

CONTRIBUȚII LA OPTIMIZAREA SISTEMELOR AUTOMATE DE AMBALARE A PRODUSELOR AGROALIMENTARE

Teză destinată obținerii
titlului științific de doctor inginer
la
Universitatea "Politehnica" din Timișoara
în domeniul **Inginerie Industrială**
de către

Dipl.Ing. Antonio-Gabriel GOLÎMBA

Conducător științific: prof.univ.dr.ing.ec. Dumitru JUCU
Referenți științifici: prof.univ.dr.ing. Ovidiu TIJA
prof.univ.dr.ing. Gheorghe VOICU
conf.univ.dr.ing. Erwin-Christian LOVASZ

Ziua susținerii tezei: 29.09.2011

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- | | |
|------------------------|---|
| 1. Automatică | 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații |
| 2. Chimie | 8. Inginerie Industrială |
| 3. Energetică | 9. Inginerie Mecanică |
| 4. Ingineria Chimică | 10. Știința Calculatoarelor |
| 5. Inginerie Civilă | 11. Știința și Ingineria Materialelor |
| 6. Inginerie Electrică | |

Universitatea „Politehnica” din Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2011

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității „Politehnica” din Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221
e-mail: editura@edipol.upt.ro

Cuvânt înainte

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității desfășurate în cadrul Departamentului de Mașini Mecanice, Utilaje și Transporturi al Universității „Politehnica” din Timișoara.

Mulțumiri se cuvin conducătorului de doctorat prof.dr.ing.ec. Țucu Dumitru pentru sprijinul constant și îndrumarea valoroasă acordată pe parcursul elaborării lucrării.

Mulțumesc staff-ului companiei Coca Cola pentru permisiunea de a preleva date specifice companiei și pentru colaborarea arătată pe parcursul documentării acestei lucrări.

Mulțumesc familiei mele pentru sprijinul tehnic și moral acordat.

Din cauza contractului de confidențialitate toate datele prezentate în această lucrare și care provin de la compania Coca Cola sunt afectate de un factor de corecție neprecizat k.

Timișoara, septembrie 2011

Golîmba Antonio-Gabriel

Dedic această lucrare familiei mele cu mulțumiri pentru suportul moral oferit pe parcursul efectuării lucrării.

Golîmba, Antonio-Gabriel

Contribuții la optimizarea sistemelor automate de ambalare a produselor agroalimentare

Teze de doctorat ale UPT, Seria 8, Nr. 37, Editura Politehnica, 2011, 189 pagini, 77 figuri, 30 tabele.

ISSN: 1842-8967

ISBN: 978-606-554-351-5

Cuvinte cheie: Sisteme de ambalare, produse agroalimentare, ambalaje, optimizare, celule robotizate, dispozitive de prehensiune, modelare matematică, element finit.

Rezumat: Optimizarea sistemelor de ambalare a produselor agroalimentare este deosebit de complexă, necesitând o orientare convergentă de multiple direcții de cercetare din domenii diverse, tehnice și economice, într-o continuă perfecționare. Astfel s-au realizat analize asupra stadiului actual al sistemelor de ambalare, asupra principalelor metode de optimizare a acestor sisteme și asupra principalelor metode de optimizare, inclusiv a eficienței întreprinderilor. S-au ierarhizat principalele direcții de optimizare utilizând metoda ponderării.

Cercetările experimentale au avut ca obiect o linie de paletizare a produselor agroalimentare, pentru care s-a realizat schema bloc de funcționare, s-au determinat regimurile de lucru și s-a realizat un model matematic caracterizat de o matrice specifică având ca linii vectori cu activitățile principale ale fiecărui bloc funcțional. Metoda de analiză utilizată este una proprie. Rezultatele obținute arată faptul că introducerea de celule robotizate în cadrul sistemelor de ambalare este singura opțiune justă pentru optimizarea acestor sisteme.

Au fost determinate problemele existente la nivelul celulelor robotizate. Una dintre problemele importante ale acestor celule care nu și-au găsit încă o rezolvare satisfăcătoare sunt dispozitivele de prehensiune. Pentru aceste dispozitive s-au prezentat soluții simple și soluții complexe existente pe piață și s-au precizat deficiențele acestora.

Ca alternativă la soluțiile simple existente pe piață a fost conceput și proiectat un dispozitiv de prehensiune pentru manipularea produselor de formă cilindrică sau paralelipipedică, iar ca alternativă la soluțiile complexe existente pe piață s-a optimizat din punct de vedere funcțional și constructiv, modelând stările de tensiuni și deformații, un dispozitiv de prehensiune flexibil pentru manipularea produselor de diferite forme.

Teza de doctorat a fost realizată cu sprijin parțial din grantul strategic POSDRU/6/1.5/S/13, ID6998, cofinanțat din Fondul Social European "Investește în oameni", în cadrul Programului Operațional Sectorial Dezvoltare Resurse Umane 2007-2013.

Cuprins

CUVÂNT ÎNAINTE	3
CUPRINS	5
LISTA DE NOTAȚII, ABREVIERI, ACRONIME.....	8
LISTA DE FIGURI	11
LISTA DE TABELE.....	14
ACTUALITATEA ȘI OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT	16
CAPITOLUL 1. SISTEME DE AMBALARE A PRODUSELOR AGROALIMENTARE.....	17
1.1. SISTEMUL DE AMBALARE. CONCEPT. FUNCȚII. COMPONENTE.....	17
1.2. STADIUL ACTUAL ȘI TENDINȚE ALE MATERIALELOR PENTRU AMBALAJ	19
1.2.1. <i>Scurt istoric</i>	19
1.2.2. <i>Analiza stadiului actual al sistemelor de ambalare</i>	20
1.2.2.1. Clasificarea ambalajelor	20
1.2.2.2. Principalele materiale pentru ambalaje	22
1.2.3. <i>Tendințe</i>	29
1.3. LOGISTICA AMBALAJELOR.....	31
1.4. PRINCIPII DE AMBALARE.....	33
1.5. CONSIDERAȚII ASUPRA OPTIMIZĂRII AMBALAJELOR.....	36
CAPITOLUL 2. ANALIZA PRINCIPALELOR METODE DE OPTIMIZARE A SISTEMELOR DE AMBALARE	39
2.1. ECHIPAMENTE ALE SISTEMELOR DE AMBALARE	40
2.2. INTERACȚIUNI ÎN SISTEMUL DE AMBALARE	49
2.3. CONTROLUL CALITĂȚII PRODUSELOR.....	51
2.4. CONSIDERAȚII ASUPRA OPTIMIZĂRII SISTEMELOR. METODE DE OPTIMIZARE.....	52
2.5. CRITERII PENTRU OPTIMIZAREA SISTEMELOR	53
2.6. METODE PENTRU SELECȚIA ȘI IERARHIZAREA CRITERIILOR.....	54
2.6.1. <i>Metoda ponderării</i>	54
2.6.2. <i>Metoda ponderării pe interval</i>	55
2.7. SELECȚIA PRINCIPALELOR DIRECȚII DE OPTIMIZARE LA COMPANIA COCA COLA PRIN METODA PONDERĂRII PE INTERVAL	56
CAPITOLUL 3. STUDIUL PRINCIPALELOR METODE DE OPTIMIZARE A EFICIENȚEI INTREPRINDERILOR	58
3.1. METODE DE STABILIRE AL OPTIMULUI INVESTIȚIILOR	58

3.2. OPTIMIZAREA COSTURILOR CALITĂȚII	61
CAPITOLUL 4. CERCETĂRI EXPERIMENTALE ASUPRA SISTEMELOR DE AMBALARE	65
4.1. MODELAREA	65
4.1.1. <i>Linia experimentală</i>	66
4.1.2. <i>Schema bloc</i>	68
4.1.3. <i>Regimuri de lucru</i>	70
4.1.3.1. Regim de lucru mediu	70
4.1.3.2. Regim de lucru cu intensitate scăzută	72
4.1.3.3. Regim de lucru intens	74
4.1.3.4. Concluzii	76
4.1.4. <i>Modelul liniei de ambalare</i>	76
4.2. ANALIZA LINIEI DE AMBALARE	78
4.2.1. <i>Analiza blocurilor funcționale</i>	78
4.2.2. <i>Stabilirea dimensiunii vectorilor V_i și matricea rezultantă</i>	85
4.2.3. <i>Particularizarea valorilor vectorilor</i>	87
4.3. OPTIMIZAREA	89
4.3.1. <i>Funcția obiectiv</i>	89
4.3.2. <i>Rezolvarea matricii particularizate a liniei de ambalare</i>	90
4.3.3. <i>Concluzii</i>	92
4.4. CELULE ROBOTIZATE	93
4.4.1. <i>Prezentarea problemelor</i>	93
4.4.2. <i>Soluții simple existente pe piață</i>	95
4.4.3. <i>Soluții complexe existente pe piață</i>	96
4.4.4. <i>Concluzii referitoare la soluțiile existente pe piață</i>	114
CAPITOLUL 5. CONTRIBUȚII LA SOLUȚII TEHNICE PRIVIND OPTIMIZAREA SISTEMELOR DE AMBALARE	115
5.1. DISPOZITIV DE PREHENSIV PENTRU MANIPULAREA PRODUSELOR DE FORMĂ CILINDRICĂ SAU PARALELIPEDICĂ	116
5.1.1. <i>Scheme cinematice</i>	116
5.1.2. <i>Calculul pentru alegerea motorului de acționare</i>	120
5.1.3. <i>Conexiunea dispozitivului de prehensiune cu robotul</i>	123
5.1.4. <i>Varianta funcțională</i>	124
5.2. DISPOZITIV DE PREHENSIV FLEXIBIL PENTRU MANIPULAREA PRODUSELOR DE ORICE FORMĂ	128
5.2.1. <i>Obiective necesare pentru o soluție optimă</i>	128
5.2.2. <i>Conceptul dispozitivului de prehensiune flexibil</i>	129
5.2.3. <i>Dispozitiv de prehensiune flexibil cu motor electric liniar</i>	132
5.2.4. <i>Dispozitiv de prehensiune flexibil cu motor electric rotativ pas cu pas</i>	133
5.2.5. <i>Optimizarea elementelor principale ale dispozitivului de prehensiune flexibil</i>	135
5.2.5.1. <i>Determinarea unghiului minim al traseului camei</i>	141
5.2.5.2. <i>Alegerea motorului</i>	143

5.2.5.3. Modelarea stării de tensiuni și deformații	145
5.2.6. <i>Ansamblul dispozitivului de prehensiune flexibil optimizat</i>	159
CAPITOLUL 6. CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI CONCLUZII.....	161
6.1. CONTRIBUȚII PERSONALE	161
6.1.1. <i>Contribuții științifice</i>	161
6.1.2. <i>Contribuții experimentale</i>	162
6.1.3. <i>Contribuții cu aplicații industriale</i>	162
6.2. CONCLUZII	163
BIBLIOGRAFIE.....	164
ANEXA 1 – DISPOZITIV DE PREHENSIUNE PENTRU MANIPULAREA PRODUSELOR DE FORMĂ CILINDRICĂ SAU PARALELIPEDICĂ	171
DESEN DE ANSAMBLU	171
TABEL DE COMPONENTĂ.....	172
DESEN DE EXECUȚIE: BAC DE PRINDERE A PRODUSELOR	173
DESEN DE EXECUȚIE: TIJA CENTRALĂ DE CONEXIUNE CU MOTORUL.....	174
ANEXA 2 - DISPOZITIV DE PREHENSIUNE FLEXIBIL PENTRU MANIPULAREA PRODUSELOR DE ORICE FORMĂ - SIMULĂRI	175
MODEL - GEOMETRIE - DISCRETIZARE	176
STRUCTURI STATICE - SETĂRI PENTRU ANALIZĂ - ÎNCĂRCĂRI - CONVERGENȚĂ - TENSIUNI MAXIME ECHIVALENTE - TENSIUNI MAXIME LA FORFECARE	179
MATERIALE.....	185
LISTA LUCRĂRILOR PROPRII LA CARE FACE REFERIRE TEZA DE DOCTORAT	188

Lista de notații, abrevieri, acronime

a	[m/s ²]	- accelerația produsului
A,Q	[-]	- criterii
AP1/AP2	[-]	- automat pivotant 1/automat pivotant 2
Arh. pers.	[-]	- arhivă personală
BF	[-]	- bloc funcțional
BR1/BR2	[-]	- braț 1/braț 2
b _t	[-]	- valoarea ratei actualizate în versiunea de bază
c	[-]	- coeficient de siguranță
CelP	[-]	- celula de paletizare
CF _(VA)	[lei]	- fluxul monetar la valoare actualizată
cf, μ _f	[-]	- coeficient de frecare
CF _{Inf}	[lei]	- limita inferioară a intervalului încrederii pentru cash-flow
CF _{Sup}	[lei]	- limita superioară a intervalului încrederii pentru cash-flow
CF _t	[lei]	- flux monetar în anul t
CONV1/CONV2	[-]	- conveior 1/conveior 2
d	[m]	- lățimea benzilor conveioarelor
DISR1/DISR2	[-]	- dispozitiv de rotire 1/dispozitiv de rotire 2
d _{Sb}	[m]	- distanța dintre benzile celor 2 conveioare
e _j	[-]	- elemente
Ff	[N]	- forța de frecare
Fn	[N]	- forța normală
Fnec	[N]	- forța necesară
Fo	[-]	- funcție obiectiv
Fs	[N]	- forța de strângere
g	[m/s ²]	- accelerația gravitațională
G	[kg]	- greutate
Gn	[kg]	- componenta normală a greutateii

Gt	[kg]	- componenta tangențială a greutateii
InfE	[-]	- înfoliere și etichetare
i_t	[lei]	- limita inferioară a intervalului încrederii pentru rata actualizării
K	[-]	- factor de influență
K_{ip}	[bucati/minut]	- cadența de intrare a produselor
L	[-]	- funcția pierderii
Ltras	[m]	- lungimea traseului
M	[Nm]	- moment
M_{ij}	[-]	- matrice
Mt.nec	[Nm]	- moment total necesar
n	[-]	- numărul degetelor
N	[N]	- normala la plan (perpendiculara)
N_p	[-]	- număr de produse
α_t	[lei]	- valoarea ratei actualizate în versiunea optimistă
p	[mm]	- pas
p_t	[lei]	- valoarea ratei actualizate în versiunea pesimistă
r	[lei]	- rata actualizării (costul capital mediu)
R	[N]	- forța de reacțiune
REP	[-]	- repartitor
S	[-]	- specialiști
s_t	[lei]	- limita superioară a intervalului încrederii pentru rata actualizării
t_{an}	[s]	- timp de acoperire nivel
t_{ap}	[s]	- timp de alimentare cu un palet nou
t_c	[s]	- timp de completare
t_{cn}	[s]	- timp de completare al unui nivel de produse
t_{ct}	[s]	- timp de completare total
Ti	[s]	- timpi totali
t_{InfE}	[s]	- timp de înfoliere și etichetare
t_p	[s]	- timp de parcurgere
t_{pd}	[s]	- timp de parcurgere direct
t_{pr}	[s]	- timp necesar revenirii în poziția inițială

u	[°]	- unghiul de înclinare
v_b	[m/s]	- viteza benzii
v_{bd}	[m/s]	- viteza benzii în cursa directă
v_{br}	[m/s]	- viteza benzii în cursa de retur
$V_i(e_j)$	[-]	- vector de parametri funcționali
X	[m]	- distanța
β	[-]	- constanta specifică dispozitivului
Δt_T	[s]	- suma întârzierilor funcționale
η	[-]	- randament
μ	[-]	- valoare medie
σ	[-]	- abatere medie pătratică
φ	[rad]	- unghiul parcurs de axa benzii repartitorului la comutarea între cele 2 conveioare
ω	[rad/s]	- viteza unghiulară

Lista de figuri

Figura 1.3.1: Logistica ambalajelor (schemă simplificată)	31
Figura 1.3.2: Logistica ambalajelor (schema complexă).....	32
Figura 1.4.1: Mașină verticală de formare, umplere, sigilare.....	33
Figura 1.4.2: Mașină orizontală de formare, umplere, sigilare	34
Figura 1.4.3: Principiul ambalării în recipient	35
Figura 1.5.1: Schema bloc a sistemului de ambalare.....	36
Figura 2.1.1: Mașină verticală de formare, umplere, sigilare.....	40
Figura 2.1.2: Mașină orizontală de formare, umplere, sigilare	41
Figura 2.1.3: Exemplu de echipament de marcat pe flux.....	42
Figura 2.1.4: Mașină automată de legat	43
Figura 2.1.5: Mașină automată de închis cutii de carton.....	44
Figura 2.1.6: Echipament pentru paletizare	45
Figura 2.1.7: Spațiul de lucru.....	46
Figura 2.1.8: Dimensiuni de gabarit	47
Figura 2.1.9: Exemplu de robot de înfoliat: Leonardo	48
Figura 2.3.1: Indicator timp-temperatură	51
Figura 3.2.1: Ierarhizarea și integrarea factorilor de influență [Tucu D., 2009a].....	63
Figura 4.1.1.1. Linie de ambalare	67
Figura 4.1.2.1: Schema bloc a liniei de ambalare.....	69
Figura 4.1.3.1: Grafice cu timpii de ambalare/nivel/palet pentru regimul mediu.....	71
Figura 4.1.3.2: Grafice cu timpii de ambalare/nivel/palet pentru regimul scăzut	73
Figura 4.1.3.3: Grafice cu timpii de ambalare/nivel/palet pentru regimul intens	75
Figura 4.1.4.1: Modelul matematic al liniei de ambalare cu blocurile funcționale \mathbf{BF}_i și vectorii \mathbf{V}_i	77
Figura 4.2.1.1: Repartitor.....	78
Figura 4.2.1.2: Mărimile repartitorului	79

Figura 4.2.1.3: Conveioare	80
Figura 4.2.1.4: Dispozitivele de rotire.....	81
Figura 4.2.1.5: Automate pivotante de blocare a produselor.....	81
Figura 4.2.1.6: Brațe.....	82
Figura 4.2.1.7: Lift.....	83
Figura 4.2.1.8: Celula de paletizare.....	84
Figura 4.2.1.9: Infoliere și etichetare	85
Figura 4.4.1.1: Succesiunea operațiilor într-o celulă robotizată	94
Figura 4.4.2.1: Soluții simple existente pe piață.....	95
Figura 5.1.1.1: Scheme cinematice propuse pentru griper.....	117
Figura 5.1.1.2: Scheme cinematice propuse pentru griper.....	118
Figura 5.1.1.3: Scheme cinematice propuse pentru griper.....	119
Figura 5.1.1.4: Schema cinematică aleasă pentru dispozitivul de prehensiune	119
Figura 5.1.3.1: Robotul KUKA KR 15 SL	123
Figura 5.1.3.2: Flanșa robotului KUKA KR 15 SL.....	123
Figura 5.1.4.1: Varianta funcțională a griperului.....	124
Figura 5.1.4.2: Vederi ale dispozitivului de prehensiune pentru manipularea produselor de formă cilindrică sau paralelipipedică.....	125
Figura 5.1.4.3: Vedere explodată a dispozitivului de prehensiune pentru manipularea produselor de formă cilindrică sau paralelipipedică.....	126
Figura 5.2.2.1: Posibilitățile de mișcare a degetelor	129
Figura 5.2.2.2: Prindere paralelă în două puncte	130
Figura 5.2.2.3: Prindere paralelă în trei puncte	130
Figura 5.2.2.4: Prindere centrală în trei puncte	131
Figura 5.2.4.1: Dispozitivul cu motor electric rotativ pas cu pas	133
Figura 5.2.4.2: Dispozitivul cu motor electric rotativ pas cu pas, vedere explodată...	134
Figura 5.2.5.1: Actuatoarele degetelor cu rulmenți cu role	135
Figura 5.2.5.2: Versiunile actuatorilor degetelor (de la stânga la dreapta).....	136
Figura 5.2.5.3: Versiunile mecanismului de blocare a rotației (de la stânga la dreapta)	136

