



**MISKOLCI**  
EGYETEM

GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR

# **RAKTÁRI FOLYAMATOK OPTIMÁLHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA IPAR 4.0 ESZKÖZÖK ALKALMAZÁSÁVAL**

**Ph.D. értekezés tézisei**

Készítette:

**SZENTMIKLÓSI ISTVÁN**

M.Sc villamosmérnök

HATVANY JÓZSEF INFORMATIKAI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Doktori iskola vezetője:

**Prof. habil. Dr. SZIGETI JENŐ DSc**

egyetemi tanár

ANYAGÁRAMLÁSI RENDSZEREK ÉS LOGISZTIKAI INFORMATIKA  
TÉMATERÜLET

Tématerület vezető:

**Prof. habil. Dr. ILLÉS BÉLA**

egyetemi tanár

Témavezető:

**Prof. habil. Dr. ILLÉS BÉLA**

egyetemi tanár

Miskolc

2019

## A BÍRÁLÓ BIZOTTSÁG TAGJAI

### **Elnök:**

Prof. Dr. Kovács László

ME, egyetemi tanár

### **Titkár, tag:**

Dr. Telek Péter

ME, egyetemi docens

### **Tagok:**

Dr. Czap László

ME, egyetemi docens

Dr. Bíró István PhD

SZTE, dékán, egyetemi docens

Dr. Gubán Ákos PhD

BGE, főiskolai tanár

### **Pótelnök:**

Prof. Dr. Szigeti Jenő

ME, egyetemi tanár

### **Póttagok:**

Dr. Gál József PhD

SZTE, egyetemi docens

Dr. Tamás Péter PhD

ME, egyetemi docens

### **Hivatalos bíráló:**

Prof. Dr. Véha Antal CSc

SZTE, intézetigazgató, egyetemi tanár

Dr. Bányainé Dr. Tóth Ágota PhD

ME, egyetemi docens

### **Pótbíráló:**

Dr. Hartványi Tamás PhD

SZE, egyetemi docens

# TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS.....	1
1. A DISSZERTÁCIÓ CÉLJA ÉS SZÜKSÉGESSÉGE, A KITŰZÖTT KUTATÁSI FELADAT ISMERTETÉSE .....	1
2. A FONTOSABB SZAKIRODALMI FORRÁSOK ÁTTEKINTÉSE .....	3
3. ELÉRT EREDMÉNYEK.....	6
3.1 OKOS EGYSÉGRAKOMÁNY KÉPZŐ ESZKÖZ.....	6
3.2 ÚJ ENERGIAKICSATOLÓ RENDSZER.....	8
3.3 JÁRMŰ BEÉRKEZÉSEK.....	12
3.3.1 KISZOLGÁLÁSOK IDŐPONTJAINAK DINAMIKUS KIOSZTÁSA A BEÉRKEZÉSI IDŐINTERVALLUMOK ALAPJÁN.....	13
4. TÉZISEK.....	16
5. ÖSSZEFOGLALÁS.....	18
6. THESES OF THE DISSERTATION.....	19
7. SUMMARY .....	21
IRODALOMJEGYZÉK.....	22
SAJÁT PUBLIKÁCIÓK.....	23



## **BEVEZETÉS**

A XXI. század elejére a piacokon jelentős mértékben és gyorsasággal megnöttek a termékekkel és szolgáltatásokkal szemben támasztott egyedi igények. Az előállított termékek életciklusa jelentősen lerövidült. A termékminőség fogalmába a műszaki és ár paramétereken túl a logisztikai szolgáltatások, szervizszolgáltatások is beletartoznak. Az e-commerce megjelenése, az áruk interneten történő megrendelhetősége, az áruk nem tetszés esetén visszaküldhetősége, a versenyhelyzetből adódó rövid szállítási határidők, az árverseny, az öregedő társadalom hatásai és a sok területen tapasztalható munkaerőhiány új kihívások elé állítják a logisztikai vállalatokat, amelyek ezekre a kihívásokra üzleti modelljük megváltoztatásával, folyamataik folytonos optimalizálásával és automatizálással válaszolnak. A logisztikai vállalatok működésük átalakítása során már ma is nagy számban alkalmaznak modern technológiákat, egyre növekvő számban Ipar 4.0 technológiákat.

### **1. A DISSZERTÁCIÓ CÉLJA ÉS SZÜKSÉGESSÉGE, A KITŰZÖTT KUTATÁSI FELADAT ISMERTETÉSE**

Logisztikai folyamatokon belül az áruszállítás során az áruk különböző igénybevételeknek vannak kitéve. A globális ellátási láncban a földrajzi távolságok és a folyamatok komplexitásának növekedésével az árusérülés, áru minőségvesztésnek valószínűsége és ennek megfelelően az adott vállalat kára megnőhet.

Az áru minőségvizsgálatát általában a célállomáson, gyakran raktárakban végzik el, ahol az esetleges árusérülést és / vagy minőségvesztést megállapítják, mennyiségi illetve minőségi áruátvétel során az árusérülés és / vagy minőségvesztés nagyságának megfelelően meghozzák a megfelelő intézkedéseket. Ezek a lépések a raktári folyamatokon belül nagyon időigényesek, nehezen automatizálhatóak, a dolgozók idejét kötik le, ilyenkor az eszközök állnak, így növelik a folyamatban a várakozási időket és jelentősen rontják a raktárak logisztikai teljesítményét. Az árusérülés bekövetkezési valószínűsége ugyan kicsi, de a hatása mégis legalább közepes méretű [1]. Feladatomnak tekintem ennek a témakörnek az alapos tanulmányozását, hogy a probléma eredetét a legmélyebb szintekig megismerjem és javaslatot tegyek a folyamatok optimalizálására, különös tekintettel a modern technikai eszközök alkalmazásában rejlő potenciál kihasználásával.

Az Ipar 4.0 technológiában gyakran alkalmazott vezeték nélküli szenzorhálózatok és az azokkal felépítésükben és működésükben nagy hasonlóságot mutató egyéb eszközök egyik ma még nem

teljes körűen megoldott problémája, az eszközök környezetbarát energiaellátása. Épületen, raktáron belül, ismert és állandó körülmények között az álló készülékek energiaellátására már ma is léteznek megoldások, de mozgásban lévő, nem teljes körűen feltérképezett hatásoknak kitett eszközök energiaellátására a szakirodalom a sem környezetbarátnak és sem gazdaságosnak nem nevezhető elemes, ill. akkumulátoros energiaellátást ismeri. Szükségesnek tartom ennek a részterületnek a részletes megismerését, abból az okból kifolyólag is, mivel ez új területnek nevezhető és az energia rendelkezésre állása nagyban befolyásolja az Ipar 4.0 technikai eszközeinek az alkalmazhatóságát és azzal azok széles körű elterjedését.

Raktári folyamatok tervezhetőségében egy régóta meglévő, kulcsfontosságú kérdés a szállítmány beérkezési ideje. A kikapcsolás, mennyiségi,- minőségi vizsgálat, elszállítás, betárolás folyamata stb. elvégzéséhez eszközöket és erőforrásokat kell biztosítani. Jármű késése esetén a kiszolgáló személyzet várakozik, a berendezések állnak, így növekednek a folyamatban a várakozási idők, ezzel jelentősen romlik a raktár hatékonysága.

Dolgozatom befejező részében arra a kérdésre keresem a választ, hogy a jármű beérkezések milyen módon adhatók meg pontosan, ill. hogyan szervezhetőek folyamatosan pontosabban a - logisztikai teljesítmény növelésének érdekében - ipar 4.0 technológiák használatával.

## 2. A FONTOSABB SZAKIRODALMI FORRÁSOK ÁTTEKINTÉSE

A szakirodalomban az intralogisztikában használatos technikai eszközökkel kapcsolatban nagyszámú publikáció található a termékazonosítás és nyomon követés eszközeiről. Ezek közül megemlítem a rádiófrekvenciás azonosítás eszközt, amely az RFID (Radio Frequency IDentification) technológián alapszik [2] és a jelenlegi kommunikációs korunkban átmenetet jelent a vezeték nélküli hálózatok irányába [3][4][5][6]. A vezeték nélküli szenzorhálózatok csoportjába tartozó passzív RFID címke (Sensor transponder) beépített szenzorral rendelkezik, amely a kiolvasás pillanatában méri és továbbítja a mérendő értéket, beépített energiaellátással nem rendelkezik, adatgyűjtésre vagy adat kiértékelésre nem alkalmas [7].

