek köszönhetően tud a gép 54 szállas sodrást is végezni. [8]

A folyamat a lecsévézés után a maghuzal bekerül a 12 csévézés sodrókalitkába (4. ábra), ahol a huzalok a huzalmag köré lesznek sodorva. Ez a folyamat növekvő sorrendben ezt követően a 18 csévézés, majd a 24 csévézés sodrókalitkán is le fog zajlani, viszont oda már a maghuzal maga a sodrókalitkából távozó sodrony lesz. [8]



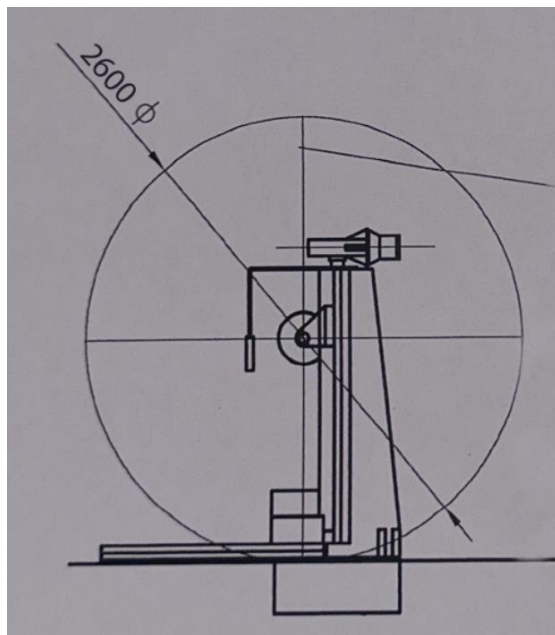
5. ábra 12 orsós sodrókalitka [9]

Miután mind a 3 sodrókalitkán áthaladt a vezetéksodrony, a kettős húzóművön (5. ábra) megy keresztül. A vezetéksodronyt a vontatókerék egyenes vonalban húzza, aminek hatására csökken a felhúzás feszültsége és nő a vonóerő. [8]



7. ábra Kettős húzómu [9]

A folyamat utolsó lépése, hogy a vezetéksodrony a vezetőkeréről felkerül a felcsévélő állványra (6.ábra). Innen a megtelt kábel dobokat becsomagolják, majd raktározzák és végül elszállítmányozzák. [8]



8. ábra Felcsévélő állvány [9]

## 3 Karbantartási stratégiák

A karbantartás az egy termék életciklusa során az összes olyan műszaki adminisztratív és irányítási tevékenység együttese, amelynek célja, hogy a berendezést olyan állapotban tartsa, vagy olyan állapotra hozza vissza, amelyben az képes funkcióját ellátni. [10]

A karbantartási stratégiák az adott cél elérése érdekében hozott döntések láncolata. Egy meghatározott időtartamon belüli karbantartási teendők és műveletek sorrendjének tartalmának és végrehajtási módjának meghatározása. [10]

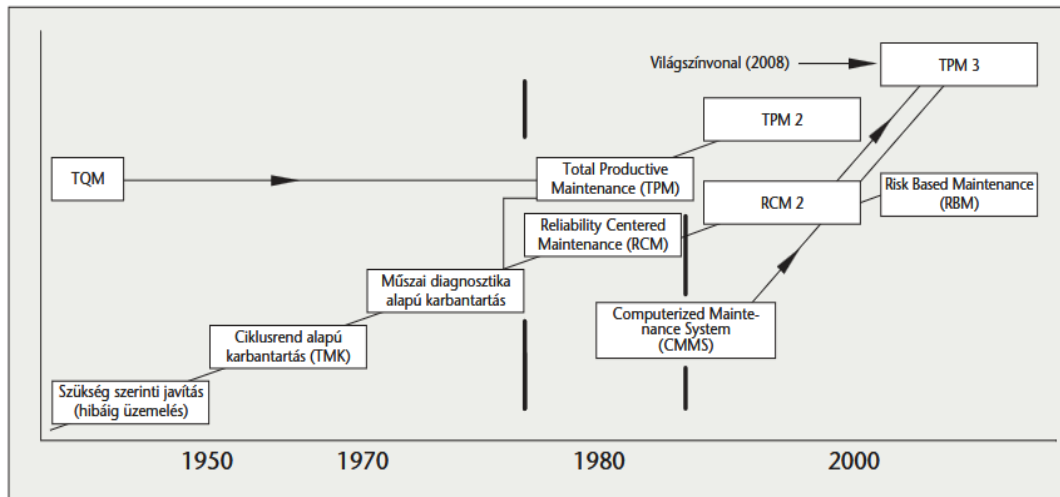
### 3.1 Módszerei és fejlődése

A karbantartási stratégiák három karbantartási alrendszer klasszikus felosztása szerint fejlődtek ki először. Ebbe tartozott a hibáig üzemelés a merevciklusrend alapú karbantartás és a diagnosztika alapú karbantartás. [11]

Kezdetlegesen a hibáig üzemelés volt az alap karbantartási rendszer a gépek egyszerűsége és az olcsó emberi munkaerőnek köszönhetően. A II. világháborút követő időszak, viszont nagy változásokat hozott az iparba. Hirtelen nőtt a munkaerő ára és a berendezések komplexitása ezek hatására született meg a cél, hogy a gépek meghibásodásait tervszerűen előzzék meg. A '60-as évek elejére általánossá is vált az ún. TMK, ami kötött intervallumonként vette javítás alá a berendezéseket. Ezt követően elég gyorsan bebizonyosodott, hogy nem eredményez elfogadható alkatrész-felhasználást és megbízhatóságot a merevciklusú karbantartás, így megjelent a műszaki diagnosztika alapú karbantartás. [11]

Ezt követően születtek meg a modern karbantartási rendszerek az RCM és a TPM. A Willmot karbantartás-fejlődési megközelítés szerint a diagnosztika alapú karbantartási az RCM és majd az követően a TPM született meg, de ez a megközelítés valójában hibás mivel azok közel egyszerre születtek meg egymástól elkülönítve. [11]

Ezek későbbi továbbfejlesztésével születtek meg a ma is ismert karbantartási rendszerek (6. ábra).



7. ábra Karbantartási rendszerek fejlődése [12]

### 3.1.1 Hibáig tartó üzemeltetés

A hibáig tartó üzemeltetés a legalapvetőbb üzemeltetési típus. Legnagyobb előnye, hogy így kihasználják az alakrész teljes EHT-t (elhasználódási tartalék), hiszen azt annak meghibásodásáig üzemeltették. Viszont a véletlenszerű meghibásodások által a helyreállítás nem tervezhető, ezáltal többnyire hosszabb a javítási idő, általában nagy raktárkészletet igényel és a létrejött leállások és karbantartások nagy hátránnyal rendelkezhetnek, mivel ezek nagy kiesésekhez, költségvetésekhez vezethetnek a gyártásban. [10]

### 3.1.2 Merev ciklusú karbantartás (TMK)

A merev ciklusú karbantartás, azaz a TMK (Tervszerű Megelőző Karbantartás) abból áll legfőképpen, hogy a berendezéseket kötött intervallumonként vetik javítás alá. Célja a váratlan meghibásodások elkerülése. Fő előnye abban található, hogy a karbantartási munkák előre megtervezettek és általában kiküszöböli a váratlan meghibásodásokat. Hátránya az EHT veszteség mértéke, mivel ciklushoz kötött a karbantartás, a cserélendő alkatrész még lehet biztonságosan tudott volna üzemelni, de az ütemezett üzemidő miatt előbb ki lesz cserélve. [11]

A TMK rendszer egyik alapelve az úgynevezett kádgörbe és az ahhoz kapcsolódó elvek (7.ábra). [11]



8. ábra Klasszikus kádgörbe [saját szerkesztés]

A hibák gyakoriságai megfigyelhetők a görbén, hogy korfüggőek. A hasznos élettartam és a kijárodás közötti határ (inflexiós pont) jól definiálható. Az ún. karbantartási egységciklus megkapható a berendezések elemeinek leggyengébb láncszeméből. [11]

### 3.1.3 Műszaki diagnosztikán alapuló karbantartás

A műszaki diagnosztikán alapuló karbantartás egy állapotvizsgáló karbantartási stratégia, ami a TMK hátrányát próbálja kiküszöbölni.

Előnye a diagnosztikai eszközök használata által, az alkatrészek megfigyelhetőek lesznek, így azok élettartamát pontosabban lehet meghatározni és azok meghibásodását előbb észlelni lehet, megelőzni.