Figura 5.2.5.4: Rulmentul cu un singur sens de rotație, montat pe actuatorul degetului	137
Figura 5.2.5.5: Evoluția capacului superior (de la stânga la dreapta)	137
Figura 5.2.5.6: Evoluția mecanismului de blocare la al treilea deget (de la stânga la dreapta).....	138
Figura 5.2.5.7: Vedere explodată a dispozitivului de prehensiune flexibil	140
Figura 5.2.5.1.1: Determinarea unghiului minim	141
Figura 5.2.5.1.2: Schema forțelor	142
Figura 5.2.5.2.1: Desfășurarea filetelui șurubului central	143
Figura 5.2.5.2.2: Motor pas cu pas de la firma Nanotec	144
Figura 5.2.5.3.1: Aplicarea constrângerilor și a forțelor pe deget (de la stânga la dreapta).....	145
Figura 5.2.5.3.2: Distribuția efortului și a deplasărilor în deget (de la stânga la dreapta)	146
Figura 5.2.5.3.3: Actuatorul degetelor – partea superioară cuprinde cama spațială (Vedere izometrică – stânga; Vedere în secțiune - dreapta)	147
Figura 5.2.5.3.4: Actuatorul degetelor – componenta inferioară (Vedere izometrică – stânga; Vedere în secțiune - dreapta).....	148
Figura 5.2.5.3.5: Inelul actuatorului (Vedere izometrică – stânga; Vedere în secțiune - dreapta).....	149
Figura 5.2.5.3.6: Piesa centrală.....	149
Figura 5.2.5.3.8: Versiunea veche a degetului	150
Figura 5.2.5.3.7: Varianta optimizată a degetului	150
Figura 5.2.5.3.9: Aplicarea constrângerilor și a forțelor pe noul deget	151
Figura 5.2.5.3.10: Aplicarea constrângerilor și a forțelor pe vechiul deget.....	152
Figura 5.2.5.3.11.A: Distribuția tensiunilor în versiunea nouă	153
Figura 5.2.5.3.11.B: Distribuția tensiunilor în versiunea veche.....	154
Figura 5.2.5.3.12.A: Deformația totală în versiunea optimizată	155
Figura 5.2.5.3.12.B: Deformația totală în versiunea veche	156
Figura 5.2.5.3.13.A: Istoria convergenței pentru versiunea optimizată	157
Figura 5.2.5.3.13.B: Istoria convergenței pentru versiunea veche	158
Figura 5.2.6.1: Vederea explodată a dispozitivului de prehensiune flexibil optimizat .	160

Lista de tabele

Tabelul 1.2.2.2.1: Proprietățile fizice ale sticlei	25
Tabelul 1.2.2.2.2: Domeniul de utilizare funcție de agentul de colorare	26
Tabelul 2.1.1: Specificațiile tehnice ale unei mașini automate de închis cutii de carton	44
Tabelul 2.1.2: Specificațiile tehnice ale unui robot de înfoliat	48
Tabelul 2.2.1: Posibile interacțiuni între mediul înconjurător, ambalaj și aliment	50
Tabelul 2.6.1.1: Metoda ponderării pentru stabilirea ponderilor \mathbf{v}_i	54
Tabelul 2.6.1.2: Valorile numerice pentru stabilirea ponderilor \mathbf{v}_i (metoda ponderării)	54
Tabelul 2.6.2.1: Metoda ponderării pe interval	55
Tabelul 2.6.2.2: Metoda ponderării pe interval pentru stabilirea ponderilor \mathbf{v}_i	55
Tabelul 2.6.2.3: Metoda ponderării pe interval, exemplu numeric	55
Tabelul 2.6.2.4: Valorile numerice pentru stabilirea ponderilor \mathbf{v}_i (metoda ponderării pe interval)	56
Tabelul 2.7.1: Rezultatele chestionarului privind direcția de optimizare	56
Tabelul 2.7.2: Obținerea ponderilor \mathbf{v}_i prin metoda ponderării pe interval	57
Tabelul 4.1.3.1.1: Timpi de ambalare/nivel/palet, regim mediu	70
Tabelul 4.1.3.1.2: Date caracteristice regimului de lucru de intensitate medie	72
Tabelul 4.1.3.2.1: Timpi de ambalare/nivel/palet, regim scăzut	72
Tabelul 4.1.3.2.2: Date caracteristice regimului de lucru de intensitate scăzută	74
Tabelul 4.1.3.3.1: Timpi de ambalare/nivel/palet, regim intens	74
Tabelul 4.1.3.3.2: Date caracteristice regimului de lucru de intensitate ridicată	76
Tabelul 4.1.3.4: Rezultatele finale pentru regimurile de lucru	76
Tabelul 4.4.3.1: Coeficientul de antropomorfism	96
Tabelul 4.4.3.2: Mâinile Okada și Stanford/JPL	97
Tabelul 4.4.3.3: Mâinile Utah/MIT și Belgrad/USC	99
Tabelul 4.4.3.4: Mâinile Barret/Schunk SGH și UB II	101
Tabelul 4.4.3.5: Mâinile DLR I și LMS	103

Tabelul 4.4.3.6: Mainile DIST si Robonaut	105
Tabelul 4.4.3.7: Mâinile Tokyo și DLR II	107
Tabelul 4.4.3.8: Mâinile Tuat/Karlsruhe și Ultralight	109
Tabelul 4.4.3.9: Mâinile Gifu și Shadow	111
Tabelul 4.4.3.10: Mâna Schunk Dextrous	113

Actualitatea și obiectivele tezei de doctorat

Sistemele automate de ambalare sunt o verigă din lanțul de etape prin care un aliment trebuie să treacă pentru a ajunge la consumator.

Optimizarea sistemelor de ambalare a produselor agroalimentare este deosebit de complexă, necesitând o orientare convergentă de multiple direcții de cercetare din domenii diverse, tehnice și economice, într-o continuă perfecționare. Astfel trebuie cunoscut stadiul actual al sistemelor de ambalare, trebuie determinate principalele metode de optimizare a acestor sisteme precum și metode de optimizare a eficienței întreprinderilor. Datorită numărului mare de posibile abordări precum și a resurselor limitate existente la nivelul unei companii este necesară o ierarhizare a principalelor direcții de optimizare.

Se va realiza o ierarhizare a direcțiilor de optimizare abordate de o companie utilizând metode matematice.

Obiectivele cercetărilor experimentale sunt reprezentate de studiul și analiza unui sistem de ambalare în vederea optimizării acestuia prin realizarea schemei bloc de funcționare, determinarea regimurilor de lucru și realizarea unui model matematic.

Pe baza modelului matematic se va face analiza sistemului și se vor propune soluții în vederea optimizării lui. De asemenea se urmărește analiza oportunității introducerii de celule robotizate în cadrul sistemelor de ambalare în vederea optimizării acestora.

Trebuie determinate problemele dintr-o celulă robotizată, prezentate soluțiile existente pe piață și precizate avantajele/deficiențele acestora. Pentru aceste dispozitive trebuie oferite, ca alternative, un dispozitiv de prehensiune simplu pentru manipularea produselor de formă cilindrică sau paralelipipedică, forma cea mai întâlnită în industria agroalimentară, și un dispozitiv de prehensiune complex pentru manipularea produselor de orice formă.

Pentru un dispozitiv de prehensiune complex realizat se urmărește optimizarea din punct de vedere funcțional și constructiv, modelând stările de tensiuni și deformații, simulările folosind metoda elementului finit.

Capitolul 1. Sisteme de ambalare a produselor agroalimentare

1.1. Sistemul de ambalare. Concept. Funcții. Componente

Sistemul de ambalare reprezintă un sistem tehnologic destinat rezolvării problemei de protecție și informare pentru un produs în vederea transferului de la producător la consumator. Fiind un sistem, și cel destinat ambalării trebuie să îndeplinească anumite condiții.

Alimentul servește drept hrană pentru întreținerea activității vitale a organismului și reprezintă un produs nutritiv în stare naturală sau prelucrat.

Produsul alimentar ultra proaspăt se definește ca fiind un aliment care ajunge într-un timp foarte scurt de la producător la consumator.

Fiind considerat un factor economic și un instrument de marketing, ambalajul are rolul de a proteja marfa.

Concurența de pe piață și consumul accentuat au transformat ambalajul într-un mijloc de informare și reclamă, în același timp îndeplinind și funcții suplimentare, cum ar fi confortul și comoditatea.

Funcția de logistică și transport a apărut odată cu dezvoltarea producției.

De asemenea s-a luat în considerare și funcția ecologică a ambalajului, cerința fiind impusă de protecția mediului. Astfel, ambalajul reprezintă un instrument de marketing care pe lângă funcțiile tradiționale îndeplinește și funcții referitoare la manipulare facilă, comunicare cu piața de desfacere și sprijin logistic. Astfel devine vizibilă funcția integrativă a ambalajului.

Crearea unui ambalaj constă în stabilirea și respectarea unor decizii:

- Prima decizie se referă la formularea conceptului de ambalare pentru produsul luat în calcul. Acesta definește ceea ce trebuie să fie sau să facă ambalajul pentru produsul respectiv. Se stabilește funcția principală pe care acesta trebuie să o îndeplinească: să ofere protecție mult superioară altor tipuri de ambalaje, o mai bună conservare a alimentului, să introducă o nouă tehnică de distribuție, să sugereze sau să evidențieze anumite caracteristici ale produsului pentru consumator.

- A doua decizie ia în calcul forma și mărimea materialelor din care este confecționat ambalajul, culoarea acestuia, precum și textul și designul mărcii ce vor fi inscripționate pe el.

- A treia decizie reprezintă modalitatea funcționării sistemului de închidere (sigilare) a ambalajului, astfel încât integritatea și protecția produsului să fie asigurate.

- A patra decizie constă în armonizarea elementelor ce compun ambalajul (culoare, formă, material, mărime, etc.) între ele, dar totodată luând în calcul prețul (materiale scumpe pentru un produs de lux, select, sau ieftine pentru un produs popular, accesibil oricui) și activitatea de publicitate.

• A cincea decizie prevede o testare a ambalajului. După ce ambalajul este proiectat, urmează crearea prototipului cu o testare completă [Manole Victor, et al., 2003].

Testele sunt de mai multe feluri:

- funcționale, care asigură rezistența ambalajului în condițiile normale de exploatare;
- cele vizuale verifică armonizarea culorilor, lizibilitatea textului și aspectul;
- de distribuție, care verifică opiniile intermediarilor privitor la aspectul și perspectiva de distribuție a ambalajului;
- cele de comercializare relevă reacția consumatorului, care poate fi favorabilă sau nu.

Ambalarea presupune în același timp îndeplinirea câtorva obiective:

- Protecție fizică: alimentele închise în ambalaj ar putea avea nevoie de protecție împotriva șocurilor, vibrațiilor, compresiunii, temperaturii, etc.
- Bariera de protecție: o barieră între aliment și oxigen, vapori de apă sau praf este deseori necesară. Unele ambalaje conțin absorbantți de oxigen care ajută la extinderea termenului de valabilitate. Sunt menținute de asemenea atmosferele modificate sau controlate. Funcția primară pentru extinderea termenului de valabilitate este reprezentată de menținerea unui conținut curat, proaspăt și sigur.
- Izolare sau aglomerare: alimentele de mici dimensiuni sunt de obicei grupare într-un singur ambalaj, din motive de eficiență, de obicei fiind vorba despre alimente sub formă de pulberi sau sub formă granulară.
- Transmiterea informației: ambalajele și etichetele trebuie să comunice modul de folosire, condițiile de transport, reciclare sau aruncarea ambalajului sau al alimentului. Unele informații care trebuie să apară pe ambalaje sunt impuse prin lege.
- Marketing: ambalajul și eticheta pot fi folosite pentru a încuraja potențialii cumpărători să achiziționeze produsul. Design-ul ambalajului a fost un fenomen important și în continuă dezvoltare de mai multe decenii.
- Siguranța: ambalajele pot reprezenta un rol important în reducerea riscurilor ce apar în timpul transportului. Ele pot avea indicații în ceea ce privește manipularea, astfel evitându-se compromiterea conținutului. De asemenea ele pot fi fabricate astfel încât să ajute la reducerea riscului de furt (etichete electronice) sau conțin sigilii de autentificare pentru a indica dacă ambalajul sau conținutul este autentic sau contrafăcut.
- Comoditate: ambalajele pot avea caracteristici care ajută la distribuție, manipulare, depozitare, afișare, vânzare, deschidere, închidere, folosire și refolosire.
- Controlul porției: ambalajele au o cantitate exactă de conținut pentru a controla consumul. Alimentele vrac, cum ar fi sarea, pot fi împărțite în ambalaje care reprezintă o dimensiune mai adecvată pentru gospodăriile individuale. Ajută și controlul inventarului: este mai ușoară vânzarea sticlelor sigilate de 1 litru de lapte, mai degrabă decât venirea oamenilor cu propriile lor sticle pentru umplere.

1.2. Stadiul actual și tendințe ale materialelor pentru ambalaj

1.2.1. Scurt istoric

Începuturile procesului de ambalare a produselor alimentare se regăsesc în comuna primitivă, odată cu acoperirea alimentelor cu frunze sau alte tipuri de părți vegetale care protejau nu doar mecanic și termic alimentele, ci asigurau și o protecție activă a atmosferei de păstrare.

Metodele de ambalare au evoluat în perioada antică și a evului mediu foarte puțin, limitându-se la folosirea unor ambalaje din lemn sau coajă.

După prima revoluție industrială din secolele XVIII-XIX, apar metalele pentru ambalarea produselor, sistemele evoluând în perioada interbelică a secolului XX.

Odată cu anul 1960 au început să apară dezvoltări importante în domeniul ambalării alimentelor.

Anii 1960:

- cutii din material compozit cu terminații din aluminiu care se rup (pentru sucuri);
- celofan (pentru snacks-uri);
- ambalaje din film de polipropilenă (utilizate la ambalarea brânzeturilor);
- tuburi de plastic;
- ambalaje sub formă de tub și borcan (pentru ambalarea alimentelor ca margarina și maioneza);
- ambalaje rezistente la deschidere (pentru lapte);
- cartoane acoperite cu polipropilenă (pentru lapte);
- cartoane cu spumă plasticată (pentru ouă);
- recipiente din PVC transparent (pentru băuturi);
- conserve din plastic (pentru șuncă);
- cutii din aluminiu cu deschidere ușoară (pentru bere);
- cutii din oțel cu capac de plastic cu rol de resigilare (pentru cafea);
- paletizare vrac pentru recipiente din sticlă.

Anii 1970:

- sticlă mare (pentru băuturile ușoare);
- pungă metalică (pentru cafea);
- PET-uri (pentru băuturile ușoare).

Anii 1980:

- introducerea cartoanelor aseptice în Statele Unite ale Americii;
- recipient extrudat (pentru ketchup);
- procesarea și sudarea termică a plasticurilor rigide;
- ambalajele cu atmosferă modificată.

Anii 1990 și 2000:

- folosirea din abundență a PET-urilor (pentru băuturile ușoare, apă, ulei, etc.);

- pungi cu bază rigidă, având posibilitatea de a fi poziționate vertical și de a fi resigilate;
- recipiente din aluminiu cu posibilitate de resigilare;
- prelucrare prin iradiere și presiuni înalte al ambalajelor din plastic;
- ambalaje active (care absorb umiditatea, oxigenul, etc.);
- filme și învelișuri comestibile;
- ambalaje inteligente (comunicativ și sensibil);
- ambalaje vidate și pregătite/răcite pentru înlocuirea mâncărilor gătite acasă;
- cărnuri la cutie, în ambalaje cu atmosferă modificată;
- straturi de protecție ridicată pentru PET-uri;
- polimeri de protecție ridicată;
- materiale cu permeabilitate controlată;
- deschizătoare cu inel pentru cutii;
- cutii cu încălzire sau răcire proprie.

1.2.2. Analiza stadiului actual al sistemelor de ambalare

Din punctul de vedere al marketingului, ambalarea poate avea o importanță majoră (ciocolata, lactatele, berea, vinul) sau una minoră (produsele din carne). Unele ambalaje, cum este de exemplu sticla de Coca-Cola, sunt renumite în întreaga lume și au o componentă de marketing care se manifestă la nivel global [Manole Victor, et al., 2003].

Dimensiunile ambalajului (lungimea, lățimea și înălțimea) sunt de regulă fracțiuni exacte ale paletelor cu care sunt "manipulate" sau transportate produsele alimentare. Paletii fac obiectul standardizării și permit ca lanțul de stocare, depozitare, transport etc., să se realizeze în cadrul unor norme invariabile. Europaleții, cu dimensiuni de 120 x 80, reprezintă un standard general admis de întreaga Europă. Într-un camion mare se pot încărca 11 rânduri a câte trei paleți pe rând, astfel obținându-se în total o capacitate de transport de 33 paleți [Manole Victor, et al., 2003].

1.2.2.1. Clasificarea ambalajelor

Ambalajele pot fi clasificate după mai multe considerente. În practică cele mai utilizate sunt:

- o în funcție de modul de folosire:
 - de unică folosință;
 - re folosibile (returnabile).
- o tipul materialului folosit în confecționarea ambalajelor:
 - ambalaje din hârtie și carton;
 - ambalaje din sticlă;
 - ambalaje din metal;
 - ambalaje din materiale plastice;
 - ambalaje din lemn, înlocuitori din lemn și împletituri;
 - ambalaje din materiale textile;

- ambalaje din materiale complexe.
- o modalitatea de confecționare:
 - ambalaje fixe;
 - ambalaje demontabile;
 - ambalaje pliabile.
- o tipul ambalajului:
 - plicuri;
 - pungi;
 - plase;
 - lăzi;
 - cutii;
 - flacoane;
 - borcane etc.
- o domeniul în care sunt utilizate:
 - ambalaje de transport;
 - ambalaje de desfacere și prezentare.
- o după specificul produsului ambalat:
 - ambalaje pentru produse alimentare;
 - ambalaje pentru produse nealimentare;
 - ambalaje pentru produse periculoase;
- o cantitatea produselor ambalate:
 - ambalaje individuale;
 - ambalaje colective.
- o gradul de flexibilitate/rigiditate:
 - ambalaje rigide;
 - ambalaje semirigide;
 - ambalaje suplă.
- o modul de circulație al ambalajului:
 - ambalaje refoșibile;
 - ambalaje care după utilizare devin deșeuri.
- o sistemul de circulație:
 - sistem de restituire a ambalajelor;
 - sistem de vânzare – cumpărare a ambalajelor.
- o după specificul căilor de transport:
 - ambalaje pentru transport terestru;
 - ambalaje pentru transport fluvial-maritim;
 - ambalaje pentru transport aerian.
- o destinația finală:
 - ambalaje pentru piața externă;
 - ambalaje pentru piața internă [<http://ro.wikipedia.org/wiki/Ambalaj>].