Aktív RFID adatlogger címke (Sensor datalogger) beépített szenzorral és energiatárolóval rendelkezik, így a készülék folyamatosan méri és tárolja a környezeti mért értékeket, ill. kiolvasáskor továbbítja ezeket. Ezek az eszközök nem végeznek adatkiértékelést, nem reagálnak eseményekre, hanem meghatározott időpontban végeznek el mérést és kizárólag kiolvasáskor továbbítják ezeket az adatokat az olvasó felé [7].

Koncepció fázisában lévő eszközök közül kiemelem a Fraunhofer IML által elkészített InBin intelligens tárolót, amely intralogisztikai, leginkább kommissiózási feladatokat tud ellátni, szenzorokon keresztül figyeli a környezetét és például jelzést ad, ha a környezet hőmérséklete nem megfelelő és vezeték nélküli kommunikációra is képes [8]. A berendezés minden olyan környezetben üzemképes, ahol emberek is dolgoznak. Az eszköz energiaellátása napelemmel kiegészített akkumulátort tartalmaz.

A Fraunhofen IML elkészítette az intelligens légi teherszállító konténert iCON. Ennek az a lényeges tulajdonsága, hogy a rendeltetési helyét önállóan megtalálja, oly módon, hogy adatátviteli eszközök segítségével mit pl. GPS, 4G LTE-GSM hálózat vagy más CPS (cyber-physical system) berendezésekkel kommunikál. Ha az iCON lekésik egy járatot, önállóan képes megkeresni a következő járat indulási helyét és lefoglalja a helyét a gépen. A berendezés különféle szenzorokat tartalmaz a környezeti paraméterek valós idejű figyelésére. A berendezés adatkiértékelési funkciójáról nincs információ, energiaellátását napelemmel kiegészített akkumulátorral oldották meg, amiről 6-8 hónapig tud üzemelni [9][10].

A szakirodalmi kutatás során mindössze egy kielégítően dokumentált eszközt találtam, amely áruszállítás során az szállított áru minőségét befolyásoló paramétereket vezeték nélküli szenzorhálózatokon keresztül folyamatosan figyeli, környezetével kommunikál és áru

élettartam számításra is képes. Ez a berendezés az okos konténer (Smart Container), amely működését R. Jedermann brémai kutató számos publikációban és doktori disszertációjában részletesen közölte [11][12]. Jedermann által elért eredményekből kiemelem azt a részletet, hogy egy konténerben a hőmérséklet nem homogén. Kimérte, hogy mélyhűtött konténerben 5 °C helytől függő hőmérsékletkülönbség tapasztalható. Volt olyan mélyhűtött konténer, amelyben öt órával a hűtés megkezdése után különböző pontokban még 10 °C hőmérsékletkülönbség is mérhető volt [12]. Ennek az eszköznek a hátránya az, hogy a hőmérséklet ellenőrzése csak a konténerben lehetséges. További problémát jelent a koncepcióban szereplő, az előzőekben már bemutatott, hőmérséklet mérését végző RFID - adatlogger, ami elemes energiaellátású, kizárólag hőmérséklet mérésére alkalmas, csekély adatmennyiség tárolására képes, adatok kiolvasása lassú, mert az összes adatot továbbítja kiolvasás során [11]. A berendezés energiaellátását akkumulátor biztosítja.

A szakirodalomban nem találtam olyan logisztikai eszközt, amely a szállítandó árura ható paramétereket közvetlenül az áru környezetében méri és az áru minőségének változását, ill. annak mértékét megállapítja.

Vezeték nélküli szenzorhálózatok és hozzájuk hasonló felépítésű és működésű eszközök energiaellátását logisztikai szempontból Prof. M. ten Hompel vezetésével A. Kamagaew és T. Kirks [13] vizsgálták, akik fizikai mennyiségeket, rezgést, fényt és hőmérsékletváltozás mértékét mérték raktárban anyagáramlás során. Megállapították, hogy a fényenergiából áll a legtöbb rendelkezésre, ami az említett eszközök energiaellátását biztosítani képes. Rezgés mérés során a szerzők ugyan mértek jelentős energiájú lökéseket, de ezeket nem tekintik felhasználhatónak, ugyanis nem tartják ezek energiáját kinyerhetőnek [13].

M. Roidl és szerzőtársai raktárban végzett mérések során megállapították, hogy raktárakban gyengén megvilágított helyen 50 Lux, munkahelyeken 400 Lux fényerősség mérhető, amit az általuk nem specifikált napelem 0,02 – 0,1 mA árammá alakít át [14].

Nem találtam adatot konténerben vagy szállító járműben a rakodófelületen uralkodó fényviszonyokról. A fényenergia hasznosításának lehetőségét szakirodalmi forrás és tapasztalati értékek hiányában nem kutatom.

P. Dorsch és kutatótársai [15] egy piezoelektromos generátorral ellátott logisztikai tároló eszközt mutattak be, amely eszközkövetési funkcióval rendelkezik. Meg kell említeni, hogy a kutatók a jelenleg rendelkezésre álló legnagyobb teljesítményű és jelentős költségű piezoelektromos generátorral végeztek kísérleteket.



A szakirodalomban nem találtam más megfelelő szinten dokumentált irodalmat, ami a kutatásom során további támpontot adna. ezért A. Kamagaew és T. Kirks állítását cáfolom meg a dolgozatomban 6. fejezetében.

A rezgésen alapuló energiakinyerő berendezés általános modelljét C. Williams és B. Yates [16] dolgozták ki, ahol a berendezés rezgőrendszere a [17] szereplő modell szerint működik.

D. Spreemann és Y. Manoli megállapították, hogy az ilyen rendszer a kimeneti teljesítmény maximumát akkor éri el, ha a gerjesztő mozgás frekvenciája megegyezik a rendszer saját frekvenciájával [18].

Z. Zhao és társai [19] kisméretű teherautó karosszéria felfüggesztési rendszerébe építettek piezoelektromos energia átalakítót, amellyel 18 – 102 W energiát állítottak elő, amit közvetlenül a jármű villamos hálózatába táplálnak be.

A szakirodalom alapos átvizsgálása után arra a következtetésre jutottam, hogy a környezet energiáját kicsatoló eszközök területét logisztikai megközelítésből nagyon kevesen vizsgálták eddig meg, dinamikai hatások, lökések, tranziens erők villamos energiává alakítása egyáltalán nem kutatott terület.

A járműbeérkezések problémáját és a beérkezések kezelésének matematikai alapjait Kulcsár B. [20] mutatta be, majd Cselényi J. és Illés B. [21][22] részletesen tárgyalta azt.

Az időkapu rendszerek szakirodalma bőséges, egy jól dokumentált rendszert a pl. a Cargoclix [23] vállalat mutat be.

Az időkapu management rendszerekkel kapcsolatban, a szakirodalomban nagyszámú publikáció található a járatszervezés VRP (Vehicle Routing Problem) ill. az időkapura való járatszervezés VRPTW (Vehicle Routing Problem with Time Window) optimalizálására pl. újraütemezési eljárás használatával, de a leírt eljárások a problémát mindig egyoldalúan a jármű, ill. a járművet üzemeltető flottamanagement szemszögéből közelítik meg.

A napjainkban már rendelkezésre álló technikai rendszerek és eljárások szakirodalma bőséges. A közlekedési központokról Magyar Közút Nonprofit ZRt [24], Marz [25] és J. Geistefeldt [26] számol be. A Floating Phone Data és Floating Traveler Data technikákat J. Schlaich [27] és S. Krampe [28], a Floating Car Data és Extended Floating Car Data technikákat S. Breitenberger és társai [29] ismerteti részletesen. A GPS helymeghatározó rendszer működéséről Rudolf Á. [30] számol be.