Hátránya a diagnosztikai eszközök magas költsége és a megfelelő tudás alkalmazásukhoz, ezáltal diagnosztikát olyan alkatrészekhez vagy gépelemekhez érdemes elhelyezni, amelynek a gyártásban való meghibásodása nagy kieséshez, leálláshoz vezethet. Vigyázni kell a diagnosztika megfelelő arányú használatára mivel annak túlzott használata túlkarbantartáshoz vezethet és hatalmas költségveszteségekhez.

### 3.1.4 Megbízhatóság alapú karbantartás (RCM)

A megbízhatóság és meghibásodás valószínűsége és az előírt határértékek alapján, a javítás várható időpontja és igénye meghatározható előre. Ezt nevezzük a megbízhatóság alapú karbantartás (RCM – Reliability Centered Maintenance)

rendszerének. Célja a váratlan, véletlenszerű meghibásodások következményeinek megelőzése és azok csökkentése.

Az RCM rendszer rendkívül hatékony, de egy rugalmatlan rendszer, amelynek bevezetésének vannak hátrányai és veszélyei. Részletes és alapos elemzői munkát és nagy mennyiségű erőforrásokat igényel, ezért dinamikusan változó termelővállalatoknál nehezen lehetne alkalmazható. Mivel az RCM emberfüggetlen, ezért főként automatizált iparágakban alkalmazható a leghatékonyabban mint az atomiparban, mivel itt az emberi tényező szerepe kis mértékű. [12]

Bevezetését a karbantartási személyzet nem képes önállóan megvalósítani, ugyanis az elemzés során felmerülő válaszok többsége erőteljesen kapcsolódik a termeléshez. [13]

Először a repülőtechnikában került sor a megbízhatóság elméleti igényű vizsgálatra. Az RCM egy jelentős szemléletváltoztatást hozott, mivel az eszközök állapotának megőrzéséről azok funkciójának megőrzésére került a hangsúly. [13]

### **3.1.5 Teljes körű Hatékony karbantartás (TPM)**

A TPM (Total Productive Maintenance) módszer tulajdonképpen egy karbantartási és termelési rendszer, melynek célja a termelés hatékonyságának folyamatos növelése, a versenyképesség és a termelékenység javítása, valamint a meghibásodás és kényszerleállás nélküli termelés. A vállalat részvétellel bevonja valamennyi dolgozóját a hatékony karbantartás megvalósításának érdekében. Szorosan kapcsolódik a TQM-hez (Teljes körű Minőség Menedzsment), és támaszkodik az állapotvizsgálati módszerekre. [13]

A TPM két alapja a JIT és szállítás rendszere és az 5S módszer.

A JIT (Just in Time) a gyártás és a szállítás rendszere. Legfőbb céljai a csak azt és akkor gyártunk, amikor kell (van rendelés), a raktárkészlet minimalizálása (alapanyagok, pótalkatrészek), a munkaerő fejlesztése, valamint a gyártás, karbantartás megfelelő szervezethez, megszervezése. [10]

Az 5S módszer a Japán autógyártótól a Toyota gyárból származik, ami a LEAN fő alappillére napjainkban is.

Az 5S alapelvei a következők: [10]

1. Seiri (szeri) – Kiválogatás, rendszerezés
2. Seiton (szejton) - Rendezés
3. Seiso (szejszo)– Tisztaság

4. Seiketsu (szejketszü) - Takarítás

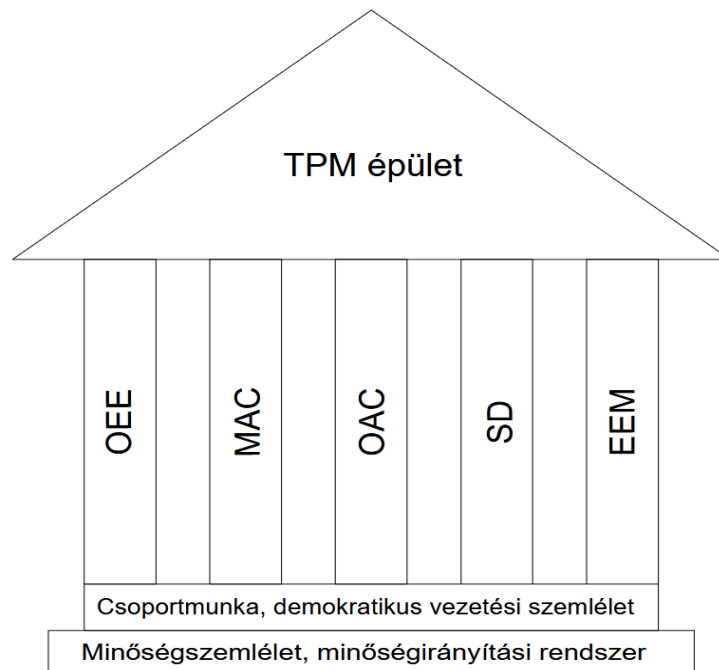
5. Shitsuke (sitcuke) - Fegyelem

Emellett a TPM egyik fő alapja még az autonóm karbantartás. Eszerint minden dolgozó érezze úgy mintha a berendezés amint a munkát végzi olyan lenne, mint a sajátja, tartsa rendben, figyeljen oda rá és jelezze, amennyiben rendellenességet észlel. Célunk, hogy a gépkezelők az egyszerűbb karbantartási feladatokat vegyék át ezáltal tehermentesítik a karbantartást. Ez legfőképpen a tisztítási és ellenőrzési feladatokat foglalja magába, valamint az egyszerűen elvégezhető rutintevékenységeket. [13]

A TPM öt alappilére: [10]

- 1. Az OEE értékének folyamatos javítása/javulása
- 2. A karbantartó részleg eszközkézelése, MAC (Maintenance Asset Care)
- 3. Az termelést végző operátorok eszközkézelése, OAC (Operator Asst Care)
- 4. Készségfejlesztés, vagyis oktatás, tréning, motiváció, SD (Skill Development)
- 5. Korai eszközkézelés, EEM (Early Equipment Management)

Ezekből áll össze a TPM épület (8. ábra):



9. ábra TPM épület [10] alapján saját szerkesztés

## 4 CMMS karbantartási és menedzsment rendszer

A CMMS vagyis a Számítógépes Karbantartás Menedzsment Rendszer (Computerised Maintenance Management System) az elsősorban egy informatikai projekt, amely az információk gyűjtésével és azok megfelelő tárolásával, valamint lekérdezésével foglalkozik, ezáltal segíti optimalizálni a karbantartási folyamatokat. A program maga csak informatikusan segíti a karbantartást, ezáltal önmagában nem egy karbantartási rendszer. [13]

Mivel azonban az információs rendszer nem választható el az alapfolyamattól, sőt annak működésére visszahat, így az információs rendszer az alaprendszer működésének optimalizálását is segíti. [13]

A rendszer bevezetését több lépésben végzik el általában. Bevezetésének első lépésében egy ún. pilotprojektet készítenek a karbantartási folyamat valamelyik kisebb részén. Ezen a részen néhány hónapos működését követően egy-két év alatt a rendszert bevezetik annak a teljes működési területén. Ezen idő alatt már széles körű (személyek, terület) alkalmazását, kifinomult összehangolását a karbantartási rendszerrel, önálló, folyamatos és alkalmazkodó rendszerfejlesztést lehet meghatározni. [13]

A CMMS rendszer segítségével az alábbi feladatok valósíthatóak meg: [13]

- tervszerű megelőző karbantartás tervezése létesítményekre és berendezésekre;
- adatok gyűjtése és tárolása karbantartási és javítási műveletekről;
- javítási és csere-munkalapok kiállítása;
- eszközök és alkatrészek nyomon követése és ellenőrzése;
- beszerzésben való együttműködés más gyártók rendszereivel;
- riportok készítése, hogy mérhető legyen a karbantartás hatékonysága, és optimalizálható legyen a berendezések teljesítménye. riportok készítése, a karbantartás hatékonyságának mérésére, hogy optimalizálható legyen ezáltal a berendezések teljesítménye.

## 5 Karbantartási terv megtervezése

A karbantartási terv kidolgozásához szükségünk van a gyártói ajánlat és a cég sodrógép ismereteire és tapasztalataira, hogy egy jól működő és effektív tervet állíthassunk össze a gépre.

Ennek megtervezésének az első lépése a karbantartási tervben használatos stratégiák megválasztása. Ehhez adatokat kell kielemeznünk és kiértékelnünk, amelyek segítségével megállapíthatjuk, hogy számunkra melyek lesznek megfelelőek a meghibásodások elhárítására és megelőzésére.