Ambalajele trebuie să aibă dimensiuni și forme care să asigure un plan rațional și eficient de paletizare a produselor alimentare. Paletul încărcat trebuie să fie acoperit cu folie de polietilenă și să permită realizarea unui transport fără deformarea produselor, spargeri și alte pierderi [Manole Victor, et al., 2003].

1.2.2.2. Principalele materiale pentru ambalaje

Principalele materiale cu care se realizează condiționarea produselor și din care se confecționează ambalajele sunt prezentate în paginile următoare.

Cartonul și hârtia sunt cele care ocupă primul loc. Chiar dacă partea lor în totalul producției de ambalaje este în scădere, valoarea absolută a ambalajelor utilizate în producția agroalimentară din țările europene este în continuă creștere. Cartonul acoperă o bună parte a condiționărilor (cutii de zahăr, de orez, de lapte etc.). Acesta reprezintă o parte însemnată în cazul ambalajelor de regrupare a produselor, fiind reciclabil (la nivelul hipermarketurilor și supermarketurilor se estimează că circa 80% din carton este reciclat) [Manole Victor, et al., 2003].

Sortimentele de hârtie și carton folosite pentru ambalaje, precum și proprietățile, aspectele toxicologice, dar și domeniile de utilizare sunt următoarele:

- hârtia kraft (hârtie rezistentă tip sulfat) este utilizată la confecționarea sacilor simpli sau multistratificați. Aceasta este albă, naturală sau colorată, are o greutate specifică de 70 până la 300 de grame pe metrul pătrat și o rezistență la întindere de 250 până la 1150 de kilograme pe metru. Suprafața sa aspră previne alunecarea în momentul depozitării;
- hârtia albită are utilizare la confecționarea sacilor mici, a pungilor, a etichetelor și a plicurilor. Aceasta are o greutate specifică de 35-300g/m², o rezistență mecanică bună, un aspect mai plăcut, dar mai scumpă și cu densitate mai mică decât hârtia kraft nealbită. Imprimarea pe acest tip de hârtie are calitate ridicată, hârtia fiind strălucitoare.
- hârtia pergament este folosită la produsele coapte și la alimente cu conținut ridicat de grăsime. Greutate specifică este de 70-150g/m², iar rezistența la întindere este de 180-450kg/m. Această rezistență nu este totală, deoarece după un anumit timp uleiurile și grăsimile o penetrează. Pentru a fi îmbunătățită, hârtia este hidratată, fibrele de celuloză absorbind o cantitate mare de apă, devenind astfel gelatinizate superficial și lipicioase.
- hârtia transparentă/pergaminată este folosită ca barieră față de substanțele odorante în confecționarea sacilor, a pungilor și a cutiilor. Ea se utilizează, ca și în cazul hârtiei pergament, la ambalarea alimentelor cu conținut de grăsime, fiind foarte rezistentă la uleiuri și grăsimi. Greutatea sa specifică este de 40-535g/m², rezistența la întindere de 40-535kg/m, suprafața este netedă, transparentă în limite variabile, în funcție de gradul de hidratare a pulpei din care se obține. În cazul adaosului de dioxid de titan, aceasta devine opacă.
- hârtia satinată este o hârtie foarte netedă și foarte lucioasă. Ea nu asigură impermeabilitate la apă, vapori de apă sau grăsimi și are rezistență mecanică slabă.
- hârtia mătase sau "muselina" se folosește la ambalarea produselor fine la care se urmărește estetica ambalajului. Este o hârtie subțire, rezistentă și flexibilă, cu o greutate specifică de 12-25g/m².
- hârtia sulfurizată (pergament vegetal) este netoxică, inodoră, insipid, rezistentă la apă fierbinte. Are permeabilitate redusă la aer și impermeabilitate la apă și grăsimi. Greutatea specifică este de 12-75g/m², iar rezistența la întindere este

de 215-1450kg/m. Dezavantajul acestui tip de hârtie este reprezentat de faptul că având porozitate redusă și lipsă de afinitate pentru adezivi apar probleme la realizarea ambalajelor prin lipire. Este utilizată la acoperirea interioară a pungilor folosite la ambalarea cafelei, la etichete în interiorul ambalajului produselor cu conținut de grăsime, ca strat intermediar între feliile de carne sau bucățile de aluat și la ambalarea și conservarea produselor cu conținut de umiditate și materii grase (carne, unt, biscuiți, margarină). Când este tratată cu inhibitori ai mucegaiurilor, această hârtie se mai poate folosi și pentru ambalarea brânzeturilor.

- hârtia simili-sulfurizată este translucidă. Aceasta își pierde proprietățile mecanice la imersarea în apa caldă. Prin procesul de calandrare la cald, rezultă hârtia cristal translucidă colorată sau opacizată în masă, netedă, lucioasă pe ambele fețe și foarte puțin permeabilă la materii grase.
- hârtia cerată este folosită ca material barieră față de lichide și vapori.
- hârtia parafinată este hidrofobă, impermeabilă la apă și la vapori de apă, are stabilitate chimică mare față de acizi și baze. Aceasta nu permite dezvoltarea bacteriilor. Dezavantajele acestei hârtii sunt: la temperaturi scăzute este foarte fragilă, la pliere crapă stratul de parafină, iar în contact cu materiile grase se dizolvă. În cazul parafinării hârtiei "muselină", aceasta poate fi folosită la ambalarea caramnelor, ciocolatei sau a bomboanelor. Hârtia kraft parafinată se folosește la ambalarea produselor la care se cere rezistență mecanică și impermeabilitate la umiditate în același timp.
- hârtia pigment (pelur, foiță) are o greutate specifică de 20-50kg/m², este moale și are o rezistență la întindere scăzută. Variaza între semitransparent și total opacă.
- hârtia acoperită cu polietilenă conține în stratul de acoperire 20-110 g/m² polietilenă. Este folosită la ambalarea laptelui, supelor praf, carne, pește, brânză, cafea, zahăr, cacao, dulcețuri. Nu are miros, gust, este termosudabilă la 140-150°C și rezistă foarte bine la materii grase și la apă. Poate fi utilizată de la -60°C până la 79°C, are rezistență mecanică bună, inerție chimică și permeabilitate la vapori de apă mică (1-1,8 g/m²-24h).
- hârtia acoperită cu alcool polivinilic se folosește la ambalarea produselor care conțin materii grase (are rezistență excelentă la uleiuri și grăsimi), este puțin permeabilă la gaze (la oxigen în mod special) și nu poate fi utilizată la ambalarea produselor umede.
- hârtia acoperită cu copolimeri ai clorurii de viniliden-acrilat este impermeabilă, are rezistență bună la uleiuri și grăsimi și este termosudabilă la 120-150°C. Poate fi folosită la ambalarea griselor, untului, margarinei și a biscuiților.
- hârtia acoperită cu poliacetat de vinil este folosită la ambalarea drojdiei uscate și a înghețatei în brichete. Este termosudabilă și prezintă permeabilitate scăzută la gaze și la vaporii de apă.
- hârtia acoperită cu policlorură de vinil are o permeabilitate la vapori de apă de 43 g/m²-24h, este rezistentă la temperaturi între -20°C și 99°C, după această valoare ea devenind termosudabilă. Este rezistentă la grăsimi și este insolubilă în alcoolii și în dizolvanți aromatici.

- hârtia și cartonul cu substanțe de adaos (în general) pot conține, pentru utilizarea în industria alimentară, a următoarelor substanțe: talc, caolin, săruri insolubile ale metalelor netoxice (aluminiu, magneziu, calciu, sodiu), oxid de titan (pentru materiale de umplură); amidon, cazeina, manogalactani (pentru materiale de încliere); rășini ureo-formaldehidice și melamino formaldehidice (pentru îmbunătățirea proprietăților mecanice ale hârtiei umede); ulei de răcin sulfonat, polivinilpirolidon, alchilsulfonați și alchilarilsulfonați (max. 3%) (pentru agenți de dispersie și acceleratori de deshidratare) [Banu C., et al., 1998, 1999].

Avantajele tuturor ambalajelor din hârtie sunt:

- versatilitatea (rigide, semi-rigide și flexibile);
- oferă protecție mecanică;
- au funcții logistice;
- oferă o barieră împotriva luminii
- reprezintă surse regenerabile, reciclabile și biodegradabile.

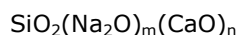
Dezavantajele sunt reprezentate de:

- rezistența neglijabilă la vapori de apă, arome și gaz;
- nu se pot sigila la cald
- nu sunt reciclabile când sunt acoperite sau laminate.

Materialele metalice ocupă un loc doi în clasamentul celor mai utilizate materiale pentru ambalajele din industria alimentară. Pe piața ambalajelor, există, în prezent, o concurență acerbă între tablă și aluminiu, ambele materiale fiind utilizate pentru confecționarea cutiilor în care se ambalează băuturile. Pentru a reduce diferența dintre costul cutiei de tablă (mai mare) și cel al cutiei de aluminiu, a trebuit ca greutatea medie a cutiei de fier să se reducă cu circa 20%, fapt ce s-a realizat într-un interval de 10 ani. În afara problemei prețului de cumpărare a cutiei, avantajul aluminiului este că se poate imprima înscrisul direct pe corpul cutiei, în timp ce tabla necesită o lăcuire pentru a permite imprimarea. Acest lucru explică faptul că lider al pieței mondiale a băuturilor ce se pretează la o asemenea ambalare rămâne cutia din aluminiu. Piața europeană a acelorași băuturi este însă mai bine împărțită: din totalul celor 26 miliarde de unități vândute, circa 56% au fost de aluminiu [Manole Victor, et al., 2003].

Sticla. Este un material plastic anorganic. Din cauza generalizării buteliilor de plastic și a cutiilor din aluminiu, sticla, ca material de ambalare, a suferit un recul foarte puternic. Ca o tendință pozitivă a evoluției ambalajului de sticlă subliniem înjumătățirea greutății sale (de la 700 la 350 grame pentru sticla de un litru) în ultimii 30 de ani și creșterea rezistenței acesteia la șocuri. În același timp, fabricanții au mărit rezistența lui la căldură, ceea ce îi permite utilizarea în industria dulcețurilor, gemurilor, compoturilor și a conservelor, dându-se astfel o mai bună imagine produselor. Sticla, fiind un ambalaj energofag, reciclarea lui a regăsit în ultimul timp un număr tot mai mare de adepți, atât în rândul fabricanților și distribuitorilor, cât și al consumatorilor. În prezent, sticla reprezintă materialul de ambalare cel mai bine perceput de consumatori [Manole Victor, et al., 2003].

Aspectul sticlei este unul de material amorf, diferit colorat sau transparent. Aceasta este un lichid suprarăcit, iar la temperatura ambiantă se prezintă sub formă solidă. Are o structură tridimensională, având în compoziție un atom de Si înconjurat de 4 atomi de oxigen. Formula sa generală este:



Sticla mai poate conține ca materiale auxiliare diferiți oxizi ai metalelor, cum ar fi: nichel, aluminiu, plumb, fier, crom, zinc, potasiu, bor, litiu, etc. Astfel aceasta obține diferite proprietăți: adaosul de plumb îmbunătățește calitatea sticlei, crescând claritatea și strălucirea; adaosul de bor scade gradul de pierdere a Na din rețea, adaosul de alumina îi conferă un nivel mai ridicat de duritate și durabilitate, iar adaosurile alcaline de Na_2CO_3 sau K_2CO_3 reduc vâscozitatea și temperatura de topire silicei SiO_2 . În cazul adaosului cu carbonați de calciu și magneziu, aceștia acționează ca stabilizatori, prevenind dizolvarea sticlei în apă, iar un conținut mic de aluminiu îi conferă o mai mare rezistență chimică [http://www.bursaagricola.ro/Info-Materiale_plastice-47-24077-1.html].

Acest material este igienic (spălarea este foarte ușoară), transparent (facilitează controlul vizual al conținutului), rigidă (menține forma inițial stabilită), impermeabilă la gaze, vapori, arome și lichide, nu interacționează chimic cu produsele alimentare, poate fi obținută sub diferite forme și culori pentru a realiza o protecție sporită împotriva diferitelor radiații și este foarte rezistentă la acțiunea bazelor și a acizilor. Toate acestea reprezintă principalele avantaje în utilizarea sticlei ca material de ambalaj.

Din punct de vedere toxicologic, produsele alimentare depozitate la temperatură ambiantă nu sunt atacate de ambalajele realizate din sticlă.

Ca și dezavantaj poate fi amintită îmbătrânirea sub influența îndelungată a agenților atmosferici. Efectul se poate observa sub forma unor depuneri albicioase, îndepărtarea acestora efectuându-se prin clătire cu soluție 1-2% HCl. Un alt dezavantaj este greutatea relativ mare, ceea ce implică o manipulare dificilă la alimentele voluminoase. De asemenea, un ambalaj realizat din acest material este foarte fragil, sub acțiunea șocurilor termice sau mecanice putând crăpa, fapt ce conduce la compromiterea alimentului [Banu C., et al., 1998, 1999].

În tabelul 1.2.2.2.1. pot fi observate proprietățile fizice ale sticlei.

Tabelul 1.2.2.2.1: Proprietățile fizice ale sticlei

Proprietăți mecanice	<ul style="list-style-type: none"> - fragilitate - rezistență la presiune internă - rezistență la lovire - rezistență la presiune verticală - rezistență la rosături și zgârieturi
Proprietăți termice	<ul style="list-style-type: none"> - rezistență la șoc termic (max.35°C) - bună conductibilitate termică
Proprietăți optice	<ul style="list-style-type: none"> - transparentă - absorbția razelor X cu ajutorul sticlei cu plumb și bariu - sticla incoloră de 1mm grosime permite trecerea unui grad de lumină incidentă de 92% - absorbția razelor ultraviolete prin utilizarea în compoziției sticlei a oxidului de cadmiu, a sulfatului de cadmiu și a oxidului de ceriu

Sticla poate fi de mai multe tipuri, în funcție de utilizare:

- pentru butelii se folosește sticla cu conținut ridicat de calcar (calco-sodica), care este mai puțin fragilă și are elasticitatea mărită;
- pentru flacoane și pahare se utilizează sticla silico-calco-sodică, aceasta având rezistență chimică mică.

În funcție de componența chimică, în tabelul 1.2.2.2.2 sunt prezentate culorile obținute și este specificat domeniul de utilizare [http://www.bursaagricola.ro/Info-Materiale_plastice-47-24077-1.html].

Tabelul 1.2.2.2.2: Domeniul de utilizare funcție de agentul de colorare

Agent de colorare	Efect obținut	Utilizare
0,02-0,08% Fe ₂ O ₃ sau CeO ₂ , TiO ₂	Incoloră, absoarbe radiațiile UV	Butelii pentru lapte, sucuri, apă minerală, borcane pentru produse din legume și fructe
0,08-0,15% Fe ₂ O ₃	Culori între albastru și galben	Apa minerală, vin alb
0,8-1,2% Fe ₂ O ₃	Verde deschis	Butelii pentru șampanie, bere, vin
Cr ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ + + Cr ₂ O ₃ + CuOj V ₂ O ₃	Verde	Butelii pentru vin, bere
2-2,5% Fe ₂ O ₃	Verde închis	Șampanie
MnO, MnO + Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ + Fe ₂ O ₃ , MnO + CeO ₂	Maro	Butelii pentru bere

Materialele plastice organice. Ca ambalaj, dezvoltarea cea mai spectaculoasă a cunoscut-o plasticul. Practic, nu se poate vorbi de un debușeu de ambalaje fără să fie prezent plasticul, fie singur, fie în asociere cu alte materiale pentru pelicule și cutii [Manole Victor, et al., 2003]. Avantajele folosirii lor sunt: materiale ieftine, conversie în ambalaj ieftină, versatile (flexibile, rigide, semi-rigide), matrițabile, ușoare, necorozive, rezistente la șocuri, sigilabile la cald, transparente, pot fi pigmentate, unele pot fi folosite la microunde, unele rezistă foarte bine la căldură, iar unele sunt foarte reciclabile. Pe de altă parte, ele prezintă și câteva dezavantaje: sunt permeabile la gaz, vapori de apă și arome, au posibile migrații de monomeri și aditivi, duritate scăzută, unele nu rezistă la căldură, iar unele nu sunt reciclabile.

În această categorie de ambalaje intră:

- **peliculele celulozice** au avantajul de a fi biodegradabile. Ele sunt cele mai vechi și cele mai utilizabile materiale plastice, principalele lor avantaje fiind transparența și capacitatea de a fi ușor decorate prin imprimare. Sunt utilizate în special la ambalarea fructelor în stare proaspătă, produselor de băcănie uscate (paste făinoase, biscuiți, pesmet etc.);
- **celuloza** sau **pasta de hârtie** se folosește la producerea ambalajelor pentru ouă, fiind principalul material utilizat la protecția, transportul și depozitarea acestui tip de aliment;
- **polistirenul** are cea mai notabilă utilizare pentru ambalarea produselor alimentare, cum ar fi iaurtul, cremele, dulceața, înghețata, brânza, etc. Polistirenul expandat are capacitatea de a se mulla pe produs, permițând astfel

confecționarea de cutii pentru păstrarea și transportul ouălor. Se mai folosește la fabricarea ambalajelor sub formă de tavă pentru ambalarea cărnurilor și a produselor din carne sau pentru produsele gata preparate, așa numitele "carry-out" sau „take away”. În asociere cu o peliculă celulozică se utilizează la producerea alveolelor pentru fructe. Din cauza prețului relativ ridicat în comparație cu alte materiale pentru ambalaje, acesta este rezervat produselor de calitate superioară.

- **poliamida PA** este folosită la ambalarea alimentelor congelate, a brânzeturilor proaspete, a cărnurilor proaspete sau prelucrate. Are stabilitate termică excelentă și poate fi sterilizată în abur de până la 140°C, iar la folosirea căldurii uscate rezistând la temperaturi chiar mai mari. Dacă este uscată, permeabilitatea la oxigen și alte gaze este foarte scăzută.
- **PVC (poli-clorura de vinil)**, în stare plastifiată, este folosită la confecționarea buteliilor de unică folosință de apă, oțet, vin, ulei etc., tuburi deformabile obținute prin extrudare sau folii subțiri obținute prin calandrare. Filmele subțiri din acest material sunt folosite la învelirea tăvilor cu produse din carne și a celor cu carne proaspătă, permeabilitatea lor la vaporii de apă prevenind condensarea în interior.

Din punct de vedere toxicologic, acest material este agreat în industria alimentară doar în cazul în care în compoziția sa există sulfați de alchil, agenți de emulsionare cu toxicitate scăzută. În stare pură, acesta este netoxică, inertă și insolubilă.