### 3. ELÉRT EREDMÉNYEK

A kutatási eredményeimet egymástól elkülönülő részterületeken értem el, ezért az eredményeimet szétbontva, elválasztott alfejezetekben mutatom be.

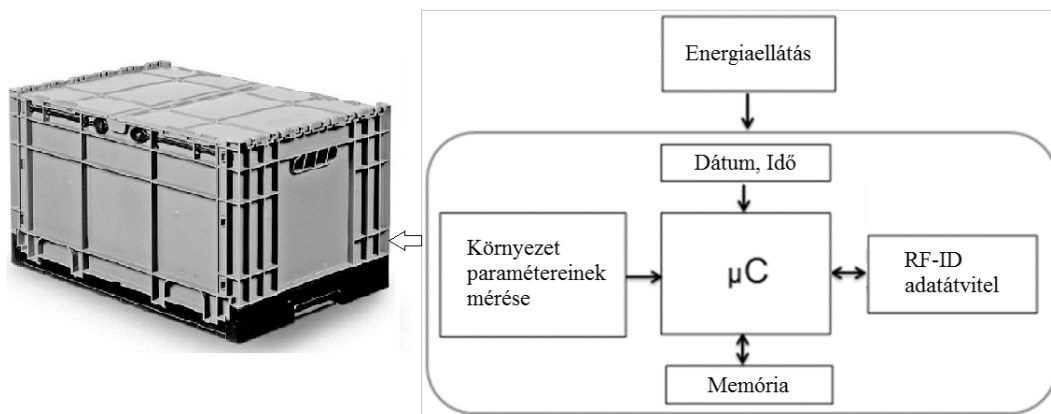
#### 3.1 OKOS EGYSÉGRAKOMÁNY KÉPZŐ ESZKÖZ

Megalkottam egy eszközt, amely anyagáramlási folyamatokban a szállítandó árura negatívan ható hatásokat az áru közvetlen környezetében folyamatosan méri, a mért értékeket kiértékeli és minőségromlás megállapítására is képes. Ez az eszköz az okos egységtrakomány képző eszköz (OERK), amely egy mobil kiberfizikai eszköz.

Az okos egységtrakomány képző eszköz legfontosabb összetevői:

- egységtrakomány képző eszköz, ami lehet egy tároló rekesz, műanyag raklap stb., ami az áru befogadására alkalmas,
- energia átalakító,
- energiamanagement,
- mikrokontroller,
- kiskapacitású memória,
- szenzoregységeket, a fizikai, - kémiai és biológiai paraméterek mérésére,
- dátum, óra funkció és
- RF-ID antenna.

A 3.1. ábra szemlélteti az eszköz blokkvázlatát.



3.1. ábra. Okos egységtrakományképző eszköz felépítése

A berendezés kialakításából adódóan a rákapcsolt szenzorokon keresztül alkalmas fizikai és biológiai paraméterek figyelésére. Ezek a paraméterek lehetnek tömeg, hőmérséklet, nyomás,

páratartalom, gyorsulás, fényerősség, UV-sugárzás, radioaktív sugárzás, lopás, vegyi anyagok, stb.

Az áru sérülésprofiljának meghatározása és annak az OERK -be való betáplálása után a berendezés elkezd működni. A berendezés hőmérséklet figyelés esetén adott időközönként méri a hőmérsékletet és kiértékeli az eredményeket pl. az alábbi összefüggés alkalmazásával:

$$T_{min} < \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n} = T_{\text{átlag}} < T_{max} \quad (3.1)$$

Az automatikus adatgyűjtéssel, nagyságrendekkel több és megbízhatóbb adat áll a logisztikai irányítás rendelkezésére. Így jobban, hatékonyabban és folyamatosan érvényesíthetők a logisztikai célfüggvények: a minimális átfutási idő, a minimális várakozási idő, a minimális ráfordítások, a maximális vevői elégedettség stb.

Az OERK használatát a raktári folyamatok szemszögéből vizsgáltam meg, különös tekintettel a betárolási folyamatok átfutási idejére, a várakozási időkre, fordulósámra és költségráfordításra. Meghatároztam az új eszköz használatával a D/D/1 - típusú sorban állás esetére a betárolási folyamatban a várakozási idők és a folyamat költségeinek számítására alkalmazható matematikai modellt, amelyben a következő célfüggvényeket határoztam meg.

$$T_A = \sum_{i=1}^n t_{wi} + \sum_{j=1}^m t_{sj} + \sum_{k=1}^l t_{rk} + t_{Me} + t_{Mi} \rightarrow \min \quad (3.2)$$

ahol:

$t_{wi}$	i. helyen történő várakozási idő
$t_{sj}$	j. helyen történő szállítási idő
$t_{rk}$	k. helyen történő rakodási idő
$t_{Me}$	mennyiségi vizsgálat időszüksége
$t_{Mi}$	minőségi vizsgálat időszüksége

További lényeges folyamat minősítő mutató az az időegység alatt teljesíthető fordulósám:

$$f_{sz} = \frac{T_{ie}}{T_A} \quad (3.3)$$

ahol:

$T_{ie}$	időegység = 1 óra = 3600 sec
----------	------------------------------

Nyilvánvalóan fontos cél, hogy a folyamat költségráfordítása  $K_A$  minimális legyen, azaz

$$K_A = \sum_{i=1}^n k_{W_i} + \sum_{j=1}^m k_{S_j} + \sum_{k=1}^l k_{R_k} + k_{Me} + k_{Mi} \rightarrow \min \quad (3.4)$$

ahol:

$k_{W_i}$  i - edik helyen történő várakozás költsége

$k_{S_j}$  j - edik helyen történő szállítás költsége

$k_{R_k}$  k - adik helyen történő rakodás költsége

$k_{Me}$  mennyiségi vizsgálat költsége

$k_{Mi}$  minőségi vizsgálat költsége

Eszközök állásidejének,  $k_W$  várakozásának a költsége:

$$k_W = \sum_{i=1}^n t_{W_i} \cdot k_A \quad (3.5)$$

ahol:

$k_A$  fajlagos állásidő költsége  $\left[ \frac{\text{€}}{\text{óra}} \right]$

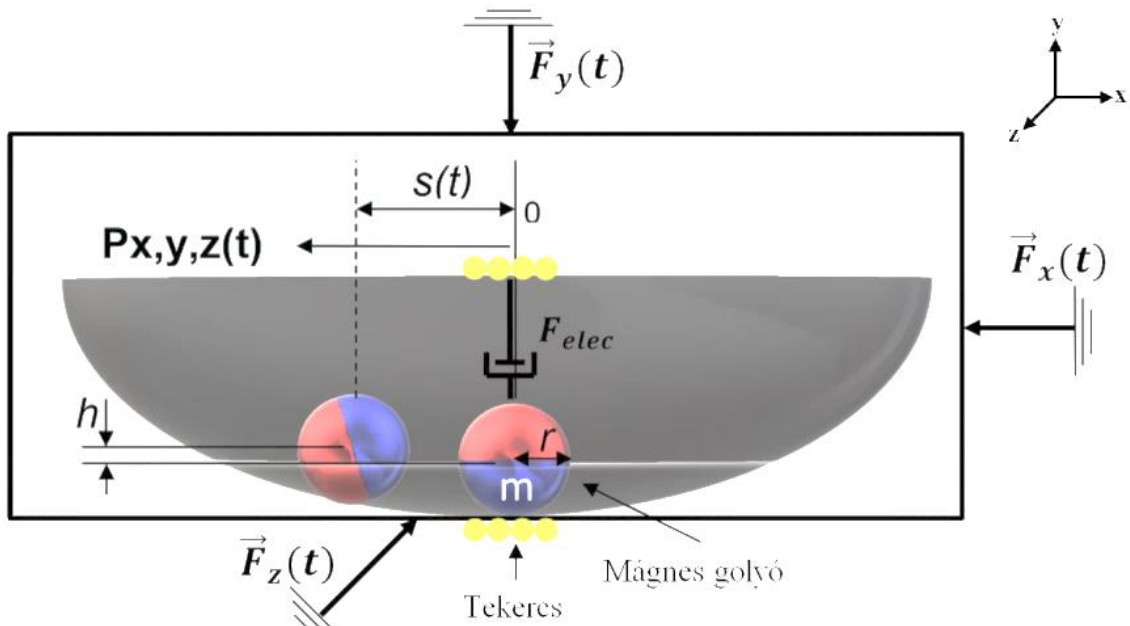
$T_{WA}$  várakozási idő  $[\text{óra}]$

### 3.2 ÚJ ENERGIAKICSATOLÓ RENDSZER

Nagyszámú anyagmozgató rendszeren és eszközön végeztem rezgésvizsgálatot, annak a feltárására, hogy milyen mechanikai erőhatások keletkeznek anyagáramlási folyamatokban.