A FUX Zrt.-nél jelenleg hibáig tartó üzemeltetéssel üzemeltetnek, ezáltal nincsenek tervszerű karbantartási műveletek meghatározva, ebből következően magas a véletlen szerű meghibásodások kockázata és előfordulása. Az új telepítésű gépre szeretnénk egy kiszámíthatóbb, valamint biztonságosabb karbantartást kidolgozni annak érdekében, hogy elkerüljük a gép állapotának romlását és csökkentjük jövőbeli leállásainak és meghibásodásainak előfordulását, így növelve annak folyamatos munkamenetét, termelékenységét.

### 5.1 Hibaelemzés

A karbantartási stratégiák megválasztásához megvizsgáltam egy azonos felépítésű, de régebbi 54 szálás merevkosaras sodrógép korábbi hibaadatait, valamint az új gép karbantartási javaslatait, majd ezek szerint fogok összeállítani egy annak megfelelő karbantartási tervet.

A régi gép feljegyzett 2025-ös karbantartási adatait fogom kielemezni és megállapítani a leggyakrabban előforduló, valamint a gyártás szempontjából a gép legkritikusabb hibáit. Az adatok kielemezését a Pareto analízis segítségével végeztem el.

#### 5.1.1 Pareto analízis

A Pareto-elvet más néven a 80-20 szabályt Vilfredo Pareto (1848–1923) olasz közgazdász-szociológus fedezte fel az olasz gazdaság tanulmányozása során megfigyelte, hogy az olasz gazdaság vagyonának 80%-a, a lakosság 20%-a között oszlik el. [10]

A mi esetünkben a Pareto-elv azt mondja ki a karbantartásban, hogy a meghibásodások 80%-át a hibaokok 20%-a okozza. Ez egy rendkívül hasznos elemzés a hibák csoportosítására ezért is alkalmazom a gép hibáinak kielemezésére.

Az adatokat először csoportosítottam hibacsoportok, majd azok előfordulásának gyakorisága szerint. Az elrendezett hiba adatokat felhasználva elkészítettem egy Pareto diagramot (9.ábra), amelybe behelyettesítve láthatóak lesznek a gép leggyakoribb hibatípusai és azok gyakoriságának eloszlása.



3. ábra Pareto diagram a meghibásodások gyakorisága alapján [saját szerkesztés]

A diagramban az oszlopok magassága a meghibásodások számát még a vonal az azok eloszlásának százalékos kumulatív százalékos értékeit mutatja ki. A Pareto diagram segített jól láthatóan kimutatni számunkra, hogy mely hibák fordulnak elő a gyártás során leggyakrabban.

A karbantartási feladatokat nem vennénk meghibásodásnak általános esetben, de itt a karbantartási műveletek (Pl.: olajcsere, szűrőcsere) nem tervszerűen voltak elvégezve ezáltal ezek is váratlan gépleállást okoztak, így hibának tekinthetőek. Az ilyen típusú hibák lesznek a diagrammon leggyakrabban előforduló hibatípusok, amelyek a meghibásodások 22%-át okozták. A rosszul elvégzett karbantartási feladatok okozhatták akár a további meghibásodásaink többségét az alkatrészek rossz beszerelésével vagy azok nem megfelelő kenésével, valamint a gép és környezetének tisztításának elhanyagolásával. Ezek magas kockázatú problémák lehetnek mivel komoly meghibásodásokhoz vagy balesetveszélyhez vezethetnek.

A második és harmadik legjelentősebb hibatípusaink a csapágy meghibásodások, amelyek a 15%-át tették ki a hibáinknak, és az utána következő érzékelő/szenzor

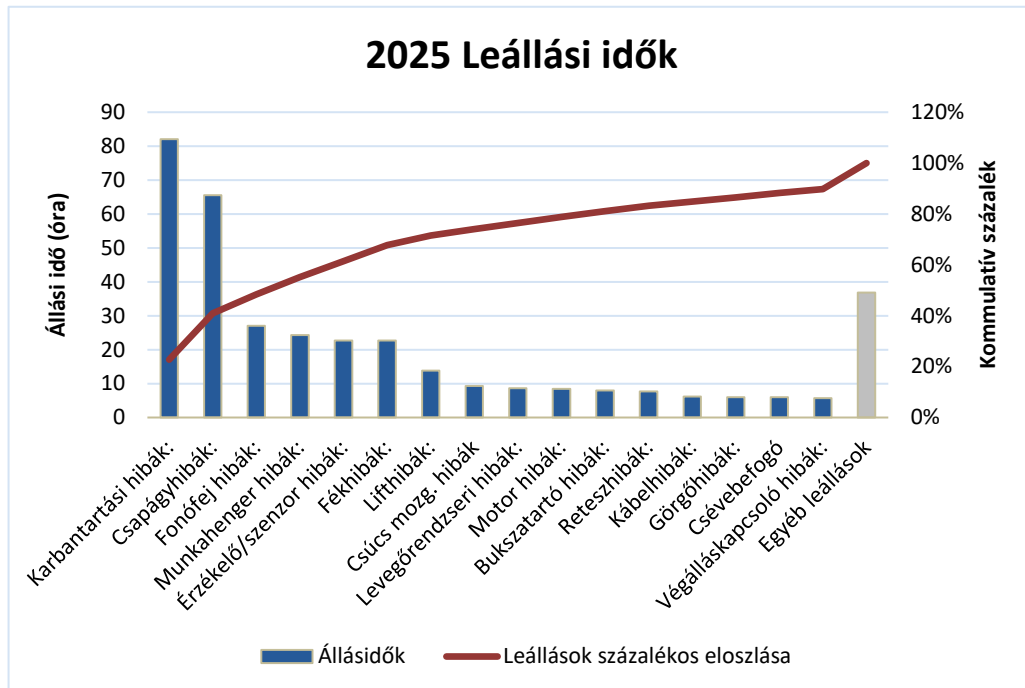
meghibásodások, amelyek azok 12%-át. Számunkra ezek lesznek a leggyakrabban előforduló hibák az ún. kritikus hibák.

Ezt követően a hibák gyakoriságában csökkenés figyelhető meg mivel ezek a hibák már az eddigi eseteinkhez képest jelentősen alacsonyabb hibaszámmal fordultak elő, de továbbra is fontos az ebben a tartományban elhelyezkedő hibákra találni megoldást és a problémák előfordulásának csökkentésére, mivel ezek lehetnek az új kritikus hibáink.

A maradék egyéb meghibásodások alacsony előfordulással jelentek meg kevesebb mint 20%-ban, bár a diagramon magas értéknek tűnik a hibák sokasága miatt, de számunkra nem lesznek jelentős előfordulású meghibásodások.

A hibák a gyártásra legfőképpen az általuk keltett leállásidők miatt válnak veszélyessé, mivel ez idők alatt a gép nem üzemel, azaz nem termel ezáltal magas veszteséget okozva a cégnek, ezért kell ezeket a nem tervezett leállásokat elkerülni. Mi ezeket szeretnénk megelőzni vagy idejüket lecsökkenteni. A meghibásodások gyakoriságának értékelése segít rávilágítani arra, hogy mi fogja okozni a gép legnagyobb problémáját, de ezen a diagramon sajnos nem láthatjuk, hogy melyik meghibásodás mekkora kiesést okozott. Ezáltal előfordulhat, hogy egy ritkán előforduló hiba több kiesést okozott, mint egy gyakrabban, de kevesebb leállással rendelkező.

Az ilyen típusú problémák kielemezéséhez szintén egy Pareto analízist készítettem el (10. ábra), de most a gép hibáinak gyakorisága helyett azok leállási idejével végeztem el, ezáltal megláthatjuk, hogy melyik meghibásodási típusok okozták a legtöbb leállási időt a gépnél.



4. ábra Pareto diagram leállásidő alapján [saját szerkesztés]

A kapott diagramból szépen kivehető, hogy az első 2 hibatípusunk lesz a leállások többségéért felelős. Első oszlopunk a karbantartási műveletek lesznek ismét, amelyek a leállások 23%-át, még a második oszlopunk, vagyis a csapágyhibák pedig azok 18%-át teszik ki. Ez a 2 meghibásodási csoport láthatóan mind gyakoriság és leállás szerint is a top 2 hibacsoportunkat képzik, vagyis ezekre kell a legjobban összpontosítanunk.

Továbbá a többi hibacsoportot sem szabad figyelmen kívül hagynunk, mivel összeadódva jelentős gépleállási időt okoztak, így ezekre is megoldást kell találnunk és csökkentenünk az általuk keletkezett kieséseket.

Az egyéb meghibásodások állásidői számunkra itt sem lesznek jelentős kiesések hiszen kevesebb mint a leállások 20%-át okozták összesen.