Sub acțiunea luminii și a căldurii PVC-ul își reduce stabilitatea, pierzând molecule de acid clorhidric. Acest fenomen este combătut prin adaosul de substanțe care stabilizează conținutul, proporția lor fiind cuprinsă între 0,25 și 5% din conținut. Substanțele stabilizatoare pot fi: bariu, săruri de plumb, cadmiu, zinc, împreună cu fosfați organici.

Deșeurile acestor ambalaje trebuie incinerate deoarece nu sunt reciclabile; ele se înscriu în categoria deșeurilor poluante, deoarece în timpul incinerării emit mari cantități de cloruri. În ultimii ani, PVC-ul ca material de ambalare a cunoscut un puternic recul, fiind înlocuit de PET (polietilenă), din care se confecționează, de exemplu, sticlele de Coca Cola, acesta nefiind un material poluant [Manole Victor, et al., 2003].

Lemnul. În fața invaziei altor materiale de ambalare a produselor alimentare, utilizarea lemnului a regresat. Se utilizează cu prioritate la producerea de ambalaje pentru legume și fructe, brânzeturi moi, paste făinoase, macaroane ș.a., dar și în aceste domenii se lovește de concurența cartonului [Manole Victor, et al., 2003]. Principalul ambalaj care continuă să fie confecționat din lemn este reprezentat de europalet, un ambalaj final care are menirea de a facilita transportul alimentelor preambalate.

Alte materiale, cum ar fi:

- **polipropilena**, care poate fi sub formă de saci împlețiți, cutii, tuburi deformabile. Este utilizată în special la ambalarea orezului;

- *saci de iută*, utilizați pentru cereale, cartofi, fasole;
- materiale compuse dintr-o *folie multistrat cu barieră* (din *aluminiu* și *alte materiale*) pentru ambalarea în vid a alimentelor perisabile (carne, mezeluri, pește, brânzeturi, a alimentelor care degajă arome: cafea, cacao, condimente etc.) [Manole Victor, et al., 2003].

1.2.3. Tendințe

Cercetările în domeniul ambalajelor pentru produsele alimentare au în vedere următoarele obiective:

- ambalajele trebuie să aibă un preț cât mai redus;
- ambalajele ar trebui să nu polueze mediul înconjurător și să fie reciclabile;
- ambalajele ar trebui să fie cât mai atractive pentru consumator și să permită o utilizare cât mai ușoară;

Se acordă o atenție deosebită ambalării produselor alimentare. Pentru a conduce eficient această activitate, specialiștii trebuie să cunoască preferințele beneficiarilor produselor despre ambalaje.

Consumatorul știe că ambalajul produsului va fi aruncat și că tratarea, reciclarea sau distrugerea deșeurilor menajere costă foarte mult. În final, tot consumatorii sunt cei care suportă acest cost. Este cunoscut faptul că protecția mediului înseamnă și reciclarea sau reutilizarea ambalajelor. Ca urmare, în cazul buteliilor de sticlă utilizate, toți preferă să le returneze la magazinele de unde le-au cumpărat, cu reduceri de preț sau chiar pentru a primi contravaloarea lor. În general, ei consideră că sticla este ambalajul ideal care protejează cel mai bine produsul și igiena acestuia, dar este, din păcate, încă greu și fragil. Nu se vrea renunțarea la avantajele ambalării moderne: reducerea greutății ambalajului și creșterea greutății produsului, facilitate de stocare și transport, aspect plăcut, păstrare și protecție îndelungată a produsului [Manole Victor, et al., 2003].

Cartonul și hârtia au și ele o bună imagine în rândul consumatorilor. Cartonul ușor decorat are o imagine mai bună decât plasticul. De cele mai multe ori produsele alimentare preambalate sunt ambalate final în ambalaje confecționate dintr-unul sau din ambele materiale [Manole Victor, et al., 2003].

Tabla este deficitară la domeniul valoare estetică, dar este considerată a fi mai igienică decât plasticul. Cutia de aluminiu, chiar dacă are calitate mai slabă, este considerată a fi modernă. Folia de aluminiu, singură sau compusă în peliculă cu alt material, are o imagine excelentă. Imaginea plasticului este aceea de tip de ambalaj fără o importanță majoră [Manole Victor, et al., 2003].

Consumatorul ar trebui să aibă înclinații spre materialele de ambalat reciclabile. Totuși, sunt încă multe categorii de ambalaje unde reciclarea este inexistentă.

Distribuitorul dorește o ambalare a produsului, astfel încât acesta să se prezinte cât mai bine și atrăgător atât în raftul pe care este așezat în magazin, cât și pe parcursul operațiunilor promoționale, având în vedere faptul că produsul să nu prezinte nici un fel de degradare înainte de a fi cumpărat [Manole Victor, et al., 2003].

Pentru crearea de ambalaje și realizarea lor într-o modalitate cât mai eficientă, fabricanții trebuie să cunoască atât atitudinile și părerile consumatorilor și ale distribuitorilor față de acestea [Manole Victor, et al., 2003].

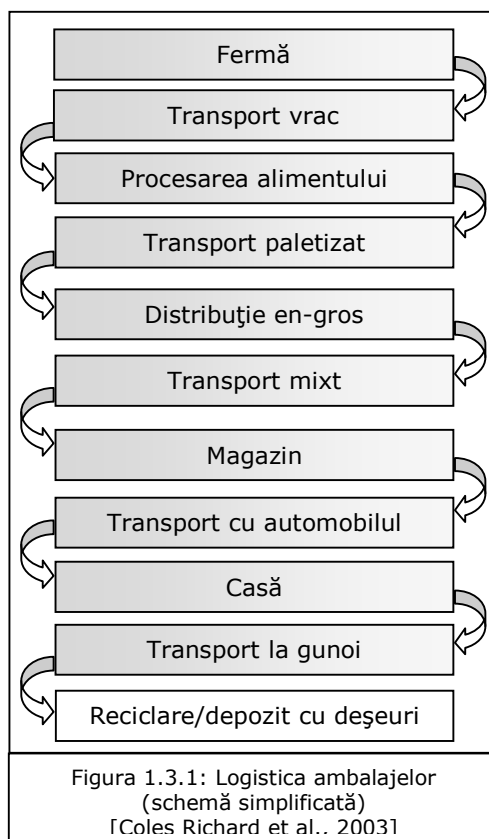
Având în vedere rolul pe care îl joacă în atragerea și în simplificarea utilizării lor pentru consumatori, ambalajele trebuie să se bucure de o atenție sporită. În ultimul timp, ambalarea a devenit singurul instrument de marketing important pentru o afacere prosperă [Manole Victor, et al., 2003].

Astfel, variabilele care se iau în calcul pentru a atinge efectul dorit sunt următoarele:

- autoservirea. Un număr tot mai mare de produse alimentare sunt comercializate prin sistemul de autoservire în mari magazine și supermagazine. Cercetările au stabilit că circa 50% din totalul cumpărărilor în astfel de magazine se fac pe baza unor impulsuri provocate de ambalaje (se apreciază că un ambalaj eficient echivalează, ca efect, cu o reclamă TV de câteva secunde);
- confortul consumatorilor. Aceștia sunt dispuși să suporte costul suplimentar al ambalajelor mai ușor de manipulat, mai aspectuoase, mai atractive și care le trezesc încrederea (exemplu: cererea la berea la cutie a depășit-o pe cea a berii la sticlă, deși cutia este cu 20% mai scumpă decât sticla);
- imaginea întreprinderii și a mărcii. Ambalajele bine proiectate pot avea o contribuție importantă și rapidă la recunoașterea întreprinderilor sau a mărcilor, contribuind la creșterea prestigiului acestora;
- posibilitatea de înnoire. În anumite situații, schimbarea ambalajului unui produs deja cunoscut pe piață poate contribui la creșterea vânzărilor. De exemplu, începând cu anul 1990, s-a înregistrat o creștere puternică a vânzărilor băuturilor răcoritoare ca urmare a îmbutelierii lor în PET (plastic) [Manole Victor, et al., 2003].

1.3. Logistica ambalajelor

Traseul urmat de un ambalaj este prezentat, sub o formă simplificată, în figura 1.3.1. Acest traseu presupune trecerea de la materia brută, ferma, și până la operațiile de reciclare sau stocarea într-un depozit cu deșeuri.



Problemele ecologice au adus în actualitate, cu maximă stringență, și un nou ciclu logistic pentru ambalajele folosite la produsele alimentare. Acțiunea nu se limitează doar la re folosirea acestora, ci se extinde până la modificarea ciclului de fabricație al produsului de bază pentru ca ambalajele folosite să poată fi recuperate sau reciclate. Funcțiile de valorificare se referă atât la fabricarea și utilizarea ambalajelor, cât și la ciclul de recuperare-refolosire al acestora, atât ca materiale, dar și ca structuri care se reutilizează doar printr-o spălare.

Acest ciclu logistic poate fi urmărit în schema logică din figura 1.3.2.

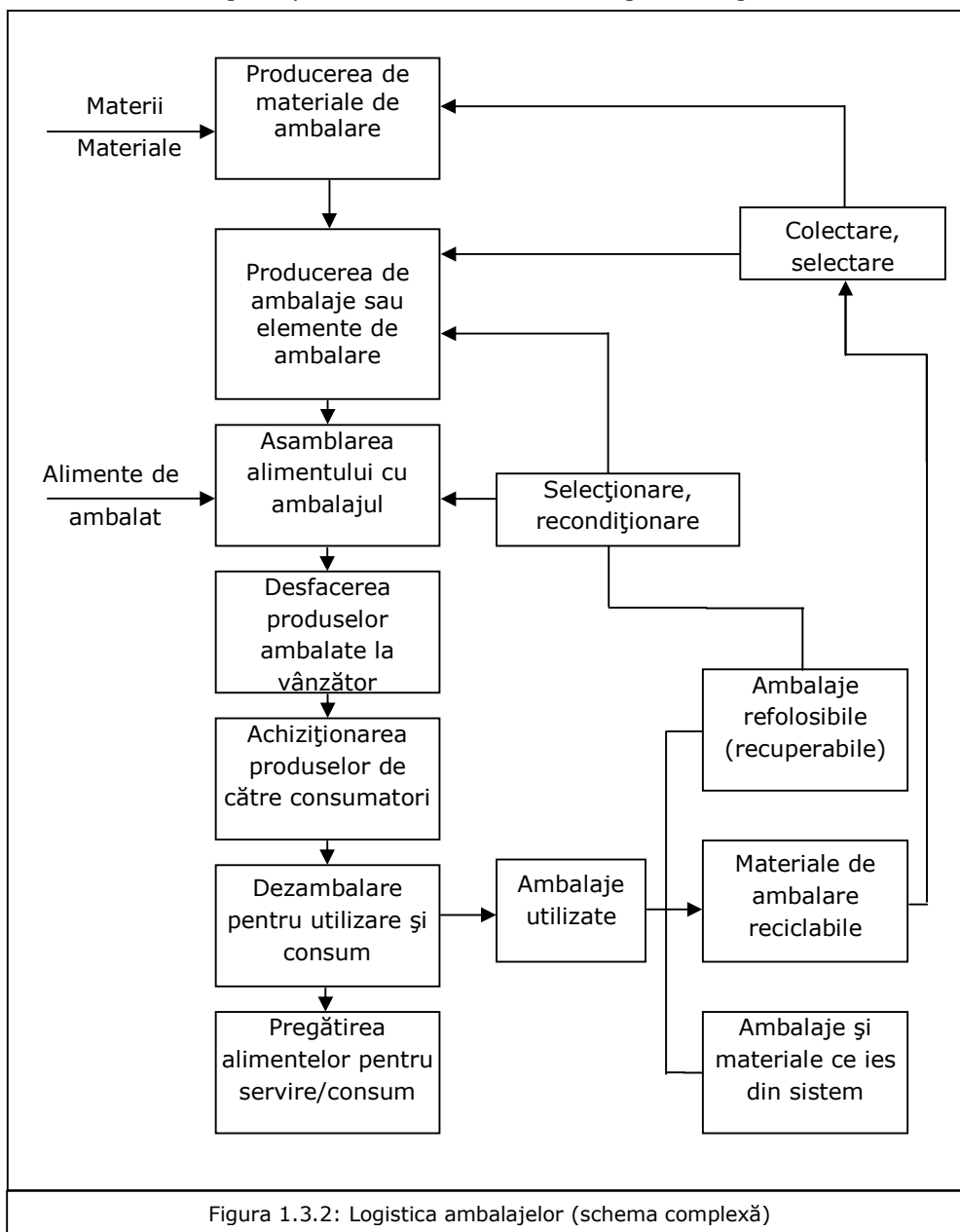


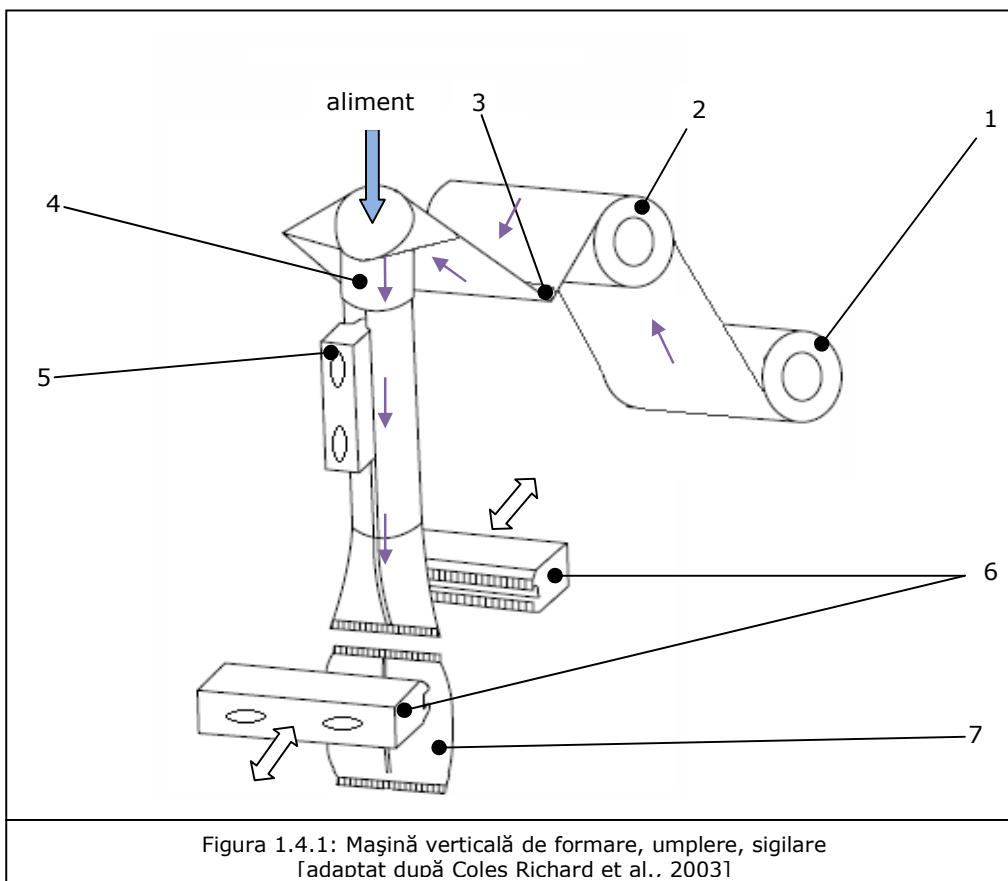
Figura 1.3.2: Logistica ambalajelor (schema complexă)

1.4. Principii de ambalare

Mașina verticală de formare, umplere, sigilare are principiul de funcționare prezentat în figura 1.4.1.

Aceasta presupune ca rola cu folie (1) să furnizeze material sistemului, trecând peste rola de întindere (2) și a întinzătorului (3) la piesa de formare (4) care îi dă o formă de tub, zonă în care folia intră în contact cu alimentul. Sistemul de termosudare vertical (5) unește cele două laturi ale foliei sub forma cilindrică impusă de piesa de formare. Sistemul de termosudare orizontal (6) este format din două piese cu zone calde în părțile superioare și inferioare, iar în partea centrală având o lamă de tăiere. Acesta din urmă finalizează procesul de ambalare al alimentului.

- | | |
|-----------------------|-------------------------------------|
| 1 – rolă cu folie | 5 – sistem de termosudare vertical |
| 2 – rolă de întindere | 6 – sistem de termosudare orizontal |
| 3 – întinzător | 7 – alimentul ambalat |
| 4 – piesă de formare | |



Principiul de funcționare al mașinii orizontale de formare, umplere, sigilare (figura 1.4.2) presupune ca alimentul (3), care este transportat de un conveior (4), să antreneze folia de pe rolă (1), peste întinzător (2), până la piesa de formare (5), unde ia forma alimentului. Următoarea etapă este de a trece prin ansamblul rotativ de tăiere și termosudare (6) unde ambalajul este secționat și lipit pe capete, partea longitudinală fiind sigilată în urma trecerii peste sistemul de termosudare (7).

- 1 - rolă cu folie
- 2 - întinzător
- 3 - aliment
- 4 - conveior
- 5 - piesă de formare
- 6 - ansamblu rotativ de tăiere și termosudare
- 7 - sistem de termosudare longitudinală
- 8 - alimentul ambalat

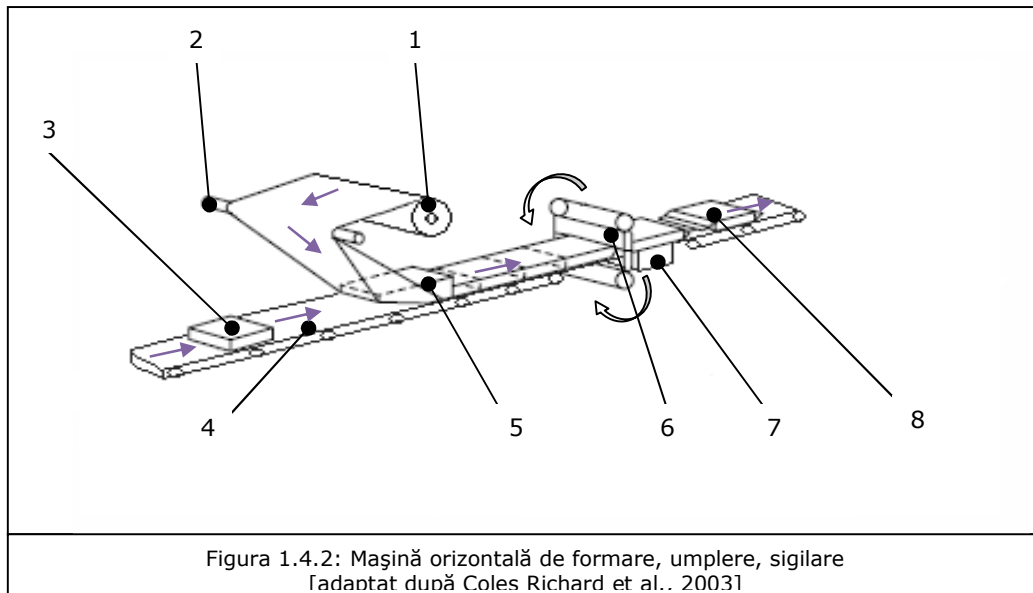


Figura 1.4.2: Mașină orizontală de formare, umplere, sigilare
 (adaptat după Coles Richard et al.. 2003)

Principiul ambalării în recipient presupune parcurgerea câtorva etape (figura 1.4.3). Prima etapă constă în pregătirea extruderului și a semi-matrițelor. A doua etapă ilustrează modalitatea de închidere a semi-matrițelor peste materialul care iese din extruder. În a treia etapă matrița este separată de extruder, iar în a patra semi-matrițele sunt înlăturate, rezultând recipientul. A 5-a etapă presupune răcirea recipientului, apoi în a 6-a este prelucrat gâtul acestuia unde urmează să fie pus capacul. A 7-a etapă constă în umplerea recipientului cu alimentul lichid, a 8-a este doar de tranzit, iar cea de-a 9-a reprezintă punerea capacului pe recipient, rezultând alimentul ambalat.