Megállapítottam, hogy anyagmozgatás során a berendezések kialakításából adódóan egymástól nagyon eltérő harmonikus rezgés keletkezik és nagyszámú tranziens, lökészerű erőhatás lép fel. Megfigyeltem, hogy ezek az erőhatások egy egységgrakomány képző eszközre a koordináta rendszer három irányából egyszerre hatnak.

Elkészítettem egy a lökések energiájának átalakítására alkalmas rezgőrendszer modelljét, amely a koordináta-rendszer x, y, z irányából jövő tranziens erőhatások energiáját villamos energiává alakítja át. Ennek működése a következő: egy zárt keretben (pl. doboz) egy gömbszelet alakú csészébe a rá ható  $\vec{F}_x, \vec{F}_y, \vec{F}_z$  irányú erőknek megfelelően mozgást végez. A csészében lévő mágnes golyó a rá ható erők miatt a csészében elmozdul. A permanens mágnes golyó a csészét körülvevő tekercsben fluxus változást hoz létre, így feszültség indukálódik. A rezgőrendszer modelljét a 3.2. ábra szemlélteti.



3.2. ábra. Mechanikus rezgőrendszer modellje

A kitüntetett három irányból erők (rögzített koordinátarendszerben) vektoriális eredője:

$$\vec{F}_{eredő}(t) = \vec{F}_x(t) + \vec{F}_y(t) + \vec{F}_z(t) \quad (3.6)$$

Az  $\vec{F}_{eredő}$  erőtől  $t = 0$  időpontban kapott  $\vec{v}_0$  sebességű ( $|\vec{v}_0| = v_0$ ) mozgási energia skaláris alakban számolva

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m v_0^2 \quad (3.7)$$

Három dimenzió esetén a kinetikus energia a következő módon határozható meg

$$E_{kinetikus} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2) \quad (3.8)$$

Általában a testre ható  $\vec{F}$  erő és a test  $\vec{s}$  elmozdulás vektora esetén a végzett munka

$$W = \int_g \vec{F} d\vec{s} \quad (3.9)$$

u.n. ívhossz szerinti vonalintegrállal számítható ki. A testre ható erők eredője által végzett munka megegyezik a kinetikus energia megváltozásával, azaz:

$$\sum_{i=1}^n W_{eredő,i} = \Delta E_{kinetikus} \quad (3.10)$$

A munkavégzés vagy az energiaátvitel sebessége a fizikai teljesítményt adja, így a  $P$  teljesítmény

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{F \Delta s}{\Delta t} \quad (3.11)$$

Tehát a kinetikus energia változása nem más, mint a kinetikus energia idő szerinti első deriváltja, azaz

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta E_{kinetikus}}{\Delta t} = \frac{m}{2} \left( 2v_x \frac{dv_x}{dt} + 2v_y \frac{dv_y}{dt} + 2v_z \frac{dv_z}{dt} \right) \quad (3.12)$$

Átalakítva a következő alakot kapjuk:

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta E_{kinetikus}}{\Delta t} = \left( m \frac{dv_x}{dt} \right) v_x + \left( m \frac{dv_y}{dt} \right) v_y + \left( m \frac{dv_z}{dt} \right) v_z \quad (3.13)$$

Mivel  $\frac{dv_x}{dt} = a_x$  nem más, mint a gyorsulás x-irányú komponense (hasonlóan a többi komponensre is). A kinetikus energia változása tehát egyenlő az erő és a sebesség skaláris szorzatával, ezért a mechanikai teljesítmény

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta E_{kinetikus}}{\Delta t} = F_x v_x + F_y v_y + F_z v_z \quad (3.14)$$

alakban írható fel.

A  $\vec{r}(t) = \{x(t); y(t); z(t)\}$  pályán mozgó test sebességvektora  $\vec{v}(t) = \left\{ \frac{dx(t)}{dt}; \frac{dy(t)}{dt}; \frac{dz(t)}{dt} \right\}$

így a kinetikus energia megváltozása

$$dE_{kin} = F_x dx + F_y dy + F_z dz \quad (3.15)$$

vagy

$$\Delta E_{kin} \cong F_x \Delta x + F_y \Delta y + F_z \Delta z \quad (3.16)$$

Tehát a kinetikus energia változása egyenlő az eredő erő által végzett munkával. Az impulzus tétel általános alakja

$$m \vec{a}_M = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{F}_{eredő} \quad (3.17)$$

ahol  $\vec{a}_M$  a mágnes golyó gyorsulásvektora.

A rendszer mozgásegyenlete:

$$m \vec{s}(t) + \vec{F}_{lejtő}(t) + \vec{F}_{elek}(t) = \vec{F}_{eredő}(t) \quad (3.18)$$

ahol

$m$  : a mágnes golyó tömege,

$\ddot{s}$  : a golyó által megtett út idő szerinti második deriváltja, azaz a gyorsulás

$\vec{F}_{lejtő}$  :  $mgh$

$g$  : nehézségi gyorsulás

$\vec{F}_{elektr}$  :  $b_e \dot{s}$  elektromos csillapítási koefficiens,

$\vec{F}_{eredő}$  :  $\vec{F}_x, \vec{F}_y, \vec{F}_z$ , vektorok eredő vektora

A gyakorlatban a legtöbb esetben nem a rázkódás, ütés, ill. ezek tranziens hullámformájának meghatározása a cél, hanem sokkal fontosabb az ütés, rázkódás, ill. tranziens rezgés az adott mechanikai rendszerre való hatásának megismerése. Ha a tranziens rezgés idő függvénye  $f(t)$ , akkor ennek a Fourier transzformáltja a következő [31]:

$$F(f) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad (3.19)$$

Az energiakicsatoló rendszer által szolgáltatott indukált feszültséget, az elektromotoros erőt a következő módon írhatjuk fel:

$$\varepsilon_{ind} = -N \frac{d\Phi_B}{dt} = -N \frac{d}{dt} \left( \int_A B dA \right) \quad (3.20)$$

vagy más formában felírva

$$\varepsilon_{ind} = N \oint_L \vec{E} d\vec{s} \quad (3.21)$$

ahol

$\varepsilon_{ind}$ : elektromotoros erő (terheletlen, üresjáratú feszültség)

$N$ : tekercs hurkainak száma

$\vec{E}$ : indukált elektromos térerősség

$d\vec{s}$ : elmozdulás

$\Phi_B$ : mágnes golyó indukció fluxusa

$A$ : tekercs felületének nagysága

$B$ : mágneses mező [32]

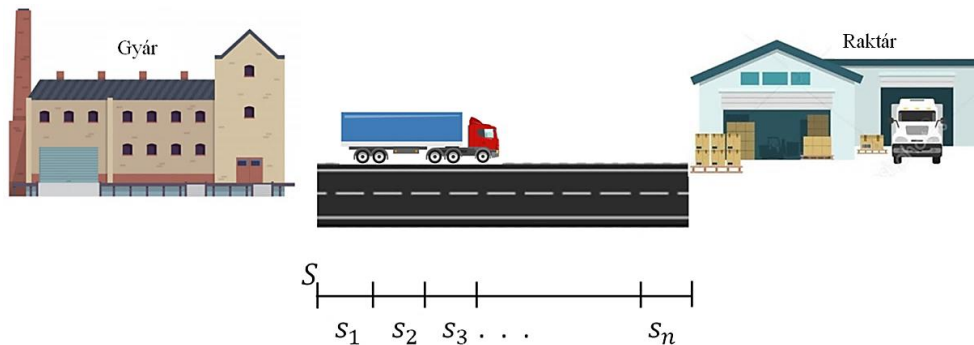
### 3.3 JÁRMŰ BEÉRKEZÉSEK

A beérkezési időintervallumot a következő technikai berendezés által szolgáltatott adatok segítségével az eddigiektől eltérő módon adom meg:

- A szállító jármű indulásának időpontja,
- Közúti közlekedés paraméterei, mint pl.: forgalom sebessége ( $v$ ), forgalom sűrűsége,
- A szállítójármű aktuális pozíciója.