A két Pareto elemzést együttesen értelmezve már sokkal pontosabban látható, hogy a mi esetünkben melyek lesznek a legnagyobb veszteségeket okozó hibatípusok.

## 5.2 Kritikussági besorolás

A hibák pontosabb besorolása és súlyosságuk meghatározása érdekében a Pareto analízisekkel kielemezett adatokat kritikusság szerint soroltam be a FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) kockázatelemzés segítségével. Ez azt jelenti, hogy a hibákhoz kritikussági értékeket rendeltem hozzá a következő szempontok szerint. A hiba hatásának súlyossága (S: Severity), a hiba okának előfordulásának valószínűsége (O: Occurance probability), és a hiba felfedezésének valószínűsége (D: Detection) szerint. A kockázati prioritás meghatározása az RPN (Risk Priority Number) számításával kapjuk meg, amelynek képlete (1):

$$RPN = S * O * D \quad (1)$$

A prioritásmutató érték alapján a hibákat csoportokra bontottam. Egy ABC skálát határoztam meg a besorolásukhoz, ahol az A lesz a legkritikusabb hibacsoport és a C a legkevésbé jelentős hibacsoport. Az elemzések top 15 esetét összevonva vizsgáltam meg és soroltam be az alábbi kritikussági értékek szerint, vagyis a prioritásérték alapján vannak besorolva. Az A típusú, azaz a kritikus hibák csoportja a 210-es érték feletti estek lesznek, a B típusú súlyos esetek a 75-210 közötti intervallumban helyezkednek el és végül a C típusú a 75-ös érték alatti hibák lesznek.

A hibákat a következő táblázatban (1.táblázat) összefoglalva értékeltem a kiszámított kritikussági érték szerint:

1.táblázat. RPN kritikussági elemzés (A-B típus) [saját szerkesztés]

Hibatípus:	Súlyosság (S):	Előfordulás (O):	Észlelhetőség (D):	RPN	Kritikus- sági csoport
Csapágyhibák:	8	7	8	448	A
Érzékelő/ szenzor hibák:	7	6	6	252	A
Fékhibák:	8	5	5	200	B
Munkahenger hibák:	7	5	4	140	B
Karbantartások:	3	9	5	135	B
Végállás- kapcsoló hibák:	9	3	5	135	B
Lifthibák:	7	4	4	112	B
Motor hibák:	8	2	6	96	B
Szerkezeti hibák	8	3	4	96	B
Fonófej hibák:	5	3	5	75	B

Az RPN értékeket kiszámítva a hibáinkra elrendeztem őket a fent említett kritikussági csoportok szerint fentről lefelé csökkenő sorrendbe, így egyértelműen meghatározva, hogy mely hibákra kell legjobban összpontosítani a karbantartásunkat.

Az A csoport tartományába esetek a csapágyak és az érzékelők esetei, vagyis ezekre lesznek számunkra az első számú prioritások és ezekre kell megoldást találnunk elsőként.

Következő prioritásunk a B csoport lesz, igaz az értékek alapján nem a kritikus csoportba estek ugyanúgy fontos hibák lesznek a karbantartás szempontjából, mivel az A típusú hibák megoldódása után ezek lehetnek az új kritikus meghibásodások.

A C típusú hibák (2. táblázat) számunkra most nem lesznek prioritások, hiszen előfordulásuk ritka volt, vagy könnyen észlelhetőek voltak ezáltal alacsony kritikussági értéket kaptak, ezért nem kerültek a prioritásaink közé.

2.táblázat. RPN kritikussági elemzés (C típus) [saját szerkesztés]

Hibatípus:	Súlyosság (S):	Előfordulás (O):	Észlelhetőség (D):	RPN	Kritikus- sági csoport
Bukszatartó hibák:	4	4	4	64	C
Csúcsmozgató hibák	10	2	3	60	C
Préshibák	4	2	5	40	C
Retesz hibák	8	1	4	32	C
Görgő hibák	4	1	7	28	C
Csévebefogó hibák	7	1	4	28	C
Levegő- rendszeri hibák	3	2	3	18	C
Leadóhiák	5	1	3	15	C
Kábelhibák	5	2	1	10	C

Jó példa számunkra a csúcsmozgató meghibásodása, mivel ez egy forgóalkatrész, amely nagy súlyt tart magán ennek meghibásodása veszélyes lehet, de a gép üzemelése alatt nem történt ilyen meghibásodás csak korrekív hibák fordultak elő azok is ritkán, valamint ennek a meghibásodása könnyen észlelhető volt.

### 5.3 KPI értékek számítása

A KPI (Key Performance Indicator) értékek segítenek megállapítani az adott berendezés vagy akár több berendezés kulcsfontosságú adatait.

A gép esetében kiszámítottam az arra vonatkozó adatokból a hozzá tartozó KPI értékeket ezáltal meg tudtam határozni a gép jelenlegi értékeit, majd

meghatároztam, hogy ezeket az értékeket milyen mértékben kellene fejleszteni a gépünk esetén.

### 5.3.1 MTTR (Mean Time To Repair)

Ez a mutató az átlagos karbantartási időt mutatja ki. Egy berendezésen elvégzett karbantartások átlagos időtartamát kapjuk meg. Ez az érték minél kisebb annál effektívebb a karbantartásunk.

A MTTR kiszámítását az alábbi képlettel (2) tudjuk elvégezni:

$$MTTR = \frac{\text{Összes karbantartási idő}}{\text{Karbantartások száma}} \quad (2)$$

Ebbe a képletbe (3) behelyettesítve a gépünkön elvégzett karbantartási adatokat a következő értéket kapjuk:

$$MTTR = \frac{\text{Összes karbantartási idő}}{\text{Karbantartások száma}} = \frac{367,95}{179} \approx 2 \text{ óra} \quad (3)$$

Eredményünk azt mutatja, hogy átlagosan a karbantartási műveletek elvégzése 2 órát vett igénybe, ennek az értékét csökkenteni szeretnénk, mivel ezáltal csökkenteni tudjuk az állásidőt is és nő a karbantartási feladatok elvégzésének hatékonysága. Ezt a mutatót a terv bevezetése után érdemes megfigyelni mivel ezáltal követni tudjuk a karbantartási műveletek fejlődését vagy romlását.

### 5.3.2 MTBF (Mean Time Between Failures)

A MTBF az a meghibásodások közötti átlagos időt mutatja ki. Ez a mutató azt méri, hogy egy berendezés átlagosan mennyi ideig üzemelt meghibásodás nélkül. Minél magasabb ez az érték annál megbízhatóbb a gép.

Az alábbi képlettel (4) tudjuk kiszámolni a gép MTBF-ét:

$$MTBF = \frac{\text{Összes működési idő}}{\text{Meghibásodások száma}} \quad (4)$$

Behelyettesítve az általunk vizsgált gép adatait ebbe a képletbe (5) az alábbi értéket kapjuk:

$$MTBF = \frac{3602,05 \text{ ó}}{179} \approx 18 \text{ óra} \quad (5)$$

Ez az átlag azt jelenti, hogy minden napra legalább 1 meghibásodás fog esni, amit szeretnénk csökkenteni a gép meghibásodások számának csökkenésével, így növelve a gép termelékenységét és megbízhatóságának értékét. Mint a MTTR értéket a MTBF-t is érdemes a bevezetés után folyamatosan megfigyelni, hogy fejlődés vagy romlás áll fent a gépnél.

### 5.3.3 Rendelkezésre állás (Availability)

A rendelkezésre állás megmutatja, hogy a tervezett munkaidő mekkora részében volt ténylegesen üzemképes a gép. Értékét százalékosan mérjük.

Kiszámításához a következő képletet (6) használjuk:

$$\text{Rendelkezésre állás} = \frac{\text{Működési idő}}{\text{Teljes idő}} \cdot 100 \quad (6)$$

Jelenlegi adatok képletbe (7) való behelyettesítésével kiszámoltam a rendelkezésre állást:

$$\text{Rendelkezésre állás} = \frac{3602,05 \text{ ó}}{4215,5 \text{ ó}} \cdot 100 = 89,78\% \quad (7)$$

Látható, hogy a gépünk a tervezett munkaidő 89,78%-ban üzemelt, mi ennek az értékét a jövőben növelni szeretnénk. A karbantartás fejlesztésével célkitűzésként meg határozhatunk egy elérni kívánt értéket, amely a mi esetünkben a 95%-os rendelkezésre állás lesz. A kábelgyártásban a lehető legnagyobb értéket szeretnénk elérni, mivel egy 24 órás üzemű gépnél a legkisebb kiesések is hatalmas költségvesztéssel járhatnak.