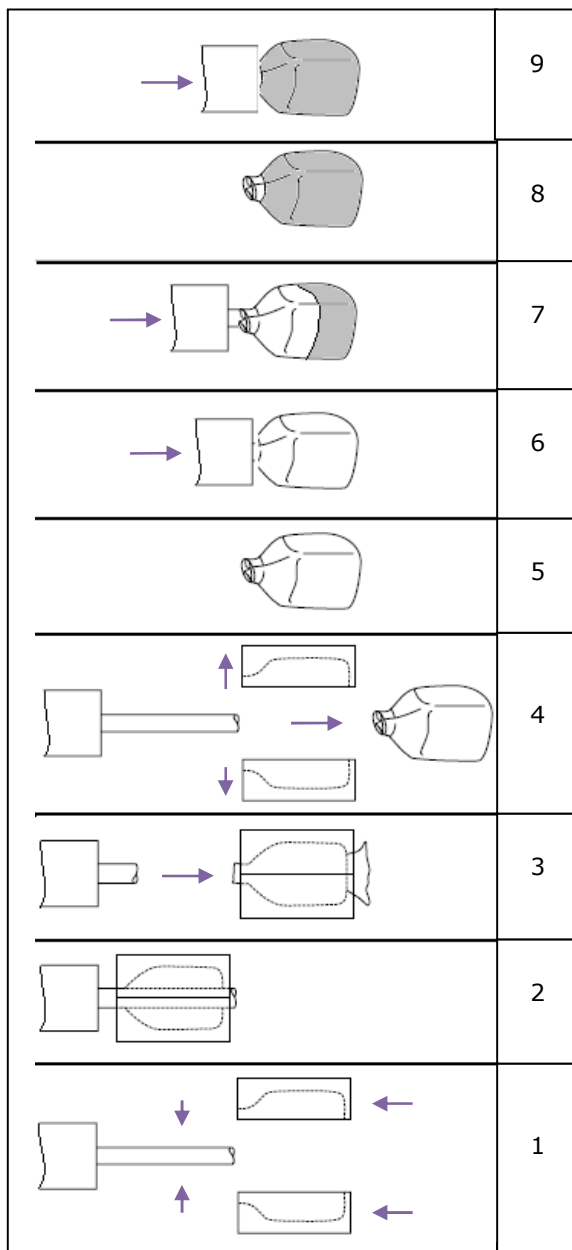


Figura 1.4.3: Principiul ambalării în recipient
[adaptat după Coles Richard et al., 2003]

1.5. Considerații asupra optimizării ambalajelor

Ambalarea este un element important al politicii de marketing al companiilor. Cea mai frecventă definiție a acestui proces arată că el este activitatea de proiectare și de fabricare a containerelor sau a materialelor protectoare pentru diferitele produse. Containerul sau materialul protector poartă numele de ambalaj. Acesta poate fi alcătuit din unu până la trei straturi de material. Spre exemplu băuturile fine se prezintă sub forma unei sticle (ambalaj primar) introdusă într-o cutie de carton (ambalaj secundar), mai multe astfel de cutii fiind introduse în cutii mai mari (ambalaje de transport) [Manole Victor, et al., 2003].

Cerințele impuse unui ambalaj sunt reprezentate de o listă completă a tuturor funcțiilor ambalajului care pot fi utilizate ca bază pentru formarea ambalajului sau ca punct de plecare în dezvoltarea unui produs specific. Pot fi deduse toate caracteristicile referitoare la produs, producție și distribuție care sunt cerute de materialele de ambalare, sisteme sau forme constructive pentru a îndeplini misiunea globală a ambalajului față de produs. Modul cum sunt îndeplinite toate cerințele pentru o variantă de ambalare, determină costurile singulare a fiecărei caracteristici deduse al ambalajului, când ambalajul și produsul își îndeplinesc împreună misiunea. Costurile ambalajului trebuie să constituie o concluzie în luarea deciziei de a continua sau de a stopa o astfel de dezvoltare [Drăgan Mihaela]. Așadar, ambalajul și alimentul, împreună cu energia și informația, trecând prin procesul sistemului de ambalare, formează produsul finit (figura 1.5.1).

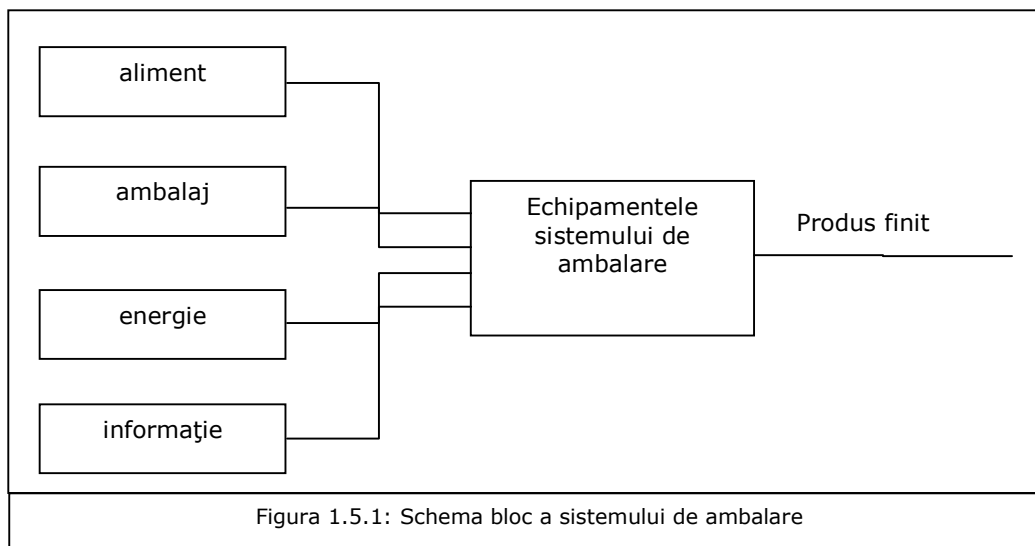


Figura 1.5.1: Schema bloc a sistemului de ambalare

Pe lângă eficacitatea publicitară, efectul de protecție și aptitudinea logistică, în ultimii ani au fost luate în considerare punctele de vedere ecologice referitoare la

ambalaje. Economia de piață impune estimarea și aprecierea compatibilității ambalajelor cu mediul înconjurător, această condiție fiind considerată strict necesară. Astfel rezultă ciclul de viață al ambalajului și se pot analiza efectele lui asupra mediului înconjurător, începând cu extragerea materiilor prime și introducerea acestora în procesul bazat pe schema bloc a sistemelor de ambalare, și până la valorificarea deșeurilor provenite din ambalaje [Drăgan Mihaela].

Pentru a obține cel mai profitabil echilibru, cei doi factori: introducerea resurselor și satisfacerea cerințelor, trebuie să fie echilibrați. Valoarea rezultată este relativă și poate fi privită din mai multe puncte de vedere. Atingerea unei valori optime necesită ponderarea unor parametri aflați în situații contradictorii. Pentru consumatori, noțiunea de valoare reprezintă măsura în care oferta atinge așteptările în raport cu efortul (contribuția) pe care trebuie să o aducă folosirea produselor și serviciilor. Pentru furnizor valoarea este cu atât mai mare cu cât resursele consumate pentru satisfacerea așteptărilor clienților sunt mai mici [Drăgan Mihaela].

În practică acest lucru înseamnă o examinare detaliată a fiecărui element de cost în sistemul de ambalare și o evaluare a contribuției fiecărei componente care sta la baza combinației produs-ambalaj. Aspectul orientat spre valoare în domeniul ambalajului este deosebit de util când este planificată sau este necesară o schimbare, care poate însemna:

- crearea unui ambalaj mai bun
 - costuri diminuate
 - ambalaj superior calitativ cu costuri mai mici [Drăgan Mihaela].
- Astfel există următoarele modalități de creștere a valorii:
- funcționalitate mai mare pentru costuri constante;
 - funcționalitate mai mare la costuri mai mici;
 - funcționalitate mai mare cu costuri mai ridicate, dar acceptabile [Drăgan Mihaela].

Aceste trei modalități pentru creșterea valorii în optimizarea ambalajului sunt capabile să ridice cota pe piață obținându-se astfel o cotă de câștig pe termen lung. Modelarea ambalajului presupune ca aceste puncte de vedere tehnice să reprezinte relația de interschimbabilitate între acceptarea calității de către consumator și prețul de consum:

- integrarea ambalajului în produs precum și includerea ambalajului în rețeaua externă de transport și luarea în considerare a condițiilor de utilizare și de mediu ale produsului și ambalajului. Astfel planificarea și raționalizarea ambalajului presupune un punct de vedere unitar pentru a putea estima influența tuturor factorilor asupra rezultatului final.
- acest punct de vedere unitar este legat de strânsa cooperare într-o echipă, în care toți participanții sunt responsabili precum și cei avizați de rezultate.
- relația produs-ambalaj începe practic de la conceperea, respectiv construcția produsului. O planificare a produsului orientată spre piață trebuie să aibă în vedere de la început o dezvoltare corespunzătoare a ambalajului. Optimizarea relației produs-ambalaj trebuie avută în vedere încă din faza incipientă a dezvoltării și construcției produsului și ambalajului.
- procesele de formare a produsului și ambalajului sunt în mare măsură procese inovative, pentru că sunt condiționate de evoluția tehnică și economică și pot

apărea în permanență noi probleme în organizarea și îmbunătățirea acestora [Drăgan Mihaela].

Pentru întreprindere este necesară găsirea unui ambalaj individual dedicat fiecărui produs în parte. Ambalajul se dovedește a fi un element de legătură pentru un marketing de succes și organizarea produsului. De asemenea, organizarea acestui sistem produs - ambalaj necesită o gândire complexă precum și utilizarea unor metode sistematice, inovative și orientate [Drăgan Mihaela].

Capitolul 2. Analiza principalelor metode de optimizare a sistemelor de ambalare

Pentru a alege o mașină de ambalat trebuie luate în considerare capacitățile tehnice, cerințele forței de muncă, securitatea lucrătorilor, mentenanța, funcționarea, fiabilitatea, capacitatea de a se integra în linia de ambalare, costul, suprafața spațiului de lucru, flexibilitatea (schimbare, materiale diferite, etc.), consumul de energie, calitatea pachetelor, eficiența, productivitatea, ergonomia, etc.

Echipamentele sistemelor de ambalare pot fi de următoarele tipuri generale:

- Mașini cu vacuum
- Mașini de etanșare
- Mașini de cartonare
- Soluții de împachetare și sigilare în cutii
- Mașini care curăță, sterilizează, răcește și usucă
- Conveioare
- Alimentatoare, orientatoare
- Mașini de umplere: produse lichide și sub formă de praf
- Soluții de închidere a ambalajelor
- Mașini de formare și sigilare a ambalajelor
- Echipamente pentru inspectarea, detectarea și verificarea greutateii
- Mașini pentru paletizare
- Mașini pentru termocontractie
- Mașini pentru ambalare în vid
- Mașini de paletizat
- Echipamente de marcat pe flux
- Soluții pentru capsare (etichete, sigilii, fixare pe suport)
- Soluții pentru etichetare
- Mașini de închis cutii de carton
- Mașini orizontale de ambalat
- Mașini verticale de dozat și ambalat
- Mașini de legat cu benzi plastice
- Sisteme pentru igienizare
- Dispozitive de lipit folii
- Dispozitive pentru ambalat caserole

2.1. Echipamente ale sistemelor de ambalare

Mașină verticală de formare, umplere, sigilare

Mașină verticală de formare, umplere, sigilare din figura 2.1.1 respecta principiul de funcționare prezentat în capitolul 1.4, Figura 1.4.1: Mașină verticală de formare, umplere, sigilare. Reprezintă alegerea optimă pentru formarea, umplerea și sigilarea unei game variate de tipuri de pungi cu volume de până la 60 l și productivitate de până la 50 pungi/minut. Construcția echipamentului este de tip modular, dar în același timp robustă.



Caracteristicile principale sunt următoarele:

- Control ușor cu touch screen color;
- Conectivitate;
- Autodiagnoză;
- Acționările principale sunt electromecanice;
- Fălcile de sudură transversale sunt cu acționare servo;
- Centruarea foliei pe tubul de formare;
- Ajutor pentru conectarea ușoară a filmului;
- Posibilitate de alimentare în vid a foliei;
- O gamă largă de dispozitive opționale.

Mașină orizontală de formare, umplere, sigilare

Mașină orizontală de formare, umplere, sigilare din figura 2.1.2 respecta principiul de funcționare prezentat în capitolul 1.4, Figura 1.4.2: Mașină orizontală de formare, umplere, sigilare. Aceasta este dotată cu controlul axelor. Suprafețele de contact, carcasa și șasiul sunt confecționate din oțel inoxidabil. Echipamentul are 9 motoare independente:

- motor fără perii pentru conveiorul de alimentare;
- motor fără perii pentru grupul de sudură longitudinal;
- motor fără perii pentru blocul "box motion";
- motor fără perii pentru închiderea barelor de sudură;
- 3 motoare asincrone + 2 invertoare și 2 motoare de curent continuu.



Figura 2.1.2: Mașină orizontală de formare, umplere, sigilare
[http://www.masini-de-ambalat.ro/detalii_produce/leonardo_pbb_full_digit_105.htm]

Presiunea necesară pentru funcționare este de 6 bari, iar conexiunea la energie electrică este de 380V, 50Hz.

Ambalajele pe care această mașină le poate realiza pot avea o înălțime maximă de 200mm, o lățime de 450mm, lungimea ambalajului fiind limitată doar de lungimea filmului folosit pentru ambalare.

Mașina respectă normele CE.

Echipament de marcat pe flux

Echipamentul prezentat în figura 2.1.3 este o imprimantă de înaltă rezoluție cu jet de cerneală, proiectată pentru sarcini grele în mediul industrial. A fost dezvoltată special pentru imprimarea pe suprafețe fine, a mesajelor de complexitate moderată. Ea poate fi integrată în orice linie de producție datorită instalării rapide și a minimumului de întreținere, având un sistem mecanic automat de purjare și schimbarea bidonului făcându-se fără oprirea liniei. Echipamentul prezintă o structură solidă și compactă din inox.



Acesta funcționează la o tensiune de 110/220 V 50-60 Hz, temperatură cuprinsă între 10°C și 50°C, iar umiditatea de la 5% la 85% fără condensare. În aceste condiții de lucru poate realiza o imprimare de 17mm înălțime la o rezoluție de 180x180 dpi, cu până la 30m de produse imprimate pe minut.

De obicei cerneala folosită este pe bază de solvent, ea putând fi de culoare neagră, roșie sau albastră. Cerneala vine livrată în recipiente cu cantități cuprinse între 250 și 1000ml. Ca suprafață de imprimare se recomandă orice material neporos, timpul de uscare pe acestea fiind aproape instantaneu.

Mașină automată de legat

Echipamentul (figura 2.1.4) conține o masă cu role, care permite alunecarea ușoară a produsului. Startul ciclului este dat de pedală, buton sau bilă pe masa mașinii.

Ca și componente uzuale pot fi amintite:

- panou de comandă electronic;
- buton pentru resetare;
- panou de comandă la 24V;
- panou de comandă situat pe partea operatorului;
- sudură instantanee prin fir cald;
- reglare externă a tensionării filmului;
- opționale la cerere: pedală dublă, dispozitiv dublu de presare pentru aplicații speciale, tensiune de alimentare 380V – 3Ph.

Este o mașină care poate fi dotată cu roți pentru a putea fi mutată ușor de la un punct de lucru la altul. Mașina lucrează cu banda PP și PET, respectând în mod obligatoriu normele CE.

Acest tip de echipament poate realiza până la 26 de cicluri pe minut.



Figura 2.1.4: Mașină automată de legat
[http://www.italdibipack.com/_eng/Macchine/scheda.cfm?IDLinea=7&IDMac=47]

Mașină automată de închis cutii de carton

Reprezintă o soluție profesională pentru închis cutii cu dimensiune fixă, cu pliere automată a capacului.

Figura 2.1.5 prezintă o mașină pentru închiderea automată a cutiilor de carton cu dimensiuni fixe (cutii cu aceeași înălțime și lățime) cu lipire automată deasupra și dedesubt. Dispozitivul pneumatic reglabil pentru închiderea automată a capacelor superioare oferă mașinii posibilitatea de a fi inclusă într-o linie automată de producție, prin eliminarea necesității prezenței permanente a unui operator. Reglarea mașinii pentru dimensiunea cutiei se face foarte simplu și rapid prin intermediul a două roți de mână. Este soluția ideală pentru cutii cu lățimea și înălțimea de maximum 50 cm.

Mașina lucrează cu benzi adezive pe suport PP, cu lățime de până la 60 mm și diametrul interior de 75 mm. Mașina respectă normele CE, mai multe detalii tehnice putând fi observate în tabelul următor:

Tabelul 2.1.1: Specificațiile tehnice ale unei mașini automate de închis cutii de carton

Tensiune alimentare	230 V – 1Ph – 50 Hz
Putere instalată	0,6 KW
Dimensiuni de gabarit L x l x h	1500 x 900 x 1600 mm
Masa mașinii	280 kg
Consum aer comprimat	6 bar
Productivitate	până la 20bucati/min



Figura 2.1.5: Mașină automată de închis cutii de carton
[http://www.italdibipack.com/_eng/Macchine/scheda.cfm?IDLinea=6&IDMac=36]

Echipament pentru paletizare

Figura 2.1.6 prezintă o soluție completă pentru paletizare și reprezintă o mașină de înaltă calitate, robustă și compactă, care poate fi accesoriată cu diverse opționale în funcție de solicitările specifice fiecărui tip de produs: de exemplu înfolierea paleților cu dimensiuni și greutatea mari, a paleților instabili și nu atât de grei, etc.

Reprezintă opțiunea ideală pentru utilizatorii ce trebuie să înfolieze un număr mare de paleți.