A rendszer működésének a lényege, hogy a tervezett  $S$  hosszúságú utat felbontunk olyan  $n$  db  $s_i$  szakaszra, amelyeken ismert az  $s_i$  útszakasz hossza,  $v_i$  az  $i$ -edik útszakaszon Real-Time adatokból az átlagsebesség. Így az  $s_i$  útszakasz megtételéhez szükséges  $t_{s_i}$  tervezett idő

$$t_{s_i} = \frac{S_i}{v_i} \quad (3.22)$$



3.3. ábra.  $S$  út felosztása  $s_i$  szakaszokra

Az  $i$  –edik útszakasz hossza ismert  $v_i$  átlagsebesség és a megtételéhez szükséges  $t_i$  esetén.

$$s_i = v_i \cdot t_i \quad (3.23)$$

illetve az  $i + 1$  – dik útszakasz megtétele után a kiindulástól mért út hossza

$$s_{i+1} = v_{i+1} \cdot t_{i+1} + s_i \quad (3.24)$$

Az  $S$  út megtételéhez, tehát a szállításra fordított szükséges elméleti idő:

$$t = \sum_{i=1}^n \frac{s_i}{v_i} \quad (3.25)$$

Nyilvánvaló, hogy a fenti összefüggést ki kell egészíteni még a tervezett indulástól való eltérés idejével (ez lehet pozitív, ill. negatív is), a kötelező szünetekkel és az esetleges forgalmi akadályokból adódó időkkel. Így a 3.25 összefüggés a következő módon írható le:



$$t = t_{tény} - t_{terv} + \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{v_i} + \sum t_{szünetek} \quad (3.26)$$

A  $v_i$  értékét az adott jármű helyzet meghatározási adataiból Real-Time módon lehet kinyerni, továbbá a forgalomirányító központok rendelkeznek az adott útszakaszra vonatkozó valós idejű forgalmi adatokkal (útpályához kapcsolódó járműérzékelés, FPD, FTD, FCD, XFCD stb.), amelyek segítségével a lokális átlagsebesség ismeretében meg lehet határozni az útszakasz forgalmának átlag sebességét, a 3.27 összefüggés szerint [103]:

$$v_i = \frac{\sum_{j=1}^n v_j}{n} \quad (3.27)$$

ahol  $n$  a megfigyelt időintervallumban áthaladó járművek száma. Mivel az egyes útszakaszokon a javasolt technikai berendezések segítségével pontosabban ismerjük a  $v_i$  átlagsebességeken felül az ún.  $v_{i,pill}$  pillanatnyi sebességeket is, így a még hátralévő (megteendő) út megtételéhez szükséges idő lett a legfontosabb tényező, amely a  $k$  –adik útszakasz után a célig lévő időtartam felírható:

$$t_{hátraérvő\ idő} = \sum_{i=k+1}^n \frac{S_i}{v_{i,pill}} \quad (3.28)$$

alakban

$t_{tervezett}$ : Tervezett indulás időpontja

$t_{tényleges}$ : Tényleges indulás időpontja

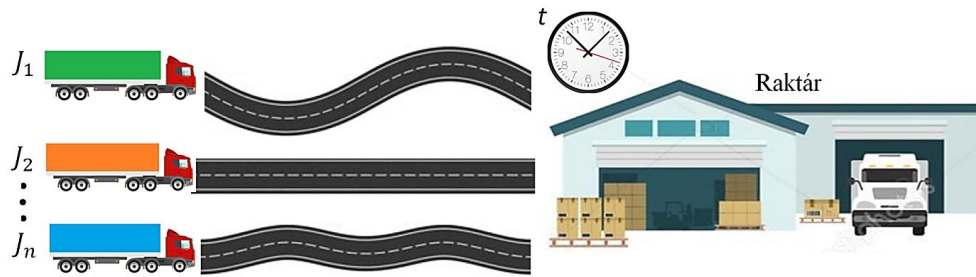
$t_{tény-terv}$ : Tényleges indulás időpontja és a tervezett indulás időpontja közti eltérés

### 3.3.1 KISZOLGÁLÁSOK IDŐPONTJAINAK DINAMIKUS KIOSZTÁSA A BEÉRKEZÉSI IDŐINTERVALLUMOK ALAPJÁN

Üzemeltetünk egy hagyományos időkapu management rendszert, amelyben a  $J_i$  járművek előre lefoglalnak  $I_i$  időpontokat kiszolgálásra

$$I_i \leftrightarrow J_i \quad (3.29)$$

A rendszer Real-Time módon folyamatosan figyeli az összes beszállító járműnek a lefoglalt időkapura való pontos beérkezésének idejét.



3.4. ábra. Kiszolgálás időpontjainak dinamikus kiosztása

Legyen,

$J_i$ : forgalomban lévő beszállítást végző járművek

$I_i$ : lefoglalt kiszolgálási időpontok, időkapuk

Ha  $J_i$  jármű beérkezhet  $I_i$  lefoglalt időpontra, akkor és csak akkor  $J_i$  megkapja  $I_i$  időkaput.

$$t_{J_i} \cong t_{I_i} \Leftrightarrow I_i \leftrightarrow J_i \quad (3.30)$$

Ha  $J_i$  jármű nem ér oda a számára lefoglalt  $I_i$  időpontra, akkor  $J_i$  elveszti  $I_i$  időkaput, így az szabaddá válik.

$$t_{J_i} \neq t_{I_i} \Rightarrow I_i \nleftrightarrow J_i \quad (3.31)$$

Mivel  $I_i$  időkapu szabaddá vált, de a raktárban a várakozási időket célszerű minimálni ezért meg kell vizsgálni, hogy egy másik jármű be tud-e érkezni  $I_i$  időkapura. Ezt egy minimum érték kereséssel végezhetünk el, az  $n$  elemből álló adatsorozatunkban.

A  $t_{J_i}$  jármű beérkezési időket tömbbe foglaljuk, mert újra szükség lehet ezekre az értékekre és nézzük meg a legkisebb elem hányadik a sorozatban. A tömb legelső eleme a legkisebb adat  $t_{J_1}$ , ami annak a járműnek a hátralévő ideje, amelyik nem érkezik be a lefoglalt időpontra. Össze kell hasonlítani  $t_{J_1}$ -el a tömb összes többi elemet  $t_{J_2}$  -től  $t_{J_n}$  -ig. Amennyiben találunk nála kisebb értéket, az lesz a minimumértékünk, amely ezáltal hozzárendelődik az aktuális időkapuhoz. Ezt a keresési ciklust a következőképpen adom meg:

$II := tJ[1];$

*For*  $i := 2$  to  $n$  *do begin*

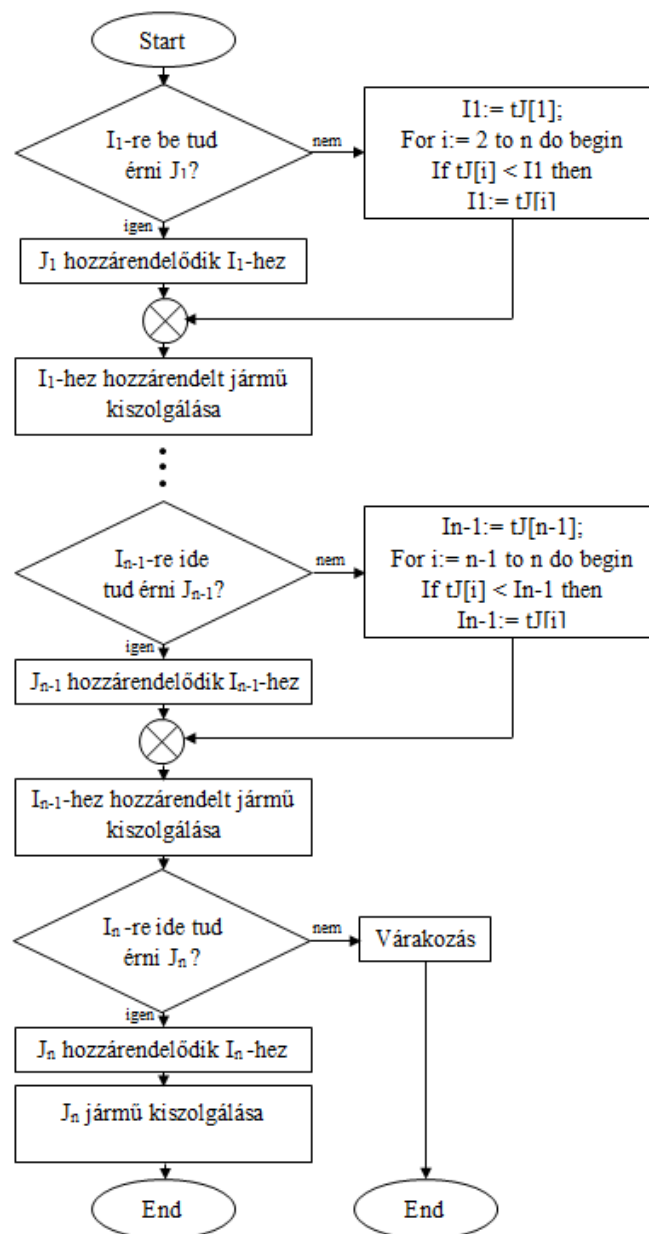
*If*  $tJ[i] < II$  *then*

$II := tJ[i];$

*ekkor,*

$$t_{\min J} \leftrightarrow I_1 \quad (3.32)$$

Az utolsó időkapu  $I_n$  esetén nem kell elvégezni a minimumkeresést, ha a bejelentkezett jármű oda tud érné kiszolgálásra, akkor az kiszolgálódik, amennyiben nem, akkor a raktár várakozik. Így megtaláltuk azt a járművet, amelyiknek a legkevesebb idő szükséges a szabaddá vált időkapuba való beérkezéshez. Ennek a járműnek parancsot adunk, hogy például az átlagsebességét növelje, tervezett pihenési idejét tolja el, stb., így a Real-Time módon van lehetőség a kirakodást megkezdeni és a raktár kapacitását optimalizálni. Az előzőek folyamatábráját a 3.5. ábra szemlélteti.



3.5. ábra. Járművek dinamikus hozzárendelési folyamatábrája időkapukhoz

## 4. TÉZISEK

A kutató munkám eredményeit a következő tételek foglalják össze.

### I. TÉZIS:

[s1][s2][s3][s4]

**Elkészítettem egy logisztikai eszköz lehetséges modelljét, amely anyagáramlási folyamatok során az adott áru minőségét befolyásoló paramétereket valós időben folyamatosan méri. A mért paraméterek alapján minőségkiértékelés végezhető.**

**A megalkotott modell alapján elkészítettem annak makettjét.**

A legújabb szakirodalomban sem találtam olyan eszközt, amely szállítás során az áru minőségét befolyásoló paramétereket az áru közvetlen közelében valós időben méri és a mért értékeket kiértékeli, ami számomra igazolta, hogy szükséges kidolgozni egy ilyen eszköz modelljét, amellyel majd a vizsgálatot folytatni tudom. Az eszköz alkalmas fizikai és biológiai paraméterek mérésére, a mért értékek eltárolására későbbi adatfeldolgozás céljából, minőségromlás megállapítására, mennyiségi eltérés detektálására és identifikációs feladatokat is ellát.

### II. TÉZIS:

[s1][s2][s3][s4]

**Kidolgoztam az új eszköz egy matematikai modelljét, amely alkalmas adott logisztikai folyamat idő és költség értékeinek meghatározására adott sorbanállási modell esetén.**

Az általam megalkotott matematikai modell szerint számított értékek alapján megállapítható, hogy az okos egységirányító képző eszköz (OERK) betárolási folyamatokat tud optimalni, úgy hogy az időszükségletet jelentős mértékben le tudja csökkenteni azáltal, hogy munkát vesz át, adott feladatot végez el, ezzel csökkenti a folyamat lépéseinek a számát, azzal csökkenti a folyamatban fellépő várakozási időket és az azokkal kapcsolatos költségeket.

### III. TÉZIS:

[s4][s5][s6][s7]

**Kísérleti vizsgálataim alapján megállapítottam, hogy különböző anyagáramlási rendszereknél nagy számban keletkeznek rövid időtartalmú, de nagy energiájú tranziens jelenségek. Feltártam, hogy ezek energiája villamos energiává alakítható.**

Az anyagáramlások során fellépő rezgőmozgások feltárásának céljából valóságos szállítóeszközökön, reális körülmények között rezgésmérést végeztem, majd a mért értékek kiértékelése után arra a megállapításra jutottam, hogy anyagáramlási folyamatok

során, a folyamatok összetettségéből és különbözőségéből adódóan megállapítható, hogy nincs egy olyan specifikus harmonikus rezgőmozgás, amely energiakicsatolásra széleskörűen alkalmazható lenne. A vizsgált anyagáramlási folyamatokban jól mérhető, nagy amplitúdójú ütközések, lökésszerű erőhatások lépnek fel. Ezek ugyan nem periodikusak, de minden ismert folyamatban előre meghatározott helyen és véletlenszerű helyeken nagy számban lépnek fel.

#### IV. TÉZIS:

[s5][s6][s7]

**Kidolgoztam és megvalósítottam a III. tézis eredményeire alapozva az eddigiektől eltérő elven működő, a rendszertelen, tranziens rezgéseket is kihasználó áramfejlesztő és energiakicsatoló eszközt.**

Megalkottam az eszköz mechanikus rezgőrendszerének modelljét és lefektettem annak működésének alapjait az ismert fizikai elveket alkalmazva. Meghatároztam az energiakicsatoló rendszer által generált feszültség számításához szükséges fizikai összefüggéseket. Bemutattam az általam megalkotott mechanikai / villamos energia konverter modelljét és javaslatot tettem a tápegység és energiátároló egy lehetséges megvalósítására abból a célból, hogy a készülék alkalmas legyen mobil kiberfizikai rendszerek vagy akár vezeték nélküli szenzorhálózatok energiaellátására.

#### V. TÉZIS:

[s8]

**Kidolgoztam egy matematikai modellt, amely modern technikai eszközök felhasználásával alkalmas a járműbeérkezések pontos meghatározására. Ennek alapján kidolgoztam egy dinamikus hozzárendelési algoritmust, amely a járműveket az időkapukhoz rendeli.**

Az időkapu management rendszereket a szakirodalom mindig egyoldalúan a jármű, ill. a járművet üzemeltető flottamanagement szemszögéből közelítik meg. Ezek alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a szakirodalom az általam vizsgálandó területtel csak részben, vagy korlátozottan foglalkozik. Ennek a felismerése új eredmény, hiszen az ismert probléma más szemszögből való megközelítése új területnek számít, ami alapján alapvetően új szakmai kutatási irányokat tudtam megfogalmazni. Kidolgoztam egy eljárást és annak matematikai modelljét, amely a napjainkban elterjedt technikai eszközök használatával a szakirodalmi példákban szereplő járműbeérkezés valószínűségének számításával ellentétben valódi járműbeérkezést valósíthat meg, ténylegesen növelve ezzel a raktárak logisztikai teljesítményét.

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az értekezésben a modern technikai eszközök alkalmazásának raktári folyamatokra való hatását vizsgáltam. A vizsgálatnál elsősorban logisztikai szempontokat vettem figyelembe. Logisztikai szempontból a raktári folyamatokban lévő várakozási idők és a folyamatok költségeinek csökkentése volt a cél. Az általam megalkotott és deszkamodell szinten elkészített mobil kiberfizikai eszközön és annak, használatának esetére megalkotott matematikai modellen keresztül bemutattam, hogy egy D/D/1-es folyamatban lévő várakozási idők és a folyamat költségei jelentősen csökkenthetőek, raktárak logisztikai teljesítménye számottevően növelhető. A minőségbiztosítási folyamatok hatékony támogatása által hozzájárul a vevői elégedettség növekedéséhez.