### 5.3.4 OEE (Overall Equipment Effectiveness)

Az OEE vagyis a teljes eszközhatékonyság számunkra egy nagyon fontos érték, hiszen ez által láthatjuk, hogy a gépünk milyen hatékonysággal üzemel jelenleg. Kiszámításához az alábbi képletet (8) kell alkalmazzuk:

$$OEE = A \times P \times Q = \text{Rendelkezésre állás} \times \text{Teljesítmény} \times \text{Minőség} \quad (8)$$

A gép rendelkezésre állását már meghatároztam az előző pontban, a teljesítmény értéke maga a gép teljesítménye lesz százalékosan megadva a minőség pedig a gép által gyártott termék minőségét adja meg százalékosan. A gép teljesítménye 92%-os, amelyből a legtöbb az a technológiai kiesés (átállás) és a minőségének értéke 97%-os, mivel a gépre nem jellemző a selejtgártás.

A kapott adatokat behelyettesítve a képletbe (9) kiszámíthatjuk az OEE értékét:

$$OEE = 0,8978 * 0,92 * 0,97 = 0,801 = 80,1\% \quad (9)$$

Ez az OEE érték megfelelőnek számít, de a javaslat bevezetése után érdemes egy jövőbeli értéket kitűzni ezáltal jól látható lesz a karbantartásunk hatékonysága. Az elérni kívánt OEE értéket 85%-ra tűztük ki. A rendelkezésre állás értékének fejlesztésével ez egy beteljesíthető cél a gép esetében.

## 5.4 Stratégiák megválasztása

A hibaelemzések és a kritikussági besorolások alapján kiválasztott fő hibatípusainkra a legmegfelelőbb karbantartási stratégiákat fogom kiválasztani azoknak a megoldására, megelőzésére.

A FMEA besorolás szerint a legkritikusabb hibatípusunk a csapágyaké volt. A leggyakrabban előforduló csapágy meghibásodások a szennyeződés, nem megfelelő beszerelés és nem megfelelő üzemeltetési körülmények miatt fordultak elő. Egyes csapágyak előbb elromlottak, mint katalógusban megadott élettartamuk.

Az ilyen típusú meghibásodások által okozott leállások csökkentése érdekében a műszaki diagnosztika alapú karbantartás, valamint a tervszerű megelőző karbantartás a legopcionálisabb, mivel így meg tudjuk figyelni a csapágyak állapotát, valamint azok rendszeres ellenőrzését tudjuk elvégezni.

A csapágyak ellenőrzésére, hogy a meghibásodásokat minél hamarabb lehessen észlelni és elhárítani ajánlott diagnosztikai eszközöket használni és ellenőrzési feladatokat létrehozni.

A csapágyak megfigyeléséhez használhatunk különböző diagnosztikákat, mint az okos matricák, amelyek hőfokot tudnak mérni és adatot gyűjteni az aktuális csapágyról vagy csapágyházzal, ezzel a módszerrel egyszerűen meg tudjuk állapítani, hogy a megfelelő hőtartományban üzemelnek-e. A főtengelyeknél lehet felszerelni a csapágházakra rezgésvizsgáló diagnosztikát, ennek a fő hátránya az eszköz magas költsége és annak fenntartása, valamint magas felkészültséget és gyakorlati tudást igényel.

Mivel a cégnél ezt megelőzően még nem volt diagnosztika alkalmazva számunkra egy kézi hőkamera és egy kézi rezgésvizsgáló beszerzése lenne a legjövedelmezőbb megoldás. Ilyen eszközök használatáért nem lenne szükséges szolgáltatási díjat fizetni, valamint egy oktatás elvégzése az eszközök használatával kapcsolatosan segítené azok kezelését, így a napi és heti csapágyellenőrzéseket el tudná a képzett ember végezni rendszeresen.

Érdemes bevonni a gépkezelőt is az ilyen típusú meghibásodások megelőzése vagy annak időben való észrevételéhez, hiszen ő lesz, aki legjobban ismeri a gép működését és annak üzembéli rendellenességét. Ilyen feladatok lesznek az autonóm karbantartásunk egy része, mivel a gépkezelő ezeket a hibákat előbb tudja észlelni, mint a karbantartási részleg, valamint oktatás segítségével akár napi ellenőrzést is rá lehet bízni ezáltal növelve a csapágyak rendszeres megfigyelését.

Érzékelők/szenzorok is a kritikus hibatípus kategóriába estek bele, mivel gyakori volt az előfordulásuk és nagy kieséseket okozott. Magas értéke legfőképpen a véletlenszerű meghibásodásának kockázata indokolta, hiszen ez balesetveszélyes is lehet, valamint a nem jól működő szenzorok és érzékelők hibás üzemeléshez, termékhez vezethetnek, ami további károkat okozhat számunkra. Szerencsére az érzékelők és szenzorok esetében a leggyakoribb meghibásodások azok elszennyeződése és nem megfelelő felszerelése okozta, így ezeket a hibákat diagnosztikai megoldások nélkül is jól tudjuk kezelni. Az autonóm karbantartás itt is kulcsfontosságú szerepet fog játszani, mivel a gépkezelő feladata ezen műszerek tisztán tartása és ellenőrzése napi rendszerességgel ezzel kiküszöbölhetővé válik a problémánk. Tehát számunkra egy ciklusos karbantartási stratégia már meg tudja akadályozni az ilyen típusú meghibásodások nagyrészét. Érdemes a helyes beszerelésről oktatást végezni, hogy az ilyen hibák számának megszüntetése vagy csökkentése céljából.

A súlyos kritikussági értékkel rendelkező, azaz a B osztályú meghibásodásainkra általánosságban a tervszerű karbantartás fog megoldást nyújtani. Mivel az itt felsorolt esetek többsége viszonylag könnyen feltárható rendszeres ellenőrzésekkel, valamint megfelelő időnkénti karbantartásokkal nem lesz szükségünk diagnosztikára.

A fékek állapotának ellenőrzését és takarítását a gépkezelő is el tudja végezni az autonóm karbantartási feladat részeként nagyobb intervallumban pedig a karbantartás is ellenőrizheti, így előre tudhatjuk a fékek állapotát követni és időben kicserélni a kopott féktárcsákat. A féktárcsák időnkénti vastagságának megvizsgálásával lehet ellenőrizni annak elhasználódását.

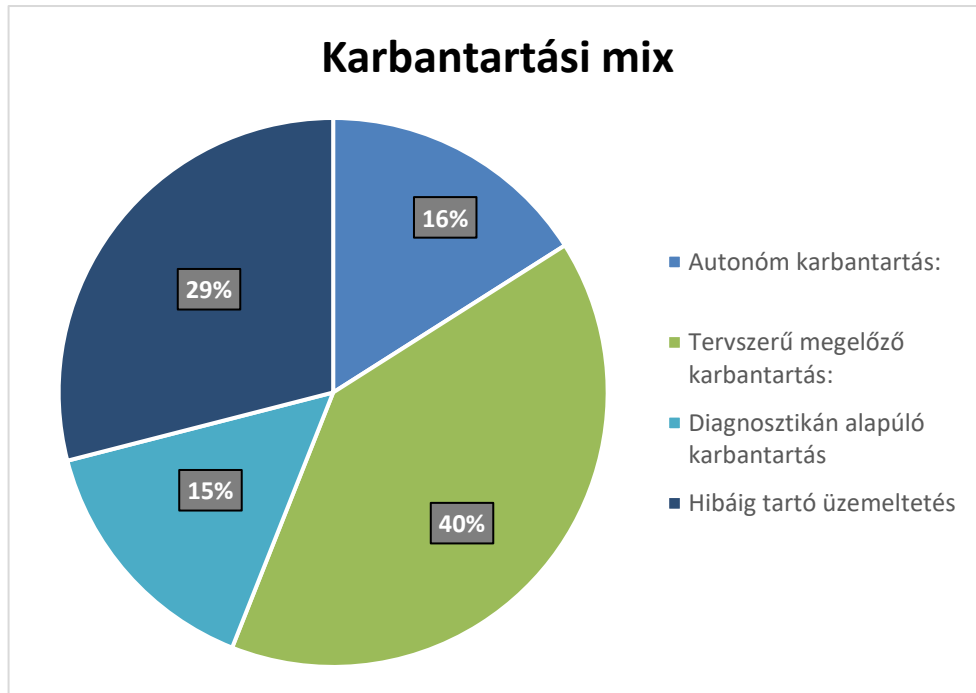
A munkahengerek esetén az olajszivárgásra kell odafigyelni legjobban és azok állapotának fenntartására a megfelelően és a meghatározott időben elvégzett olaj és tömítőgyűrűk cseréjével.