Figura 2.1.6: Echipament pentru paletizare
[http://www.masini-de-ambalat.ro/detalii_produce/ecospir_a_id_56.html]

Caracteristicile sale principale sunt următoarele:

- are panou de control electronic digital;
- ciclu de lucru complet automat controlat cu fotocelulă;
- 4 tipuri de programe de lucru: ciclu complet (în sus și în jos), ciclu simplu (numai în sus), ciclu simplu cu "top cover", ciclu complet cu "top cover";
- se poate utiliza și în ciclu manual;

- setare independentă a parametrilor de lucru: număr de înfășurări la bază și la vârful paletului, turația platformei (controlată cu invertor), tensionarea filmului (reglabilă cu frână electromagnetică);
- poate opri platforma în punct fix;
- are cărucior acționat cu lanț cu compensare automată a alungirii;
- capacitate de încărcare 1800 Kg.

Există opțiuni ce pot fi achiziționate la cerere: rampă de încărcare, coloană înălțată, platformă mărită (la diametrul de 1800 mm.), platformă ranforsată (capacitate de încărcare de până la 2000 Kg), presă pneumatică pentru paleți instabili, invertor pentru cărucior, power pre-stretch 200% (1m = 3m). Mașina lucrează cu folie stretch și respectă normativele CE.

Turația platformei este de până la 10 cicluri pe minut.

Robot de înfoliat

Un robot automotor, conceput să înfolieze produse de diferite greutate și dimensiuni în orice loc, are dimensiuni de gabarit mici și greutate proprie mică pentru a putea fi ușor de manevrat (acesta este de departe cel mai simplu mulțumită sistemului practic de acționare echipat cu butoane prin apăsare) și poate lucra într-un spațiu de numai 75 cm în jurul paletului de înfoliat (figura 2.1.7) datorită unui sistem electric de manevrare și a unui sistem de rotire complex în jurul paletului prin intermediul unei role de contact, astfel putând lucra în spații reduse care sunt mai mici decât la orice alt robot de pe piață.

Mașina este echipată cu o coloană telescopică atingând până la 2350mm în înălțime (figura 2.1.8), și cu un sistem 100% power prestretch în dotare standard (1m = 2m), care asigură o înfoliere de înaltă calitate și o economie importantă de film.

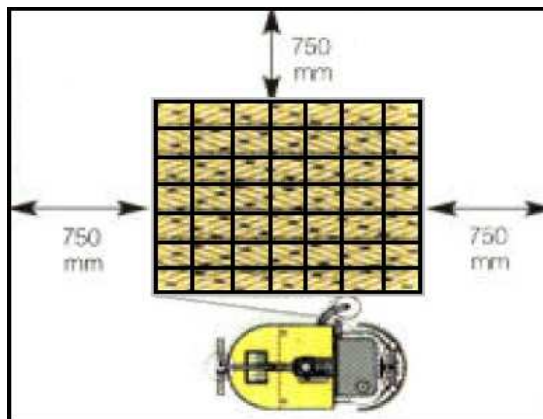


Figura 2.1.7: Spațiul de lucru
 [http://pdf.directindustry.com/pdf/italdibipack/pallet-wrapping-robot-leonardo/16686-118597- 2.html]

Tensionarea filmului poate fi modificată prin intermediul unui potențiomtru.

Robotul este deplasat prin intermediul a două motoare independente alimentate de baterii, care nu necesită mentenanță, ce pot fi reîncărcate prin intermediul unui sistem integrat în mașină de la o priză de 220V. Mașina poate înfolia în jur de 60 - 80 europaleți de înălțime medie înainte de a fi nevoie o reîncărcare. Este evident că numărul de paleți înfoliați depinde de dimensiunile acestora.

Acest echipament este:

- mic mulțumită zonei de lucru necesare reduse, dimensiuni de gabarit mici și greutate redusă, fără mentenanță;
- mare mulțumită standardelor de înaltă calitate, înaltă funcționalitate și mari performanțe.

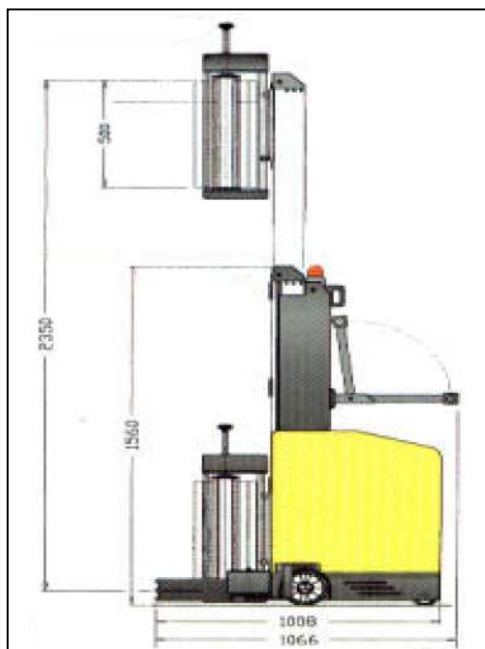


Figura 2.1.8: Dimensiuni de gabarit
 [http://pdf.directindustry.com/pdf/italdibipack/pallet-wrapping-robot-leonardo/16686-118597-_2.html]

Este incredibil datorită raportului calitate/preț. Poate fi folosit în depozite cu spațiu redus, în care un paletizor clasic ar ocupa un spațiu prea mare. Când nu este necesar, pur și simplu poate fi mutat în altă zonă.

Caracteristicile sale sunt următoarele:

- placă logică a microprocesorului cu 6 setări diferite pre-programabile salvate;
- ciclu doar de jos în sus;
- număr de înfășurări la bază, mijloc și sus reglabile de la panoul de comandă;
- înălțimea paletului detectată de fotocelulă sau presetată în panoul de comandă;

- buton de apăsare stop de urgență;
- dispozitiv de siguranță pentru stop automat;
- semnal luminos și sonor în timpul lucrului.



Figura 2.1.9: Exemplu de robot de înfoliat: Leonardo
 [http://www.italdibipack.com/_eng/Macchine/scheda.cfm?IDLin
 ea=8&IDMac=41]

Robotul lucrează cu folie stretch (grosime 19 ÷ 40 ; lățime 500 mm) și respectă normele CE, mai multe detalii tehnice putând fi observate în tabelul următor:

Tabelul 2.1.2: Specificațiile tehnice ale unui robot de înfoliat

Tensiune alimentare	230 V – 1Ph
Dimensiuni de gabarit L x l x h	1066 x 738 x 1560 mm
Masa mașinii	235 kg
Înălțime maximă palet	2350 mm
Dimensiuni minim palet L x l x h	700 x 900 x 500 mm
Masa minimă palet	80 kg
Dimensiuni de gabarit mașină ambalată Lxlxh - palet	800 x 1200 x 1700 mm
Masa brută mașină ambalată	260 kg
Dimensiuni maxime palet	fără limită
Masa maximă palet	fără limită

2.2. Interacțiuni în sistemul de ambalare

Principalele preocupări la nivelul interacțiunii mediul înconjurător – ambalaj - aliment sunt reprezentate de distrugere și inhibarea microorganismelor, care implică prevenirea deteriorării alimentelor, a bolilor cauzate din alimentație și furnizarea celei mai bune calități posibile alimentelor (textură, gust, aromă). Ambalajele oferă protecție alimentelor împotriva contaminării cu microbi sau dezvoltării acestora și împiedică pierderea calității. Totuși, după ambalare, există posibilitatea ca alimentele să se deterioreze din cauze fizice, chimice, biologice, sau o combinație între acestea. Ambalajele trebuie gândite astfel încât să ofere protecție împotriva interacțiunilor cu mediul înconjurător care pot cauza astfel de probleme.

Contactul cu oxigenul poate determina deteriorarea multor alimente datorită oxidării lipidelor și a altor componente sensibile la oxigen, cum ar fi aromele, culoarea și vitaminele. Aceste tipuri de alimente sunt ambalate astfel încât să păstreze o atmosferă cu vacuum sau nitrogen și care oferă o barieră împotriva oxigenului.

Fructele și legumele proaspete respiră și au nevoie de ambalaje care permit ca nivelul de oxigen din ambalaj să crească, iar cel de dioxid de carbon să scadă, sub o formă controlată. Ambalajele speciale pentru fructe și legume iau în considerare diferitele doze de respirație la diferite fructe și legume și controlează concentrațiile de oxigen și dioxid de carbon astfel încât să impună un anumit nivel de respirație, de obicei mult scăzut pentru a prelungi viața alimentelor pe raft.

Alimentele cum ar fi carnea proaspătă, carnea de pasăre, produsele de panificație, pastele și alimentele preparate la rece beneficiază de ambalaje care pot menține sau vacuum sau o concentrație scăzută de oxigen și o concentrație ridicată de dioxid de carbon pentru a preveni oxidarea și a controla creșterea microbiană. Concentrațiile mari de oxigen în combinație cu concentrație mare de dioxid de carbon mențin culoarea de carne roșie proaspătă în timp ce întârzie stricarea. Astfel, aceste tipuri de alimente sunt ambalate cu scopul de a controla nivelele de oxigen, dioxid de carbon și nitrogen care interacționează cu alimentul.

Ambalajele sunt de cele mai multe ori concepute pentru a controla pierderea sau creșterea umidității alimentelor prin eliminare sau absorbție de vapori de apă. Diferite alimente suportă diferite schimburi în conținutul propriu de apă, care trebuie menținut la un nivel echilibrat cât mai mult timp posibil pentru a păstra calitatea și prospețimea alimentului și astfel prelungindu-i termenul de valabilitate.

În tabelul 2.2.1 pot fi observate principalele interacțiuni posibile între mediul înconjurător, ambalaje și alimente.

Tabelul 2.2.1: Posibile interacțiuni între mediul înconjurător, ambalaj și aliment

Mediul înconjurător		Ambalaj		Aliment
Oxigen	➔	Pătrunderea oxigenului	➔	Respirație și oxidarea culorii, aromei
Dioxid de carbon	➔	Pătrunderea dioxidului de carbon	➔	Pierderea conținutului de carbon și respirație
Vapori de apă	➔	Pătrunderea vaporilor de apă	➔	Deshidratare și creștere a texturii
	➔		➔	Scăderea texturii, lipiciozitate, creștere microbiană
Lumină	➔	Transmiterea luminii	➔	Degradarea nutrienților, aromei și culorii
Aromă	➔	Pătrunderea aromei	➔	Schimbarea aromei / gustului
		Migrarea componentelor ambalajului	➔	Toxicitate, schimbarea aromei / gustului
		Absorbție	➔	Pierderea aromei / gustului

2.3. Controlul calității produselor

Alimentele trebuie să-și păstreze calitățile garantate de producător și să nu sufere alterări pe lanțul producător-consumator. În principal atât producătorul cât și distribuitorul sunt interesați ca alimentele să ajungă în bună stare la consumator. Un important aspect îl reprezintă controlul transportului produselor între producător și distribuitor, existând diferite tipuri de indicatoare care arată condițiile în care a fost efectuat transportul.

Analiza datelor acestor indicatoare permite luarea unor măsuri pentru optimizarea condițiilor de transport, modificarea ambalajelor, etc.

Numeroase asociații din industrie sunt de acord că utilizarea indicatorilor inteligenți va crește. Există o serie de indicatori cu diferite beneficii pentru producătorii de alimente, consumatori și comercianți cu amănuntul:

- Înregistratoarele de temperatură sunt utilizate pentru a monitoriza produsele transportate la rece și ajută la validarea acestui transport. Aparatură digitală măsoară și înregistrează istoria temperaturii transferurilor de alimente. Ele au uneori temperaturi afișate pe indicator sau alte dispozitive de ieșire (lumini, etc.). Datele unui transport pot fi descărcate, folosind conexiuni prin cablu sau radio, pe un calculator pentru analize suplimentare. Acestea ajută la identificarea existenței unei abateri de la temperatura optimă și pot ajuta la determinarea termenului de valabilitate rămas. Ele pot ajuta, de asemenea, la stabilirea momentelor de temperaturi extreme pe durata transportului pentru a putea fi luate măsuri corective.
- Indicatorii timp-temperatură integrează timpul și temperatura prin care au trecut indicatorul și alimentele conexe. Unii indicatori folosesc reacții chimice care au ca rezultat schimbarea culorii, în timp ce alții folosesc migrarea unui colorant printr-un filtru. În măsura în care aceste modificări fizice în indicator corespund degradării alimentelor, indicatorul ajută indicarea probabilă a degradării alimentelor. Dacă indicatorul timp-temperatură din figura 2.3.1 este expus la o temperatură mai mare decât temperatura sa de răspuns ($18^{\circ}\text{C}/0^{\circ}\text{F}$ până la $37^{\circ}\text{C}/99^{\circ}\text{F}$) atunci soluția chimică din indicatorul temperaturii se topește și începe să migreze de-a lungul fâșiei, colorând ferestrele circulare într-un mod controlat. Când temperatura scade sub temperatura de reacție, migrarea soluției chimice se oprește. De obicei precizia acestor indicatori timp-temperatură este de $\pm 1^{\circ}$. Ei pot fi achiziționați la cutie de 100 de bucăți, prețul unei cutii fiind de 153.85\$, pe piața americană.
- Identificarea prin radio frecvență se aplică ambalajelor cu alimente pentru controlul lanțului de aprovizionare și a demonstrat un beneficiu important care permite producătorilor de alimente și comercianților cu amănuntul să creeze vizibilitate în timp real a lanțului lor de aprovizionare.

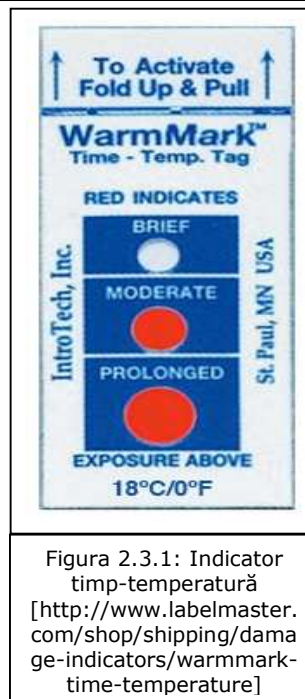


Figura 2.3.1: Indicator timp-temperatură
[<http://www.labelmaster.com/shop/shipping/damage-indicators/warmmark-time-temperature>]

2.4. Considerații asupra optimizării sistemelor. Metode de optimizare

Piața impune modificarea frecvență a ambalajelor. Motivațiile pot fi reglementările guvernamentale, presiunea consumatorilor, a comercianților cu amănuntul, precum și controlul costurilor.

Sistemele de ambalare trebuie să urmărească această tendință.

Principalele criterii luate în considerare la optimizarea sistemelor integrate proprii fabricației alimentare se referă la consumuri reduse de energie, materii prime și materiale, minimizarea pierderilor, a costurilor și a cheltuielilor, creșterea calității produselor și a fiabilității instalațiilor, etc.

De regulă, acțiunea acestor criterii poate fi considerată parțial (când se consideră un criteriu doar pentru o anumită parte sau funcție a utilajului), unitar (când se consideră doar un criteriu, în integralitatea sa) și cumulat (când se consideră acțiunea mai multor criterii, considerarea făcându-se echilibrat sau ponderat).

Metodele de optimizare matematică folosite în practica actuală sunt clasificate în trei mari grupe:

1. Metode de optimizare în prezența modelului, care operează optimizări prin găsirea unor soluții matematice pe modelele elaborate pentru sisteme care sunt supuse optimizării;
2. Metode de optimizare în absența modelului, care conduc la soluția optimă prin prelucrări matematice direct pe sistem (metodele de programare liniară, simplex, multicriterială etc.);
3. Metode de optimizare flexibilă, care oferă soluții adaptive, cele mai cunoscute fiind optimizările fuzzy.

În cadrul acestei lucrări se optează pentru metoda 2 care conduce la soluția optimă prin prelucrări matematice direct pe sistem, dar se vor utiliza și metode de tip 3, optimizările fuzzy.

Domeniile care pot fi luate în considerare la aplicarea metodelor de optimizare sunt:

- domeniul tehnic (linii de fabricație, timpi de producție, rebuturi etc.);
- domeniul economic (eficiență, investiții, costuri etc.).

Cea mai bună opțiune de optimizare tehnică în industria agroalimentară o reprezintă tranziția de la linii automate la linii robotizate de ambalare a produselor. Utilizarea acestor linii robotizate scade timpii de producție, cresc precizia manipulării produselor, scade numărul de rebuturi rezultate în urma procesului de manipulare, se reduce gradul de contaminare a produselor cu impurități prezente în cadrul liniei de ambalare, crește gradul de flexibilitate, poate fi acoperită o gamă mult mai largă de mărimi sau familii de produse ce pot fi ambalate pe aceeași linie de producție fără costuri majore, se reduce spațiul de lucru.

În domeniul economic sunt importante de abordat optimizarea investițiilor și optimizarea costurilor.

2.5. Criterii pentru optimizarea sistemelor

Principalele criterii luate în considerare la optimizarea sistemelor integrate proprii fabricației alimentare sunt:

- capacitate maximă de lucru;
- consum de energie minim;
- putere minimă a surselor energetice;
- reducerea masei utilajelor;
- scăderea necesarului de forță de muncă;
- minimizarea consumurilor de materii prime și materiale auxiliare;
- minimizarea pierderilor de orice tip;
- indicatori superiori de calitate;
- fiabilitate maximă a instalațiilor, utilajelor, echipamentelor etc.;
- maximizarea duratei de folosință;
- maximizarea condițiilor de confort;
- minimizarea cheltuielilor (fixe și variabile).

Având în vedere aceste criterii generale, la compania Coca Cola SA – Timișoara s-a solicitat top managementului să nominalizeze principalele direcții de creștere a eficienței unității.

După obținerea răspunsurilor, acestea au fost prelucrate și s-au sintetizat următoarele direcții principale:

- reducerea consumurilor energetice;
- micșorarea cheltuielilor fixe și variabile;
- optimizarea investițiilor;
- optimizarea costurilor calității;
- optimizarea procesului de fabricație actual;
- modernizarea procesului de fabricație prin introducerea pe flux de celule robotizate pentru manipularea obiectelor de formă cilindrică sau paralelipipedică;
- modernizarea procesului de fabricație prin introducerea de celule robotizate cu dispozitiv de prehensiune flexibil pentru manipularea obiectelor de orice formă.

Variantele tehnice referitoare la modernizarea procesului de fabricație au fost definite avându-se în vedere specificul producției unității, adică manipularea pet-urilor de formă cilindrică și a ambalajelor de formă paralelipipedică, precum și luarea în calcul a variantei de diversificare în viitor a producției.