Bemutattam egy általam megalkotott áramfejlesztő eszközt és annak deszkamodelljével, méréseken keresztül igazoltam, hogy anyagáramlási folyamatok során fellépő nem periodikus, tranziens, lökésszerű erőhatások energiája villamos energiává alakítható, amely alkalmas egy mobil kiberfizikai eszköz áramigényének fedezésére. Ez az áramfejlesztő nagymértékben hozzájárulhat a fent említett eszköz, ill. mozgásban lévő vezeték nélküli szenzorcsomópontok operátori beavatkozás nélküli, környezetbarát üzemeltetéséhez.

Szükségesnek tartom a gyakorlatban elvégzett, nagyszámú mérések folytatását, több járműosztályra, a kiberfizikai eszköz az új áramfejlesztő berendezéssel kombinálva az adott járművön való elhelyezkedésére és hosszú utakra való kiterjesztését annak tisztázására, hogy mekkora a kinyerhető energia mennyisége. Ennek elsősorban az a jelentősége, hogy az eszköznek rendelkezésre áll –e minden pillanatban elégséges villamos energia, hogy egy nemkívánatos eseményt detektáljon illetve azt, hogy a hibatároló tartalmát megfelelő kommunikációs csatornán továbbítsa. A mérési sorozat folytatása azért is célszerű és szükséges, hogy az áramfejlesztő által szolgáltatott villamos teljesítmény alsó,- illetve felső határa megállapítható legyen.

További céljaim között szerepel az új kiberfizikai eszköz több logisztikai vállalat által való tesztjének elvégzése, hogy a koncepcióban szereplő komponensek paramétereinek a finomhangolása elvégezhető legyen.

A járműbeérkezések pontos meghatározása és azok időkapukhoz dinamikus hozzárendelése nagymértékben elősegíti a raktári folyamatok tervezhetőségét, továbbá csökkenti a járművek várakozási idejét, sorban állás esetén a várakozó sor hosszát.

## 6. THESES OF THE DISSERTATION

The results of my research work are summarized in the following theses.

### THESIS I:

[s1][s2][s3][s4]

**I have created a model of a possible logistic tool that continuously measures the parameters which can influence negatively the quality of goods during material flow processes. Based on the measured parameters a quality evaluation can be performed. Based on the mathematical model I created its board model.**

I have not found a tool in the recent literature that measures the parameters affecting the quality of the goods in Real-Time in the immediate vicinity of the goods and evaluates the measured values, which proved to me the necessity to develop a model of such a tool. The device is capable of measuring physical and biological parameters, storing measured values for later data processing, detecting quality degradation, detecting quantitative deviations and performing identification tasks.

### II. THESIS:

[s1] [s2] [s3] [s4]

**I have developed a mathematical model of the new tool that can determine the time and cost values of a given logistic process for a given queuing model.**

According to the mathematical model I have created, it can be concluded that the smart unit load device (Okos egységakomány képző eszköz, OERK) can optimize the loading processes so that it can significantly reduce the time it takes to take over a given task, thereby reducing the process. number of steps to reduce waiting times and associated costs.

### III. THESIS:

[s4][s5][s6][s7]

**On the basis of my experimental investigations I have found that a large number of material flow systems produce transient phenomena of short duration but high energy. I discovered that their energy can be converted into electricity..**

For the purpose of exploring the vibrations of material flows, I carried out vibration measurements on real vehicles under realistic conditions, and after evaluating the measured values, I concluded that during material flow processes due to the complexity and diversity of processes there are no usable specific periodic vibrations which would be widely applicable to generate electricity. In the examined material flow processes, high-amplitude collisions and shock-like forces occur. They are not periodic, but they occur in

in predetermined locations in all known processes and in large numbers in random locations.

#### IV. THESIS:

[s5][s6][s7]

**I developed and implemented based on the results of the III.Thesis a power generating and outcoupling device, which uses a different principle, utilizing irregular transient vibrations, and shock forces.**

I created a model of the mechanical vibration system of the device and laid the foundations of its operation using the known physical principles. I have determined the physical relationships needed to calculate the voltage generated by the energy dissipation system. I introduced the mechanical / electric converter model and created and suggested a possible implementation of the power supply and power storage device to make the device capable of powering mobile cyber-physical-systems or even wireless sensor networks.

#### THESIS V:

[s8]

**I have developed a mathematical model, which is able to accurately determine the vehicle arrival using modern technical tools. Based on this, I developed a dynamic assignment algorithm that assigns vehicles to time gates.**

The time gate management systems are always one-sided in the literature. they are approached from the perspective of the vehicle or of the fleet management operating the vehicle. Based on these, I have come to the conclusion that the literature deals only partially or to a limited extent with the field of my study. Recognizing this is a new result, since approaching the known problem from a different perspective is a new area, which has allowed me to formulate new directions of professional research. I have developed a method and its mathematical model for the calculation of vehicle arrival by using common Real-Time technical tools which on the contrary to probability calculation of the examples of literature can indeed increase the logistics performance of warehouses.



## 7. SUMMARY

In the dissertation I examined the effect of the application of modern technical tools on warehouse processes. In the investigation I mainly considered the logistical aspects. From a logistical point of view, the goal was to reduce waiting times and cost of processes in warehouses. Through the mobile cyber-physics device I created and made on the board model level and the mathematical model created for its use, I demonstrated that the waiting times and process costs of a  $D / D / 1$  process can be significantly reduced and the logistics performance of warehouses can be significantly increased. By effectively supporting quality assurance processes, it contributes to customer satisfaction.

I introduced a power generating device I created and proved by means of its board model, through measurements, that the energy of non-periodic, transient, shock forces occurring during material flow processes can be converted into electricity, which is able to cover the power demand of a mobile cyberphysical device. This power generator can greatly contribute to the above mentioned device or environmentally friendly operation of mobile sensor nodes in motion without operator intervention.

I consider it necessary to continue the large number of measurements made in practice for several classes of vehicles, extending the location of the cyberphysical device in combination with the new generator to long distances to clarify the amount of energy that can be recovered. This is primarily a matter of whether the device has enough electricity at any given moment to detect an undesirable event and to transmit the contents of the bug store to a suitable communication channel. It is also expedient and necessary to continue the measurement series in order to determine the upper and lower limits of the electric power supplied by the generator.

My other goals include testing the new cyber-physical device by several logistics companies to fine-tune the parameters of the components in the concept.

Accurately defining vehicle arrivals and dynamically assigning them to time gates greatly facilitates the planning of warehouse processes and reduces vehicle waiting times and queue lengths if there is a queue.