A végállás kapcsolók biztonsági funkciójuk miatt magas kockázattal rendelkeznek, legtöbb esetben nem megfelelő használatuk, a szennyeződés, illetve a kifáradt rugójuk miatt romlottak el. Rendszeres ellenőrzésük és rendeltetésszerű használatuk, valamint hiba esetén időben elvégzett kicserélése által elkerülhető, csökkenthető azok előfordulása.

Maguk a karbantartási feladatok eddig számunkra a véletlenszerű nem tervszerű elvégzése okozta a legtöbb hibát, így ezen műveletek rendszeresítése és feladatainak meghatározása segíteni fogják ezek elkerülésében és hatékonyságuk fejlesztésében. Az ilyen problémák megoldására a tervszerű, ciklusszerű karbantartás alkalmazása a legalkalmasabb ezek kezelésére, ezáltal előre meg tudjuk tervezni az általános feladatokat a gép részeire, egységeire, valamint a nagy karbantartás ideje alatti feladatok meghatározására is. Ez nagymértékben javítaná a gép rendelkezésre állását, valamint a karbantartási munkálatok szervezettségét. A takarítási és tisztítási, valamint a napi ellenőrzési feladatok gépkezelői feladatnak kiírhatók autonóm karbantartásként.

A meghibásodásokat megelőző stratégiák kiválasztását követően összeállítottam azokat egy karbantartási mixbe. A karbantartási mix a karbantartási alarendszerek keveréke, vagyis minden olyan tevékenységet foglal magába, amelyet a vállalt végez, hogy minél megbízhatóbbak legyenek annak berendezési. [10]

A stratégiák eloszlását meghatározva az alábbi karbantartási mixet kaptam (11.ábra).



5. ábra karbantartási mix kördiagram [saját szerkesztés]

A diagramon jól látható, hogy melyik stratégia milyen arányban fog eloszlani a gép karbantartásában.

Legnagyobb részben ezáltal a tervszerű karbantartás fog lenni, ami a karbantartási stratégiák több mint 40%-át teszi ki. Előfordulásuk azért lesz számottevően magas mivel ilyen ciklusszerű karbantartással fogjuk kezelni a karbantartási feladatok legnagyobb részét, mint az olajcsere vagy szűrőcsere, valamint a nagyobb ellenőrzéseket és cseréket is, mint a csapágycsere vagy hajtómű olajcsere. Ide fognak még tartozni a B típusú meghibásodások többsége is.

Ezt követően a hibáig tartó üzemeltetés fog szerepelni 29%-os eloszlásával, mivel a kisebb meghibásodások nem okoztak szignifikáns leállást vagy előfordulásunkban nem voltak meghatározóak a gyártás szempontjából, így azok az eddigi karbantartással lesznek továbbá is üzemeltetve.

Az autonóm karbantartás 16%-os eloszlással lesz a harmadik leggyakoribb stratégia, mivel ebbe tartoznak a napi ellenőrzések többsége és az egyszerűen elvégezhető karbantartási feladatok, mint a gép és környezetének tisztítása. Ennek a stratégiának a bevezetésével nagy terhet tudunk a karbantartási részlegről

felszabadítani az ellenőrzések és a tisztítási feladatok gépkezelői elvégzése által, valamint ők gyorsabban tudják felmérni a gép meghibásodásait is.

A legkisebb arányban előforduló startégiánk a diagnosztikus karbantartás lesz, ami a stratégiák 15%-át teszi ki, mivel ez egy drága eljárás és nem volt szükséges számunkra számottevően. Főként a csapágy meghibásodások megelőzése céljából választottam ki, de több gépegység/gépalkatrész vizsgálataira is alkalmasak lesznek ezek a diagnosztikai eszközök.

A karbantartási mixet folyamatosan felül kell majd vizsgálni a stratégiák bevezetése után, mivel annak esetleges adatainak változása a stratégiák arányának módosítását indokolhatják a jövőben.

## 6 Karbantartási terv kidolgozása

Mivel a géphez nem járt gyártói karbantartás csakis egy rövid karbantartási javaslat, így én állítottam össze a feladatokat ilyen típusú merevkaros sodrógépek karbantartási előírásainak és a céges tapasztalatoknak megfelelően.

A karbantartási tervet a kielemezett adatok és az összeállított karbantartási-mix szerint dolgoztam ki. A tervet felbontottam több egységre az elvégzendő feladatok alapján, azaz lesz egy ápolási terv (autonóm karbantartási feladatok), ellenőrzési terv (diagnosztika, rendszeres felülvizsgálatok) és végül egy javítási terv, vagyis TMK (megelőző karbantartás), ezekbe a tervbe fogom kiírni a kenési/olajozási feladatokat is. Az előbb felsorolt csoportok szerint az azokban elvégzendő feladatokat meghatároztam, valamint az azokat elvégző személyt is. A tervben meghatározott feladatoknak elvégzési idejét vagy ciklusát is megadtam.

Az elkészült terveket a gép főegységeiről egyszerűsített táblázatokba készítettem el, amelyek csakis a fontos adatokat tartalmazzák.

### 6.1 Ápolási terv (autonóm karbantartás)

Az ápolási terv célja a gépünk állapotának fenntartása lesz. Legfőképpen autonóm karbantartási feladatok szerepelnek ebben a tervben, amelyeket az gép kezelője végez el. Ennek a tervnek a segítségével nagy terhet tudunk a karbantartási részlegről levenni mivel ezeket a gépkezelők látják el, így sokkal effektívebb azok elvégzése.

Elkészítettem az alábbi táblázatot (3.táblázat), majd abban összeállítottam az autonóm karbantartási feladatokat a leadó és a felcsévélő esetén:

3.táblázat. Leadó és felcsévélő egység ápolási terve [saját szerkesztés]

<b>Egység</b>	<b>Ciklusidő</b>	<b>Teendők</b>	<b>Felelős</b>
Kezelőfelület	Naponta	Tisztítsa meg a gép kezelőfelületét	Gépkezelő
Gép környezete	Naponta	Tisztítsa meg a gép környezetét	Gépkezelő
Tárcsafék, fékbetétek	Naponta	Tisztítsa meg a fékbetéteket féktisztítóval	Gépkezelő
Érzékelők/ szenzorok	Hetente	Tisztítsa meg a szenzorokat és az érzékelőket	Gépkezelő

Mivel a leadó és a felcsévélő egység felépítésükben és működésükben megegyeznek, így megegyeznek a rájuk kiírt karbantartási tervek is.

A következő gépegység ápolási terve (4.táblázat) a sodróegységé lesz.

4.táblázat. Sodróegység ápolási terve [saját szerkesztés]

Egység	Ciklusidő	Teendők	Felelős
Kezelőfelület	Naponta	Tisztítsa meg a gép kezelőfelületét	Gépkezelő
Gép környezete	Naponta	Tisztítsa meg a gép környezetét	Gépkezelő
Tárcsfék, fékbetétek	Naponta	Tisztítsa meg a fékbetéteket féktisztítóval	Gépkezelő
Érzékelők/ szenzorok	Hetente	Tisztítsa meg a szenzorokat és az érzékelőket	Gépkezelő
Csúszógyűrűk	Hetente	Tisztítsa meg és portalanítsa	Gépkezelő

## 6.2 Ellenőrzési terv

Az ellenőrzési terv a gép állapotának felmérésére és annak meghibásodásainak időben való észrevételét segíti elő. Ez a terv a gépen elvégzendő ellenőrzéseket tartalmazza magában. Ennek segítségével biztosítjuk, hogy a gép egységei megfelelően üzemelnek vagy, ha valamelyik alkatrész esetleg hibásan működik vagy elhasználódott (Pl.: kopott fékbetét) azt időben észleljük és tudunk cselekedni annak megelőzésében.