2.6. Metode pentru selecția și ierarhizarea criteriilor

Sunt prezentate următoarele metode de selecție:

2.6.1. Metoda ponderării

Fie:

A_i criterii, unde $i = 1, n$

S_j specialiști, unde $j = 1, m$

Ponderea criteriilor în acest prim caz presupune stabilirea ponderilor v_i prin consultarea părerilor specialiștilor (tabelul 2.6.1.1), astfel încât suma notelor acordate fiecărui criteriu de fiecare specialist să fie o constantă N .

$$v_i = \frac{\sum_{j=1}^m a_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}}$$

Ex: $A_i = 3$ criterii
 $S_j = 4$ specialiști

Tabelul 2.6.1.1: Metoda ponderării pentru stabilirea ponderilor v_i

Specialiști / Criterii	S_1	S_2	S_3	S_4	Σj	v_i
A_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	Σa_{1j}	$\Sigma a_{1j}/4N$
A_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}	Σa_{2j}	$\Sigma a_{2j}/4N$
A_3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}	Σa_{3j}	$\Sigma a_{3j}/4N$
Total	N	N	N	N	4N	1

Numeric, această metodă poate fi exemplificată ca în modelul de mai jos:

Tabelul 2.6.1.2: Valorile numerice pentru stabilirea ponderilor v_i (metoda ponderării)

Specialiști / Criterii	S_1	S_2	S_3	S_4	Σj	v_i
A_1	7	4	2	3	16	16/40
A_2	2	3	5	3	13	13/40
A_3	1	3	3	4	11	11/40
Total	10	10	10	10	40	1

2.6.2. Metoda ponderării pe interval

În cazul acestei metode fiecare specialist poate acorda orice punctaj dorește cu condiția să aparțină unui interval dat (de regulă $1 \div 10$).

Ex: A_i = criterii; ($i=1,n$)

S_j = specialiști; ($j=1,m$)

Se alege $n=3$ și $m=4$.

Tabelul 2.6.2.1: Metoda ponderării pe interval

Specialiști/ Criterii	S_1	S_2	S_3	S_4
A_1	n_{11}	n_{12}	n_{13}	n_{14}
A_2	n_{21}	n_{22}	n_{23}	n_{24}
A_3	n_{31}	n_{32}	n_{33}	n_{34}
Total	$\sum n_{i1}$	$\sum n_{i2}$	$\sum n_{i3}$	$\sum n_{i4}$

Tabelul 2.6.2.2: Metoda ponderării pe interval pentru stabilirea ponderilor v_i

Specialiști/ Criterii	S_1	S_2	S_3	S_4	$\frac{\sum a_{ij}}{\text{pe linii}}$	v_i
A_1	$n_{11}/\sum n_{i1}$	$n_{12}/\sum n_{i2}$	$n_{13}/\sum n_{i3}$	$n_{14}/\sum n_{i4}$	$\sum a_{1i}$	$\sum a_{1i}/m$
A_2	$n_{21}/\sum n_{i1}$	$n_{22}/\sum n_{i2}$	$n_{23}/\sum n_{i3}$	$n_{24}/\sum n_{i4}$	$\sum a_{2i}$	$\sum a_{2i}/m$
A_3	$n_{31}/\sum n_{i1}$	$n_{32}/\sum n_{i2}$	$n_{33}/\sum n_{i3}$	$n_{34}/\sum n_{i4}$	$\sum a_{3i}$	$\sum a_{3i}/m$
Total	1	1	1	1	m	1

Elementele a_{ij} sunt de forma:

$$a_{ij} = \frac{n_{ij}}{\sum_{i=1}^n n_{ij}}$$

iar ponderile se obțin ca:

$$v_i = \frac{\sum_{j=1}^m a_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}}$$

Numeric, această metodă este exemplificată în modelul de mai jos:

Tabelul 2.6.2.3: Metoda ponderării pe interval, exemplu numeric

Specialiști/ Criterii	S_1	S_2	S_3	S_4
A_1	7	8	5	6
A_2	7	6	7	4
A_3	7	6	2	3
Total	21	20	14	13

Tabelul 2.6.2.4: Valorile numerice pentru stabilirea ponderilor v_i (metoda ponderării pe interval)

Specialiști/ Criterii	S_1	S_2	S_3	S_4	Σj	v_i
A_1	7/21	8/20	5/14	6/13	SA_1	$SA_1/4$
A_2	7/21	6/20	7/14	4/13	SA_2	$SA_2/4$
A_3	7/21	6/20	2/14	3/13	SA_3	$SA_3/4$
Total	1	1	1	1	4	1

2.7. Selecția principalelor direcții de optimizare la compania Coca Cola prin metoda ponderării pe interval

Direcțiile principale de optimizare selectate de compania Coca Cola și prezentate în finalul capitolului 2.5 au fost numerotate astfel:

- Q1:- reducerea consumurilor energetice
- Q2:- micșorarea cheltuielilor fixe si variabile
- Q3:- modernizarea procesului de fabricație prin introducerea pe flux de celule robotizate pentru manipularea obiectelor de formă cilindrică sau paralelipipedică
- Q4:- modernizarea procesului de fabricație prin introducerea de celule robotizate cu dispozitiv de prehensiune flexibil pentru manipularea obiectelor de orice formă
- Q5:- optimizarea investițiilor
- Q6:- optimizarea costurilor calității
- Q7:- optimizarea procesului de fabricație actual

Pentru selecția direcțiilor principale s-a folosit metoda ponderării pe interval.

Conducerea unității a fost rugată să nominalizeze un număr de specialiști pentru selecția principalelor direcții de optimizare.

Acestor specialiști le-a fost înmănat un chestionar care descria aceste direcții și au fost rugați să acorde un punctaj între 1 și 10, funcție de importanța acordată fiecărei direcții.

Deoarece s-a dorit un sondaj complet obiectiv, nu s-a solicitat semnarea chestionarelor, iar după completare chestionarele au fost depuse într-o urnă.

Rezultatul acestei anchete este sintetizat în următorul tabel:

Tabelul 2.7.1: Rezultatele chestionarului privind direcția de optimizare

Specialiști / Criterii	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
Q_1	7	5	6	4	5
Q_2	6	7	5	6	6
Q_3	10	5	10	9	10
Q_4	9	9	9	10	10
Q_5	9	9	8	9	9
Q_6	9	10	8	7	10
Q_7	10	7	9	8	9
Total	60	52	55	53	59

Ponderile v_i pentru principalele criterii de optimizare la nivelul companiei se obțin din tabelul următor:

Tabelul 2.7.2: Obținerea ponderilor v_i prin metoda ponderării pe interval

Specialiști / Criterii	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	$\sum a_{ij}$ pe linii	v_i	$v_i * 100$
Q_1	7/60	5/52	8/55	7/53	5/59	0,58	0,10	10
Q_2	7/60	9/52	8/55	7/53	6/59	0,67	0,11	11
Q_3	10/60	5/52	10/55	9/53	10/59	0,78	0,16	16
Q_4	9/60	9/52	9/55	10/53	10/59	0,84	0,17	17
Q_5	9/60	9/52	8/55	9/53	9/59	0,79	0,16	16
Q_6	9/60	10/52	8/55	7/53	10/59	0,79	0,16	16
Q_7	10/60	7/52	9/55	8/53	9/59	0,77	0,15	15
Total	1	1	1	1	1	5	1	

Se observă că se califică următoarele direcții de optimizare, funcție de mărimea ponderilor, în ordinea de mai jos:

- 1: Q_4 = modernizarea procesului de fabricație prin introducerea de celule robotizate cu dispozitiv de prehensiune flexibil pentru manipularea produselor de orice formă.
- 2: Q_3 = modernizarea procesului de fabricație prin introducerea pe flux de celule robotizate pentru manipularea produselor de formă cilindrică sau paralelipipedică;
 Q_5 = optimizarea investițiilor;
 Q_6 = optimizarea costurilor calității.
- 3: Q_7 = optimizarea procesului de fabricație actual.

În cursul acestei lucrări vor fi tratate aceste direcții de optimizare și li se va da importanță funcție de poziția ocupată în clasamentul de mai sus.

Generalizând, cea mai bună opțiune de optimizare în industria agroalimentară o reprezintă tranziția de la linii automate de ambalare la linii robotizate de ambalare a produselor. Utilizarea acestor linii robotizate scade timpii de producție, cresc precizia manipulării produselor, scade numărul de rebuturi rezultate în urma procesului de manipulare, se reduce gradul de contaminare a produselor cu impurități prezente în cadrul liniei de ambalare, crește gradul de flexibilitate, poate fi acoperită o gamă mult mai largă de mărimi sau familii de produse ce pot fi ambalate pe aceeași linie de producție fără costuri majore, se reduce spațiul de lucru.

Capitolul 3. Studiul principalelor metode de optimizare a eficienței întreprinderilor

Problemele de eficiență a întreprinderilor, în dimensiuni economice și tehnice în același timp, impun optimizarea investițiilor și optimizarea costurilor calității.

3.1. Metode de stabilire al optimului investițiilor

Analiza și decizia privind investițiile implică multe operații și informații, solicitând o abordare sistemică, integrată și interdisciplinară.

Stabilirea optimului investițiilor este un proces foarte dificil, determinat concomitent de mai multe variabile: tipul energiei, amplasamentul sursei, disponibilitate, prețul la data investiției și trendul strategic, legile locale, mediul înconjurător și alte condiții, decizii politice locale și generale etc. (Tucu D. et al. 2008).

Optimizarea începe cu procedura de stabilire a criteriilor care trebuie organizate conform principiilor ingineriei integrate. Criteriile generale sunt:

- maximizarea producției;
- maximizarea afacerii;
- echilibrul economic;
- diminuarea riscului întreprinderii;
- maximizarea satisfacției clientului;
- maximizarea satisfacției angajaților;
- maximizarea calității;
- minimizarea consumului de energie;
- minimizarea efectelor asupra mediului înconjurător, conform celui de-al treilea amendament de la Kiev (2002);
- dezvoltarea sustenabilă etc.

Conform criteriilor generale, fiecare produs trebuie să îndeplinească anumite condiții specifice, cum ar fi: performanța tehnică, raportul cost/ciclu de viață, cerințe fizice (volum, greutate, putere etc.), condiții înconjurătoare (șocuri, vibrații, radiații, presiune, umiditate, temperatură, zgomot etc.), siguranță, service, mentenanță, testare, asistență tehnică, documentație, dezvoltarea sistemului etc.

Obținerea unor produse se face conform următoarelor etape:

- studiul de piață;
- programul fabricației;
- specificații;
- termene limită de fabricație;
- promovare și publicitate;
- opinia clienților.

Cea mai bună apreciere a valorii unei întreprinderi este reprezentată de cash-flow [Tucu, 2006].

Modelul matematic clasic general este:

$$CF_{(VA)} = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

unde:

$CF_{(VA)}$ – fluxul monetar la valoare actualizată;

CF_t – flux monetar în anul t ($t = 1, n$);

r – rata actualizării (costul capital mediu).

În decizia investiției în activitatea fabricației cel mai important punct îl reprezintă obținerea profitului, conform condițiilor diferite și dificile, care sunt luate în considerare, în același timp, pe mai multe planuri: tehnic, economic, politic, social și strategic. Toate acestea în condiții inexacte sunt determinate de perioada de tranziție.

O analiză comparativă este prezentată, aceasta fiind obținută prin două metode: metoda clasică și metoda fuzzy logic.

În analiza clasică, metoda presupune elaborarea a trei scenarii, gruparea mai multor indicatori în următoarele categorii: indicatori pentru condiție, indicatori pentru efect și indicatori pentru efect de bază.

Pentru a face o estimare corectă a perioadei de prognoză, bazată pe cele trei scenarii (o-optimist, b-baza, p-pesimist) este necesară calcularea următoarelor valori:

- media pe fiecare an:

$$\overline{CF_t} = \frac{CF_{pt} + CF_{bt} + CF_{ot}}{3}$$

- media anuală:

$$\overline{CFS} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n CF_t$$

Valoarea actualizată va fi calculată cu relația:

$$CF_{(VA)} = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

Aplicând aceste formule se obține fluxul de monetar estimat [Chiu-Yu, 1994].

În cazul metodei cu fuzzy logic, rata actualizării va fi considerată media ponderată a costului de capital.

Intervalul încrederii pentru rata actualizării va fi definită de [Kim K., 1990]:

- limita inferioară: $i_t(\alpha) = o_t + (b_t - o_t) \alpha$

- limita superioară: $s_t(\alpha) = p_t + (p_t - b_t) \alpha$,

unde:

b_t – reprezintă valoarea ratei actualizate în versiunea de bază;

o_t – reprezintă valoarea ratei actualizate în versiunea optimistă;

p_t – reprezintă valoarea ratei actualizate în versiunea pesimistă.

Rezultă ratele pentru actualizare și intervalul de încredere pentru rata de actualizare.

Luând în considerare aceste rezultate, următoarea etapă este reprezentată de stabilirea coeficienților intervalului de încredere pentru coeficienții actualizării.

Folosind aceste valori pentru intervalul de încredere și rata de actualizare, se pot calcula intervalele de încredere pentru cash-flow [Karson E., 1998]:

- limita inferioară:

$$CF_{Inf} = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{\prod_{t=1}^n [1 + s_t(\alpha)]^t}$$

- limita superioară:

$$CF_{Sup} = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{\prod_{t=1}^n [1 + i_t(\alpha)]^t}$$

Rezultă valorile prin fuzzy logic a cash-flow-ului actualizat.

Pentru a realiza o comparație între metoda clasică și metoda prin fuzzy logic este necesară calcularea prin metoda clasică a cash-flow-ului actualizat.

Variantele cash-flow-ului acceptat sunt acelea care reprezintă zonele de intersecție dintre cele două categorii de estimare (clasic și fuzzy).

În cazul deciziei de a realiza o investiție se pot aplica ambele metode. Se obține profitul probabil pentru situația analizată, în interpretarea fuzzy.

Toate datele obținute vor fi transformate în valori economice concrete.

Aspectele economice trebuie să fie integrate cu aspectele de fabricație, fuzzy logic oferind metode foarte utile pentru a gestiona un volum foarte mare de informații împreună cu precizia procesării acestora.

Această metodă ajută de asemenea la obținerea unei estimări corecte privind posibilitățile și tendințele evoluției investițiilor.

Utilizarea metodelor cu fuzzy logic în analiza echilibrului financiar nu dă tot timpul rezultate complete, fiind dependente de condițiile specifice fiecărei situații. Se recomandă utilizarea concomitentă a metodelor clasice și fuzzy logic, observând intersecția mulțimilor de rezultate.

3.2. Optimizarea costurilor calității

Așa cum se cunoaște, principala menire a întreprinderii este obținerea de profit, toate afacerile având, înainte de toate, un scop patrimonial, oneros.

Ca sumă algebrică între venituri și cheltuieli, profitul înglobează în mai multe dimensiuni calitatea.

Calitatea unui produs permite mărirea prețului de vânzare, aceasta deschide noi segmente de piață, constituie poate cel mai important avantaj concurențial, fiind emblema oricărei mărci, reprezentând valoare etc.

Dar calitatea înseamnă, în același timp costuri, orice plus de calitate aducând un supliment de cost.

O analiză a stării actuale în fabricația produselor agroalimentare arată că în multe privințe, organizațiile mai au încă până să înțeleagă și să accepte că există beneficii ample, aduse de marea varietate a unor activități care încorporează în denumire termenul de calitate: controlul calității, ingineria calității, echipe de îmbunătățire a calității etc.

Rezultatul este o rămânere în urmă față de concurenții pregătiți (de regulă economia Japoneză).

Același lucru este valabil și în cazul managementului calității totale (MCT), concept care capătă o extensie și o importanță globală.

Au devenit notorii, pentru specialiștii în domeniul calității, termeni de specialitate ca: sisteme de management al calității, ISO 9000/9001 etc., procese de management, categorii de defecte, părți per milion, niveluri acceptabile de calitate, audituri, calibrări, teste, inspecții, orientare către client etc., abordate ca aspecte tactice și strategice importante pentru acești specialiști.

Sunt menționate importanța și prioritatea problemelor de mediu, sănătatea și securitatea în muncă, economia de energie, utilizarea resurselor regenerabile și/sau recuperabile, implicarea tuturor angajaților în procesul de muncă și administrare, importanța comunicării și perfecționării etc.

Principala preocupare a oricărui administrator este supraviețuirea, deci acoperirea financiară.

Conducerea generală nu înțelege decât un limbaj exprimat în rapoarte financiare, altfel spus, nu înțeleg decât limbajul banilor.

Singura soluție de convingere, pentru un specialist în calitate către administrația organizației rămân banii.

Explicația trebuie așezată pe un principiu simplu: „Calitate proastă înseamnă bani pierduți, dar calitate bună înseamnă bani câștigați”.

Investiția în creșterea calității poate fi la fel sau chiar mai profitabilă decât orice altă investiție din organizație, termenul de recuperare fiind mai rapid, iar levierul îndatorării (dacă este cazul) mai abrupt.

Iată de ce apare necesară pentru specialiști în calitate însușirea unor concepte adecvate și a unui limbaj aferent termenilor financiari, astfel ca semnificația a ceea ce propun și fac aceștia să poată fi remarcată și evaluată de administrația organizației.

Condiția nu este suficientă dar este neapărat necesară pentru a asigura succesul unei propuneri care vizează creșterea calității, investiții în calitate sau promovarea și implementarea unui program de reducere a costurilor calității (PRCC).

Simultan, specialiști în probleme de calitate trebuie să învețe să aplice criteriile financiare la recomandările și deciziile pe care aceștia le elaborează, adăugând o dimensiune economică rolului lor.

Problema optimizării costurilor calității presupune un algoritm mai complicat, ca oricare altă problemă de optimizare, începând cu recunoașterea și clasificarea funcțiilor și tipologiei sistemului și până la aplicarea în practică a rezultatelor calculului matematice (aplicarea soluției teoretice nu conduce la un rezultat identic pentru situația reală).

Problema optimizării poate fi tratată ca o entitate aparte sau integrată într-o abordare sistemică. Abordarea sistemică reflectă mai bine cadrul și condițiile optimizării integrând intrările, ieșirile și feed-back-ul.

În cazul sistemelor mari și complexe, cum este și cazul sistemelor de producție agroalimentară, activitatea de optimizare a costurilor calității vizează proiectarea, conducerea, exploatarea și recuperarea sistemelor.

Metodologia propusă vizează aplicarea metodei Taguchi în optimizarea costurilor din fabricația agroalimentară, prin abordarea sistemică integrată. Costul și calitatea echipamentelor, produselor și proceselor din fabricația agroalimentară pot fi îmbunătățite fără costuri suplimentare, deși se cunoaște ipoteza că, în general, calitatea este obținută cu costuri mai mari. Se poate obține oare o calitate superioară sau reducerea costului pentru aceeași calitate fără cheltuieli suplimentare? Proiectarea orientată a experimentului poate da rețeta unui astfel de concept.

Problemele pot fi rezolvate economic prin simpla ajustare a variabilelor implicate, știut fiind că nu au cauze speciale cele mai multe dintre problemele invocate.

Problemele care depind de modificarea variabilelor de calitate pot fi rezolvate prin găsirea unei combinații convenabile (optime) a factorilor care influențează calitatea. Când performanța este consecventă și centrată pe obiect, problemele create ulterior pot fi eliminate.

Taguchi a oferit o definiție generală a calității în raport cu consistența performanței explicitând pașii necesari aplicării metodei de optimizare a costurilor, începând cu modificarea constantă a țintei.

A fi consistent înseamnă a fi la obiect în cea mai mare parte a timpului, iar consistența este obținută când variația performanței în jurul țintei este redusă.

Reducerea variației în jurul țintei este o măsură a consistenței performanței.