**IRODALOMJEGYZÉK**

- [1] Mokyr, J., *The Economics of the Industrial Revolution*, Rowman & Allanheld, USA 1985, p. 1, ISBN: 0865981485.
- [2] Finkenzeller, K., *RFID Handbook*, USA, New York, John Wiley & Sons, 2010, ISBN: 978-0470695067.
- [3] Banks, J., *RFID Applied*, New York, Wiley, 2007, ISBN: 9780471793656.
- [4] Jungheinrich, <https://www.jungheinrich.ch/systeme>, letöltve: 2019.03.08.
- [5] gpstrackingcanada, <http://gpstrackingcanada.com/wp-content/uploads/2015/04/Geotab-GPS-Tracking-GO6-Driver-ID-Tag-used-with-NFC-Reader.jpg>, letöltve: 2019.03.19.
- [6] Austin, N., *The Book of Kindle*, <https://thebookofkindle.com/global-healthcare-automatic-identification-data-capture-aids-market-2018-axicon-auto-id-ltd-bluebird-inc/25426/>, letöltve: 2018.07.11.
- [7] Dennison, A., *TT\_Sensor\_Plus\_User\_Guide\_2017*, Avery Dennison, 2017.
- [8] Fraunhofer, *inBin – Der intelligente Behälter*, Stuttgart, Fraunhofer IML, 2012.
- [9] Große-Puppenthal, D., Lier, S., Roidl, M., ten Hompel, M., *Cyber-physische Logistikmodule als Schlüssel zu einer flexiblen und wandlungsfähigen Produktion in der Prozessindustrie*, *Logistics Journal: Proceedings*, 2016, ISSN: 2192-9084.
- [10] Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, *Erschließen der Potenziale der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘ im Mittelstand*, agiplan GmbH, Mülheim an der Ruhr, 2015, p. 333.
- [11] Jedermann, R., *Autonome Sensorsysteme in der Transport- und Lebensmittellogistik*, Disszertáció, Bremen, 2009.
- [12] Jedermann, R., Praeger, U., Lang, W., *Lessons learned from the intelligent container*. FRUTIC Symposium 2017.02.07, Berlin.
- [13] Kamagaew, A., Kirks, T., ten Hompel, M., *Energy potential detection for autarkic Smart Object design in facility logistics*, *IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE 2011) 2011*, ISBN: 978-1-4577-1640-9.
- [14] Roidl, M., Emmerich, J., Masoudinejad, M., Riesner, A., ten Hompel, M., *Entwicklung eines Versuchsfelds für große Systeme intelligenter Behälter*, *Logistics Journal: Proceedings*, 2014, ISSN 2192-9084.
- [15] Dorsch, P., Bartsch, T., Hubert, F., Milosio, H., Rupitsch, J.S., *Implementation and Validation of a Two-Stage Energy Extraction Circuit for a Self Sustained Asset-Tracking System*, *Sensors* 2019, 19, 1330; doi:10.3390/s19061330.
- [16] Williams C., Yates, R., B., *Analysis of a Micro-Electric Generator for Microsystems*, *Euroensors*, 1995, pp. 369-372.
- [17] Roundy, S., J., *Energy Scavenging for Wireless Sensor Nodes with a Focus on Vibration to Electricity Conversion*, disszertáció, Berkley, 2003.
- [18] Spreemann, D., Manoli, Y., *Electromagnetic vibration energy harvesting devices*, Springer Science+Business Media B.V. 2012, ISBN 978-94-007-2943-8.
- [19] Zhao, Z., Wang, T., Shi, J., Zhang, B., Zhang, R., Li, M., Wen, Y., *Analysis and application of the piezoelectric energy harvester on light electric logistics vehicle suspension systems*, *Energy Science & Engineering*, 2019, DOI: 10.1002/ese3.456.

- [20] Kulcsár, B., Ipari Logisztika, 1998, ISBN: 963 577 242 4.
- [21] Cselényi, J., Illés, B., Logisztikai rendszerek I., Egyetemi tankönyv, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2004.
- [22] Cselényi, J., Illés, B., Anyagáramlási Rendszerek Tervezése és Irányítása I., Miskolc: Miskolci Egyetemi Kiadó, 2006.
- [23] Seidel, M., Szczepaniak, A., Logistische Anlieferbedingungen der Develey-Gruppe, Develey Gruppe, 2012.
- [24] Magyar Közút Nonprofit ZRt., Az Országos Közutak 2017., Budapest, 2018, Témaszám: VB-2018/0029243/00.
- [25] Marz, Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen, Bergisch Gladbach, 1999.
- [26] Geistefeldt, J., Stausituation auf den Autobahnen in Nordrhein-Westfalen, Ministerium für Wirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, 2011.
- [27] Schlaich, J., Nutzung von Mobilfunkdaten für die Analyse der Routenwahl, Dissertation, Universität Stuttgart, Institut für Straßen- und Verkehrswesen, Stuttgart, 2009.
- [28] Krampe, S., Nutzung von Floating Traveller Data (FTD) für mobile Lotsendienste im Verkehr, Dissertation, TU Darmstadt, 2007.
- [29] Breitenberger, S., Grüber, B., Neuherz, M., Extended Floating Car Data – Potenziale für die Verkehrsinformation und notwendige Durchdringungsraten, Straßenverkehrstechnik, Kirschbaum Verlag, Bonn, 2004.
- [30] Rudolf, Á., GPS Rendszer Működése és Alkalmazása a Biztonságtechnikában, Hadmérnök, VII. Évfolyam 1. szám, 2012, pp. 40 - 47, ISSN: 1788-1929.
- [31] Brüel & Kjaer, Broch, P., J., T., Mechanical Vibration and Shock Measurements, 2nd edition 3rd impression, Soborg, Denmark, K. Larsen & Son A/S, 1984, ISBN: 87 87355 34 5.
- [32] Walter, N., Bogner, P., Fizika, Medicina Könyvkiadó Zrt, Budapest, 2014, ISBN: 978 963 226 457 8.

## SAJÁT PUBLIKÁCIÓK

- [s1] Szentmiklósi, I., Illés, B., Intelligent unit loads, Conference Proceedings, 4th International Doctoral Students Workshop on Logistics, 2011 Magdeburg, pp. 85-88, ISBN 978-3-940961-57-0.
- [s2] Szentmiklósi, I., Illés, B., Intelligens egységakományok felépítése és energiaellátásuk egy lehetséges megoldása, GÉP, Gépipari Tudományos Egyesület Műszaki Folyóirata, 2012/4, pp. 71-74, ISSN 0016-8572.
- [s3] Szentmiklósi, I., Illés, B., Intelligens egységakományok lehetséges alkalmazása logisztikai feladatoknál, Műszaki Tudomány az Észak-Kelet Magyarországi Régióban 2011, Miskolc, pp. 127-132, ISBN 978-963-7064-25-8.
- [s4] Szentmiklósi István, Prof. Dr. Illés Béla: Intelligens egységakományok felépítése és energiaellátásuk egy lehetséges megoldása, Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2012.

- [s5] Szentmiklósi, I., Illés, B., Mechanical Vibration and Shock Measurement of Material Flow Tools and Systems, *Advanced Logistic Systems*, 13/1, 2019, ISSN: 1789-2198.
- [s6] Szentmiklósi, I., Illés, B., Mechanical vibration and shock measurement of material flow devices and systems, *Doktoranduszok fóruma, Gépészmérnöki és Informatikai Kar szekciókiadványa Miskolc, Miskolci Egyetem*, (2019) pp. 109-114., 6 p.
- [s7] Szentmiklósi, I., Illés, B., Presentation of a Possible Energy Production Device for the Energy Supply of Mobile Logistics Devices by Using a Shock Energy Converter, *AJME Academic Journal of Manufacturing Engineering*, Issue 3/2019, ISSN: 15837904.
- [s8] Szentmiklósi, I., Illés, B., Jármű beérkezések ipar 4.0 technológiákkal való optimalizálhatóságának vizsgálata, *Multidiszciplináris Tudományok*, 10. kötet, Évf. 10 szám 1. (2020), doi:10.35925/ (megjelenés alatt).
- [s9] Szentmiklósi, I., Illés, B., Steuerungssysteme vernetzt operierender Handelsketten, *XXV. microCAD International Scientific Conference*, 2011. pp. 143-148. ISBN 978-963-661-967-1.
- [s10] Szentmiklósi, I., Illés, B., Datenerfassungstechniken vernetzt operierender Handelsketten, *XXV. microCAD International Scientific Conference*, 2011. pp. 149-154. ISBN 978-963-661-967-1.
- [s11] Szentmiklósi, I., Illés, B., Design, operation and anti-collision procedure of data transfer of intelligent load units, *Advanced Logistic Systems – Theory and Practice*, Vol. 6.: No. 1. pp. 190-200. 11 p. (2012).
- [s12] Szentmiklósi, I., Sicherheitsprobleme vernetzt operierender Handelsketten, *Bezpečné Slovensko a Európska Únia*, 2009, Kosická Belá, Slovensko, pp. 344-346, ISBN: 978-80-89282-33-3.
- [s13] Szentmiklósi, I., Illés, B., Informationssysteme vernetzt operierender Handelsketten, *XXIV. microCAD International Scientific Conference 18-20March 2010*, pp. 31-36, ISBN 978-963-661-925-1.
- [s14] Szentmiklósi, I.,: *Logistische Probleme vernetzt operierender Handelsketten*, Miskolci Egyetem Doktoranduszok Fóruma, Miskolc, 2009. november 5, pp. 150-155.