Az ellenőrzési tervhez az alábbi táblázatba (5.táblázat) foglaltam össze a leadó és felcsévéelő feladatait:

5.táblázat. Leadó/felcsévéelő ellenőrzési terve [saját szerkesztés]

<b>Ellenőrzési terület</b>	<b>Ellenőrzés gyakorisága</b>	<b>Ellenőrzés módja</b>	<b>Felelős</b>
Tárcsafék, fékpofák	Naponta	Szemrevételezés/ vastagságmérés	Gépkezelő
Pneumatikus rendszer	Naponta	Szemrevételezze a rendszert szivárgásra	Gépkezelő
Csévecsúcs csapágyak	Hetente	Ellenőrizze a csapágyak zsírozottságát	Karbantartási technikus
Szenzorok/ érzékelők	Hetente	Szemrevételezze a szenzorok éppségét	Karbantartási technikus
Hajtószíjak	Hetente	Ellenőrizze a hajtószíz feszességét	Karbantartási technikus
Hajtómű	Negyedévente	Ellenőrizze a hajtómű olajsintjét	Karbantartási technikus

Következőképpen a sodróegység terve (6.táblázat):

6.táblázat. Sodrógység ellenőrzési terve [saját szerkesztés]

<b>Ellenőrzési terület</b>	<b>Ellenőrzés gyakorisága</b>	<b>Ellenőrzés módja</b>	<b>Felelős</b>
Rögzítő elemek	Műszak kezdete	Ellenőrizze, hogy megfelelő-e a rögzítés	Gépkezelő
Fékbetét	Naponta	Szemrevételezés/ vastagságmérés	Gépkezelő
Munkahenger	Naponta	Szemrevételezze, hogy van -e szivárgás	Gépkezelő
Pneumatikus rendszer	Naponta	Szemrevételezze a rendszert szivárgásra	Gépkezelő
Csapágyak	Hetente	Ellenőrizze a csapágyak zsirozottságát	Karbantartási technikus
Szenzor/ érzékelő	Hetente	Szemrevételezze a szenzorok épségét	Karbantartási technikus
Hajtósíj	Hetente	Ellenőrizze a hajtósíj feszességét	Karbantartási technikus
Hajtólánc	Hetente	Ellenőrizze a hajtólánc feszességét	Karbantartási Technikus
Szénkefék	Negyedévente	Szemrevételezéssel állapítsa meg a szénkefék állapotát	Karbantartási Technikus
Főhajtómű	Negyedévente	Ellenőrizze a hajtómű olajsíntjét	Karbantartási Technikus

Minden ellenőrzést rögzíteni kell (papír alapon vagy digitálisan) az alábbi módon:

- Dátum
- Ellenőrző személy neve
- Ellenőrzött terület
- Eredmény (megfelelő / nem megfelelő)
- Intézkedés szükséges (igen / nem)
- Végrehajtott intézkedés leírása

## 6.3 Megelőző karbantartási terv

A megelőző karbantartási terv az általános karbantartási feladatokat foglalja magába és azok elvégzését üzemórában meghatározva. Ennek a tervnek a segítségével tudja a karbantartási osztály hatékonyan elvégezni a gép karbantartási igényeit.

Az általános karbantartási feladatokat a leadó és felcsévéelőre a következő táblázatba (7.táblázat) írtam össze:

7.táblázat. Leadó/felcsévéelő tervezett karbantartási terve [saját szerkesztés]

Egység	Gyakoriság	Feladat	Felelős
Villamos motor porszűrő	Negyedévente	Csere	Karbantartási technikus
Villamos kapcsoló szekrény porszűrő	Negyedévente	Csere	Karbantartási technikus
Forgó, levegő bevezető tömítés	Félévente	Csere	Karbantartási technikus
Csévecsúcs csapágy	Diagnosztika alapján	Csere	Karbantartási technikus
Tárcsafék, fékpofák	Állapot alapján	Csere	Karbantartási technikus

A sodróegység (8.táblázat) általános karbantartási terve:

8.táblázat. Sodrógység tervezett karbantartási terve [saját szerkesztés]

Egység	Gyakoriság	Feladat	Felelős
Villamos motor porszűrő	Negyedévente	Csere	Karbantartási technikus
Villamos kapcsoló szekrény porszűrő	Negyedévente	Csere	Karbantartási technikus
Forgó, levegő bevezető tömítés	Félévente	Csere	Karbantartási technikus
Sodrókalitka csapágyak	Diagnosztika alapján	Csere	Karbantartási technikus
Transzmissziós tengely csapágyak	Diagnosztika alapján	Csere	Karbantartási technikus
Tárcsafékek, fékpofák	Állapot alapján	Csere	Karbantartási technikus

### 6.3.1 Kenési/olajozási terv

A kenési és olajozási terv írja elő mikor és milyen típusú kenőanyagot kell a megfelelő gépegségnél alkalmazni. Az olajozási és kenési feladatokat a karbantartási technikusok végzik el.

A leadó és felcsévéelőhöz tartozó feladatokat az alábbi táblázatba (9.táblázat) foglaltam össze:

9. táblázat. Leadó/felcsévéelő kenési/olajozási terve [saját szerkesztés]

Kenési terület	Időszak(óra)	Feladat	Viszkozitás
Csévecsúcs csapágyak	5000 h	Zsírzás zsírpumpával	NLGI2
Hajtómű	20000 h	Olajcsere	NLGI2



## 7 Karbantartási terv implementálása CMMS rendszerbe

A CMMS rendszer már egy meglévő szoftver a cégnél, de az még nem került bevezetése ezért szeretnénk kihasználni annak hatékonyságát a karbantartási részleg fejlesztésére és feladatainak átláthatóbb, pontosabb rögzítésére.

Célom az elkészült javasolt karbantartási terv implementálásának lépései bemutatása, hogy hogyan kell azt a digitális szoftverbe megjeleníteni és használni azt hibaadatok rögzítésére és a benne található módszerekkel való kielemezésükre, valamint a berendezés KPI értékeinek folytonos számoltatásának módjáról.

### 7.1 Implementálás lépései

A CMMS rendszerbe a karbantartási feladataink felvételének módszerét és lépéseit fogom bemutatni és levezetni egy karbantartási folyamattal. A többi karbantartási feladatot, műveletet ezen lépések megismétlésével lehet majd egy komplett karbantartási tervet elkészíteni a rendszerbe.

A folyamat bemutatására a csapágyakhoz kiírt feladatok példájával fogom elvégezni.

Első lépésünk a munkafeladatok felvétele lesz a rendszerünkbe, amelyek a Feladatok / Munkafeladatok menüpont alatt elérhető listában tekinthetők meg. [13]

Az alábbi adatokat kell megadnunk az új munkafeladat létrehozásakor mindenképpen: [13]

- A tárgy fölül kell megadnunk a feladatot és azt röviden összefoglalni. A mi példánk esetén ez lesz a: Csapágyak ellenőrzése hőkamrával.
- A berendezés opcionál tudjuk megadni a berendezést, amin a feladatot fogjuk elvégezni. Itt több gép közül lehetne választani, de esetünkben még csak a JLK-630/12+18+24 merevkosaras sodrógép lesz.
- Kategória: A munka kategóriájának megadásánál fontos, hogy jól válasszuk ki annak típusát, mert ez nagyban befolyásolja a riportokat.
- A hibajavítás jellegű kategória választása esetén meg kell adnunk a meghibásodás kezdetét és a munka végét. Amennyiben tervezett beavatkozás történik, megadhatjuk, hogy a munka egyszeri vagy ismétlődő (periodikus) lesz. Ebben az esetben egy berágódott

csapálynak a cseréje hibajavítás lesz még annak meghatározott cseréje tervezett beavatkozás lesz.

- Feladat jellege: Itt fogjuk megadni, hogy a feladat egyszeri, idő alapú vagy használat alapú lesz. A megelőző karbantartásba fognak tartozni a periodikusan elvégzendő feladatok az idő és használat alapú feladatok. Az idő alapú munkafeladat egy időszakosan ismétlődő feladat, mint a példánk esetében is a feladat idő alapú és azon belül 5000 óránként elvégzendő lesz. Ilyenkor meg kell adni a feladat rendszerességét is. Végül a használat alapú munkafeladat, ahol idő helyett a gép elhasználódása alapján fog ismétlődni, viszont ehhez monitoring alrendszer szükséges.
- Munka leírása: ide tudjuk leírni részletesen, hogy mit kell elvégezni a feladat felelősenek vagy mit lett elvégezve annak elvégzése során. Például ellenőrizze a csapágházak hőmérsékletét hőkamerával!

## 7.2 Hibaadatok gyűjtése

Mivel az eddigi hibaadatok hiányosan vagy nem megfelelően voltak riportolva ennek megoldására is segítséget nyújt számunkra a CMMS rendszer. A rendszer bevezetésével itt fel tudjuk jegyezni a meghibásodásokat effektíven, jól átláthatóan és részletesen ennek segítségével fejlődhet a cég adatgyűjtése a berendezésről és a későbbiekben bővítve több berendezésről is.

Eddig papíralapú adatgyűjtés és minimálisan digitális adatgyűjtés volt a cégnél, ennek a hátránya az volt, hogy a papírok megrongálódhatnak, el vesződhetnek és esetleg nem találjuk meg azokat így fontos adatokat veszíthetünk el a gépünkről. Ezért a rendszerben való adatok digitális vezetése nagy mértékű fejlődést tud hozni a karbantartás adatgyűjtésének számára.

### 7.2.1 Hibaokok

A rendszerben itt riportolható lesz a hibajavítás kategóriájú munkafeladatok felelőse, tárgya, annak lokációja, hibamódja, hibaoka, hibaok megjegyzése és egyéb tulajdonságai. A hibaadatok gyűjtésénél minden adat fontos lesz még a mikroleállások is hiszen azok összeadódása már jelentősebb kiesést jelenthet a gép üzemeltetése során.

## 7.3 KPI értékek számontartása

Az általam kiszámolt KPI értékeket a rendszer bevezetése után folyamatosan tudjuk követni abban ezáltal jobban átlátható lesz ezen értékek változásának mértékei és okai. Az értékek monitorozása által mindig rendelkezésre fog állni számunkra a gép akkori jelenlegi adatai Fontos a számításához szükséges adatokat rendszeresen és pontosan végezzük el hiszen akkor kaphatjuk meg a legpontosabb eredményeket.

### 7.3.1 Berendezés MTBF

Egy vizsgált időszakban a berendezéseken elvégzett hibajavítás típusú karbantartások kategóriájával kiszámítható lesz az átlagos hibamentes időtartama a gépnek. Ennek értékét a rendszer kiszámolja számunkra és egy listába összefoglalva megkapjuk a berendezésünk MTBF értékét.[13]

Ha az adott időszakban nem történt ilyen típusú karbantartás akkor nem jelenik meg a listában mivel annak értékére 0 jelenne meg. [13]

### 7.3.2 Helyreállítás átlagos ideje (MTTR)

A hibajavítás típusú feladatok meghibásodás kezdete és munka vége nevű adataiból számolt elhárítási idők átlagát összegezve tartalmazó, interaktív diagramon A hibajavítás típusú feladatainknál megadott meghibásodás kezdete és a munka vége adatokból az elhárítási idők átlagát kiszámítva adja meg nekünk egy interaktív diagramba összefoglalni. [13]

### 7.3.3 OEE alakulása

A számított OEE értékeket a rendszer által akár napi bontásban egy idővonalon megjelenő diagramot készíthetünk, amelynek értékeinek kategóriáit ki-be kapcsolhatjuk azok elkülönítésére (rendelkezésre állás, teljesítmény, minőség), így azok értékeit jól átláthatóan egyesével is megtekinthetjük. [13]

A kapott OEE értékekkel elvégezhetünk egy összehasonlítást, hogy egy összegzett értékeket tartalmazó diagramot kapunk meg, ahol a két értéket egymás mellett láthatjuk ezáltal könnyen össze tudjuk hasonlítani.

## 8 Javaslattétel

A javaslattétel elkészítése egy fontos folyamat a cég fejlődésében és annak fejlesztésében, hiszen mindig arra törekszünk, hogy a lehető legjobb eredményeket tudjuk elérni és berendezésink a lehető legeffektívebben tudjanak üzemelni, termelni, ezáltal biztosítva a cég stabilitását, megbízhatóságát.

Első javaslatom az általam elkészített adat elemzések és értékelések által kapott eredmények, amelyek felhasználásával szeretném fejleszteni a vizsgált berendezés rendelkezésre állását és megbízhatóságát, valamint a cég jövőbeli adatrögzítésének hatékonyságát.

Az elkészült elemzések mellett a gép meghibásodásának okaira is tettem javaslattételt miszerint a berendezés fő meghibásodásaira milyen stratégiát kell használni, bevezetni azok megelőzésének céljából és a kellő eszközök beszerzéséről, valamint az autonóm karbantartás bevezetését is.

Az elkészült javasolt karbantartási tervet úgy dolgoztam ki, hogy a cég számára egy jól átlátható és megvalósítható tervet alkosson és annak alkalmazása után a jövőben több berendezésen, akár az egész gépparkon lehessen alkalmazni annak módosított, fejlesztett verzióit.

Továbbá javaslom a CMMS karbantartási rendszer használatát a karbantartási feladatok és műveletek rendszeresítésére és azokról való riport készítéséhez. A hibaadatok rögzítéséhez használni ezáltal jobban átláthatóan lesznek rendszerezve, valamint a hozzájuk tartozó fontos értékeket ki tudjuk számítani a rendszer segítségével. Az eddig kiszámított KPI adatok további megfigyeléséhez, számításához is nagyon fontos a rendszer implementálása mivel mint a hibaadatok esetén itt is kulcsfontosságú lehet számunkra az az értékek feljegyzésének átláthatóságának és rendszerességének fejlesztésével.

Ezen javaslatok elvégzésével a cég karbantartását nagy mértékben tudjuk fejleszteni és újra gondolni annak felépítését és módszereit.

## Összefoglaló

A szakdolgozatom elkészítése alatt megismerkedhettem a vezetéksodrás gyártás technológiával és annak folyamataival. A FUX-Zrt-nél végzett munkám alatt sok tapasztalatot sajátíthattam el a karbantartási folyamatok megértéséről és azok gyakorlatban való működéséről, elvégzéséről.

A feladatom a cégnél egy karbantartási terv javaslatának elkészítése volt, amelynek célja egy új típusú sodrógép állapotának megőrzése és termelésének folyamatosságának biztosítása volt.

A feladat első lépésként egy korábbi típusú, de megegyező felépítésű sodrógép hiba adatainak kielemezését végeztem el a merevkosaras 54 szálás sodrógépek általános meghibásodásainak megismeréséhez és azok következményeinek megállapításához. Az általam elvégzett Pareto analízisből kielemezett adatokból megállapítottam a gép leggyakoribb és legnagyobb állásidőket okozó hibáit.

Ezt követően a berendezésen elvégzett Pareto analízis legfőbb meghibásodásait egy FMEA kritikussági besorolás alapján sorrendbe rendeztem. Ezen eljárás eredményeül kapott eredményekre azok súlyossági kategóriájának megfelelően kiválasztottam azok elkerülésének, megszüntetésének legmegfelelőbb és effektívebb karbantartási stratégiának javaslatát.

A kiválasztott stratégiákkal ezután összeállítottam egy több részből álló karbantartási tervet, amelyek a gép általános ápolásától annak kenéséig meghatároztam az elvégzendő feladatait. Az ápolási terv a gép állapotának fenntartását segíti az ellenőrzési terv a gép állapotát vizsgálja és tárja fel annak meghibásodásait és a tervszerű karbantartási tervben az alkatrészek általános karbantartási feladatait írtam össze.

Javaslatom továbbá a cégnél meglévő CMMS rendszer kihasználása volt, mivel az még nem lett bevezetve az általános karbantartásukba. A CMMS rendszer alkalmazásával szervezettebbé és egységesebbé tehetjük a feladatokat és a meghibásodási adatok gyűjtését.

Az elkészült munkám a cég karbantartását hivatott fejleszteni a sodrógép termelékenységének és biztonságos üzemeltetésének biztosításáért, valamint ennek jövőbeli kiterjesztésével akár a gépparkjának biztonságos, szünetmentes üzemeltetését biztosítani.

## Irodalomjegyzék

- [1] A kötél és kábelgyártás kézikönyve, FUX Zrt. vállalati belső dokumentáció
- [2] Wright, Roger N., Wire technology: process engineering and metallurgy, Butterworth-Heinemann, 2011.
- [3] Dr. Barkóczi István, Sodronykötél és huzal, Miskolc: FUX Zrt. 2007.
- [4] Kábelkészítő szakmai ismeretek I. FUX Zrt. vállalati belső dokumentáció
- [5] Kábelkészítő szakmai ismeretek IV. FUX Zrt. vállalati belső dokumentáció
- [6] F. Kiessling, - P. Nefzger, - J. F. Nolasco, - U. Kaintzyk.: Overhead powerlines, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2003.
- [7] Larry Kirkpatrick: Aluminum Electrical Conductor Handbook Third Edition, the Aluminum Association, 1989.
- [8] Instruction manual FUX Zrt. vállalati belső dokumentáció
- [9] FUX Zrt. vállalati belső dokumentáció
- [10] Dr. Árpád István: Üzemeltetés-Karbantartás II., órai jegyzet
- [11] Dr. Péczely György, - Péczely Csaba, - Péczely György: Lean3 Termelékenységfejlesztés egységes rendszerben, A.A. Stádium Diagnosztikai és Menedzsment Kft. 2012.
- [12] Mándoki Péter, - Lakatos András: Autóbusz-üzemtan, Akadémiai Kiadó 2018.
- [13] Péczely Csaba A karbantartás-menedzsment korszerű irányzatai és módszerei. In: Magyar Grafika.2009. 5. sz. p 12-16
- [14] CMMS felhasználói kézikönyv, vállalati belső dokumentáció