Figura 3.2.1 prezintă o posibilă ierarhizare a factorilor de influență în optimizarea costurilor calității, în dimensiunea pondere-influență, prin integrarea factorilor și a metodelor de considerare a acestora într-un proces piramidal, care așează în vârf caracteristicile dinamice, a căror evoluție se modifică permanent, de multe ori spontan (cu sau fără anticipare).

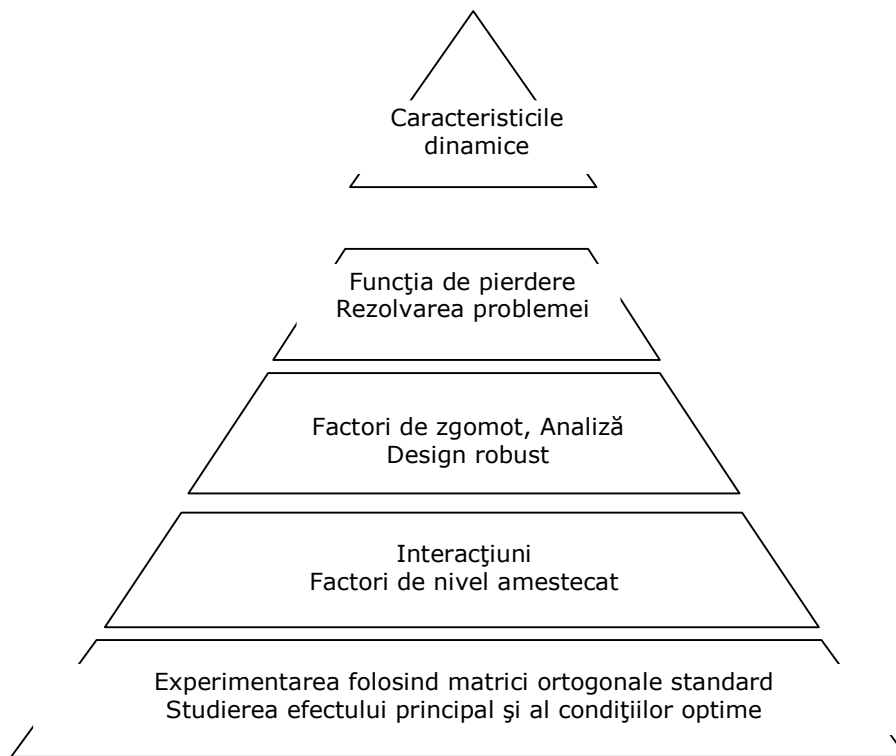


Figura 3.2.1: Ierarhizarea și integrarea factorilor de influență [Tucu D., 2009a]

Sub aspect procedural, conceperea experimentelor pe baza cărora se va face proiectarea presupune parcurgerea în ordine a următoarelor etape:

- folosirea matricelor ortogonale standard pentru concepții simple;
- manevrarea interacțiunilor identificate în sensul dorit;
- manevrarea nivelurilor amestecate (interdependente);
- considerarea factorilor de zgomot/matrici externe (proiectarea robustă);
- analiza efectelor principale și determinarea condițiilor optime;
- identificarea și studierea efectului principal;
- analiza interacțiunilor principale, posibil de influențat;
- analiza schimbărilor (ANOVA);
- transmiterea unui semnal pentru analiza raportului semnal/zgomot (Signal/Noise);
- identificarea și analiza caracteristicilor dinamice.

Aprecierea (cuantificarea) costului calității, depășește costurile implicate de rebuturile care apar în procesul de fabricație, deoarece lipsa de calitate are și alte consecințe importante asupra întregului sistem social.

Pentru cuantificarea valorii pierderii se introduce „funcția pierderii” L , exprimată printr-o formulă bazată pe deviația standard a valorii finale a parametrului y de la performanța propusă y_0 , corelat cu un coeficient specific fiecărui factor de influență K :

$$L = K (y - y_0)^2$$

Se pot obține astfel rezultate deosebite, substanțiale, prin simpla reorganizare a priorităților și modificarea factorilor pe baza influențelor acestora asupra calității și costurilor calității, conducând la reducerea costurilor calității.

Principala problemă este legată de rezistența generată de mentalitatea managementului.

Capitolul 4. Cercetări experimentale asupra sistemelor de ambalare

În practica proceselor agroalimentare există pierderi de capital chiar și când produsele respectă cerințele specificate. Simpla producere de produse standard simple nu ocolește nici problemele privind garanția și nici cele privind rebuturile.

Scopul optimizării costurilor în sistemele de fabricație agroalimentară ar trebui să fie, pe cât posibil, cât mai aproape de ținta stabilită. Pierderile asociate cu performanța în limitele specificate pot fi estimate obiectiv în termeni cantitativi folosind funcția de pierdere.

Optimizarea proceselor de fabricație se face prin modelare și efectuarea de analize și/sau experimente pe model pentru găsirea unor soluții optime. Crearea modelului și planificarea experimentelor/studiilor este primul pas necesar, care presupune implicarea mai multor persoane/echipe și utilizarea unor decizii consensuale. Pentru modelele analogice sau funcționale se adaugă și alte condiții: conceperea celor mai mici experimente cu factori cheie, rularea experimentelor în ordine aleatoare, predicția și verificarea rezultatelor așteptate înainte implementării, etc.

4.1. Modelarea

Modelarea este o tehnică de cercetare a fenomenelor și proceselor, bazată pe folosirea modelelor.

Eficiența modelării este dată de existența și/sau asigurarea unei strânse legături cu sistemul care se studiază.

Modelarea include următoarele faze:

1. *Cunoașterea în amănunt a procesului de studiat* cu toate condițiile și restricțiile impuse;
2. *Construirea propriu-zisă a modelului;*
3. *Experimentarea sau studiul propriu-zis pe model*, (analiza proceselor funcționale, prognoza parametrilor sistemului, stabilirea valorilor optime ale acestora).

Obiectivul principal al modelării îl constituie stabilirea unor soluții optime sau aproape de cele optime prin:

- aplicarea unor procedee de optimizare, în sensul strict al cuvântului (soluția cea mai avantajoasă sub aspectul unuia sau mai multor criterii, în condiții date);
- folosirea metodelor euristice, care permit obținerea unor soluții satisfăcătoare, bune sau foarte bune, fără a exista certitudinea optimului sau posibilitatea estimării abaterii față de optim;
- folosirea unor metode aproximative prin care există posibilitatea obținerii prin iterații succesive a unei soluții apropiate de optim.

Funcție de metoda de investigare folosită, modelarea poate fi:

- *modelare analogică*, bazată pe similitudini între sistemul cercetat și altele cunoscute, în ce privește proprietățile, particularitățile, raporturile între componentele sau parametri acestora etc.;
- *modelare matematică*, metodă de investigație prin care dependențele dintre diferitele laturi ale fenomenului sau procesului studiat sunt prezentate sub forma unei (unor) relații matematice.

Scopul, rezultatul, obiectivul modelării este *modelul*, un sistem creat artificial de om, care seamănă, într-o anumită măsură, cu altul, acesta din urmă fiind obiect de cercetare sau de interes practic.

Modelul constituie o reprezentare a aspectelor esențiale ale sistemului, în informații utilizabile, de exemplu pentru studiu, proiectare, optimizare etc.

Modelele se clasifică în:

- *Modele funcționale*, modele care reflectă comportarea parțială sau în totalitate a sistemului studiat; grupele clasice de exemple sunt: standurile experimentale, modelele experimentale (reprezintă realizarea sistemului tehnic în mai multe variante și alegerea, în urma încercărilor a variantei optime), prototipurile;
- *Modele analogice*, sisteme create în scopul cunoașterii, care au procesul de lucru, sub anumite aspecte, asemănător sau chiar identic, cu procesul de lucru al sistemului tehnologic de prelucrare neconvențională studiat;
- *Modele matematice*, scheme abstracte și simplificate, alcătuite cu ajutorul simbolurilor și semnelor matematice, care exprimă procesul de lucru al unui utilaj sau sistem [Tucu D., 2009].

În continuare se va studia o linie industrială de ambalare ca și linie experimentală pentru a cărei optimizare se va folosi modelarea matematică.

Modelul matematic rezultat va fi folosit pentru studierea posibilității de optimizare a acestei linii.

4.1.1. Linia experimentală

Ca și linie experimentală se folosește linia industrială de ambalare a produselor alimentare de la compania Coca Cola, compusă din benzi transportoare principale, benzi transportoare de separație, automate de pivotare a produselor, brațe pneumatice de manipulare, lift electric, efector final vacuumatic, înfoliator, dispozitiv de etichetare, panouri de comandă, dulapuri electrice și bariere de protecție pentru operatorii umani.

Linia de ambalare este prezentată în figura 4.1.1.1.

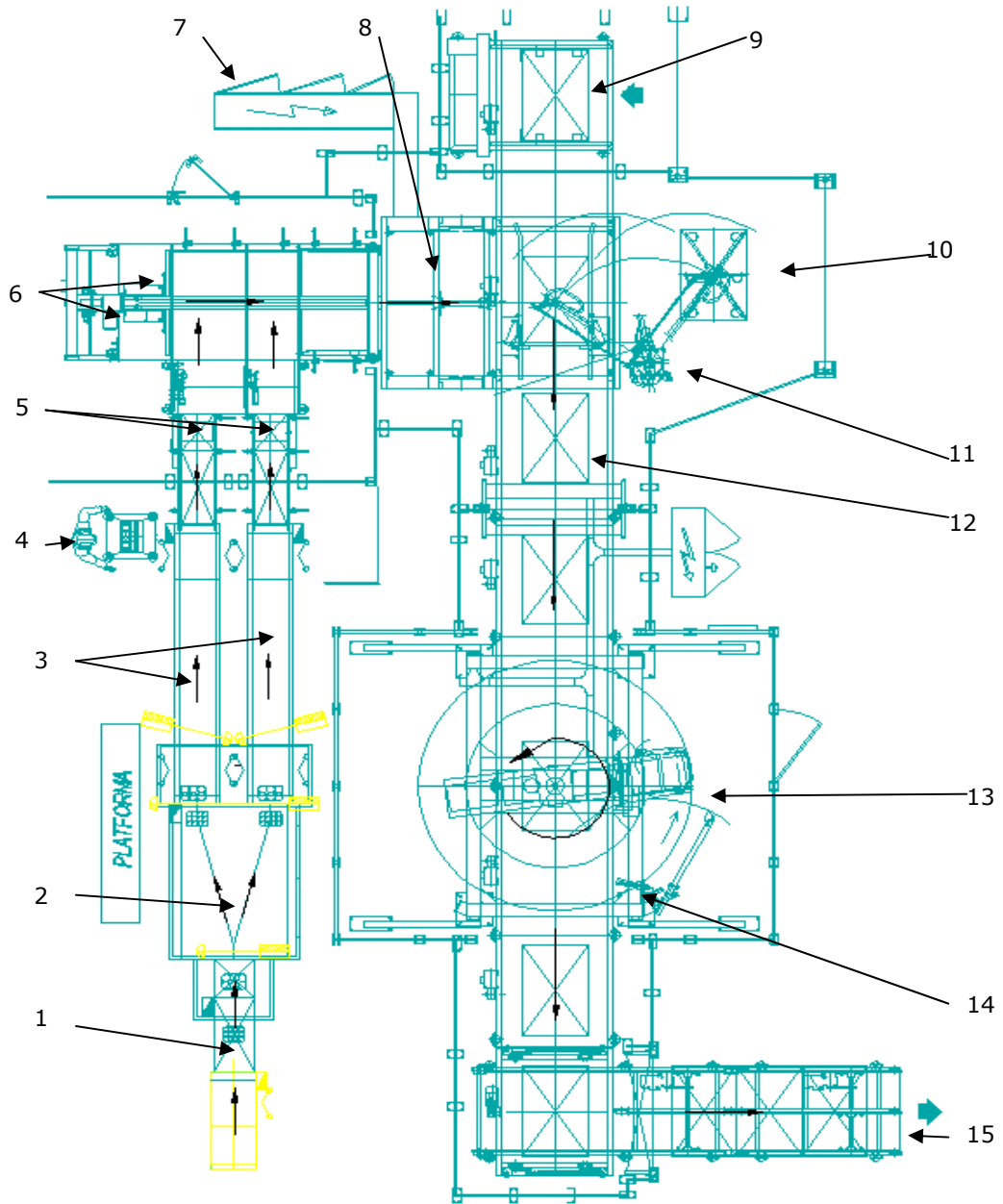


Figura 4.1.1.1. Linie de ambalare

4.1.2. Schema bloc

Produsele sunt transportate de către conveiorul 1 spre zona de separare, zonă în care banda transportoare 2 împarte produsele preambalate pe două rânduri pentru a forma liniile separate 3.

Urmează o reglare a cantității produselor, realizată cu ajutorul unor automate pneumatice pivotante 5 care blochează circulația produselor când într-una din linii se realizează numărul prestabilit de produse. Apoi cele două rânduri de produse sunt împinse de două brațe pneumatice 6 spre liftul electric 8, care, după ce numărul de rânduri prestabilite a fost creat, ridică produsele și le amplasează pe un europalet alimentat în zona de lucru de un alt braț pneumatic 9, urmând ca pe acest nivel să fie amplasat următorul, dar nu înainte ca nivelul să fie acoperit cu un separator de carton. Aceste cartoane 10 sunt amplasate peste fiecare nivel de produse ambalate prin intermediul unui braț robotizat 11. Procedura este repetată până la atingerea numărului de nivele stabilit de operatorul uman prin intermediul panoului de comandă 4.

Paletul complet 12 este mai apoi transportat la înfoliatorul 13 și la etichetorul 14, urmând să staționeze la capătul liniei de ambalare 15 până ce un operator uman îl transportă și îl depozitează, cu ajutorul unui motostivuator, în zona destinată produselor finite pregătite pentru livrare la clienți.

Schema bloc a acestei linii este prezentată în figura 4.1.2.1.

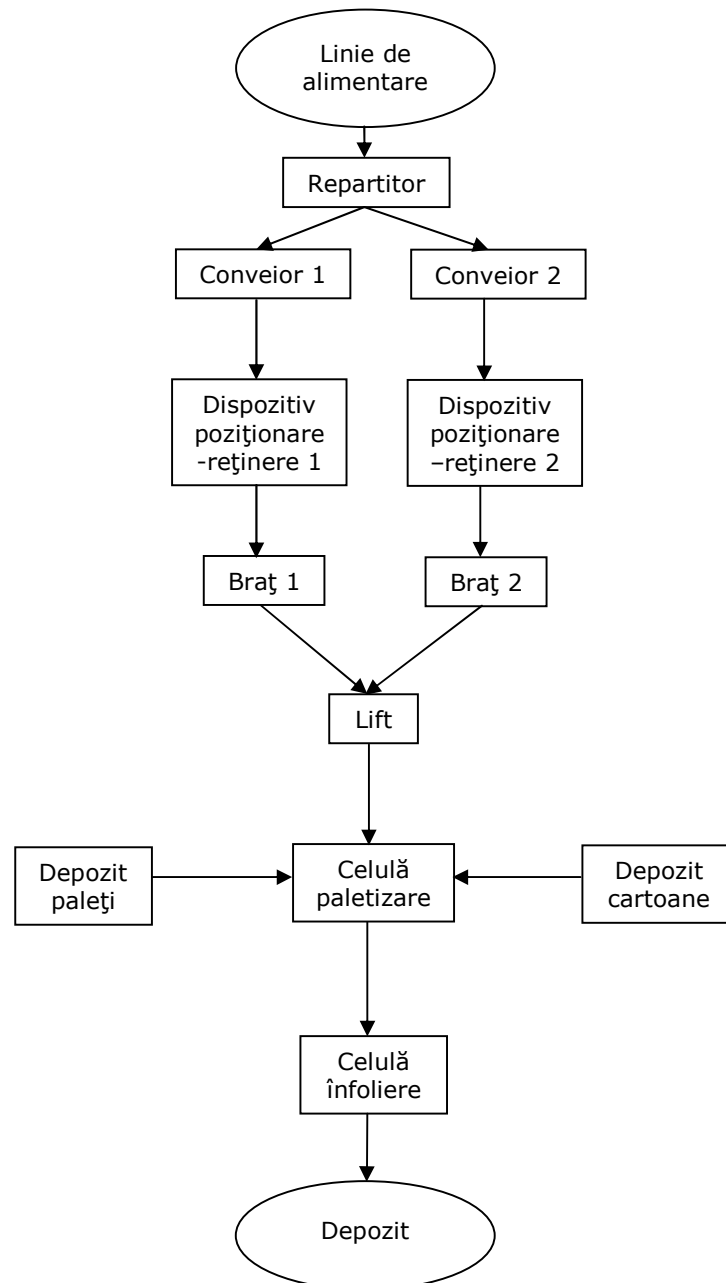


Figura 4.1.2.1: Schema bloc a liniei de ambalare

4.1.3. Regimuri de lucru

Timpii cronometrați pentru construirea fiecărui palet complet (constituit din 4 nivele de produse) sunt prezentați în tabelele 4.1.3.1, 4.1.3.2 și 4.1.3.3, fiecare tabel reprezentând timpii de producție în diferite condiții și regimuri de lucru, dar și în diferite schimburi. Se pot observa fluctuații majore pe linia de producție, alimentarea cu produse oscilând în funcție de promptitudinea operatorului uman la rezolvarea diferitelor probleme care pot interveni pe parcursul operațiunilor.

Pentru regimurile studiate se vor extrage valorile minime și maxime și se vor calcula valorile medii μ și abaterea medie pătratică σ cu relațiile de mai jos:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}, \text{ unde } \mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i.$$

4.1.3.1. Regim de lucru mediu

Cronometrarea timpilor pentru completarea nivelelor de produse din cadrul unui palet s-a făcut în timpul săptămânii, în cadrul schimbului doi de lucru. Startul cronometrării a fost dat la intrarea primului produs în zona dispozitivului de poziționare și reținere, iar oprirea cronometrului s-a efectuat în momentul finalizării completării unui nivel. Datele observaționale pentru acest regim sunt prezentate în tabelul de mai jos:

Tabelul 4.1.3.1.1: Timpi de ambalare/nivel/palet, regim mediu

Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp
1	20,79	1	27,42	1	24,28	1	24,80
2	22,82	2	26,85	2	27,11	2	36,98
3	28,64	3	22,90	3	24,11	3	24,16
4	26,67	4	24,04	4	29,25	4	25,04
Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp
1	27,82	1	25,08	1	24,64	1	25,84
2	27,60	2	25,96	2	24,56	2	24,39
3	27,85	3	36,06	3	35,23	3	21,82
4	24,63	4	25,63	4	30,41	4	30,61
Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp
1	26,74	1	27,06	1	23,04	1	20,22
2	27,01	2	26,20	2	27,04	2	27,89
3	23,96	3	24,24	3	28,23	3	28,26
4	29,59	4	31,08	4	29,08	4	27,40
Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp
1	24,78	1	35,16	1	26,30	1	24,09
2	25,73	2	42,45	2	27,89	2	27,13
3	36,14	3	29,70	3	26,32	3	30,20
4	26,15	4	23,24	4	27,95	4	26,27

In figura 4.1.3.1 pot fi observați timpii de ambalare/nivel/palet pentru regimul mediu sub formă grafică.

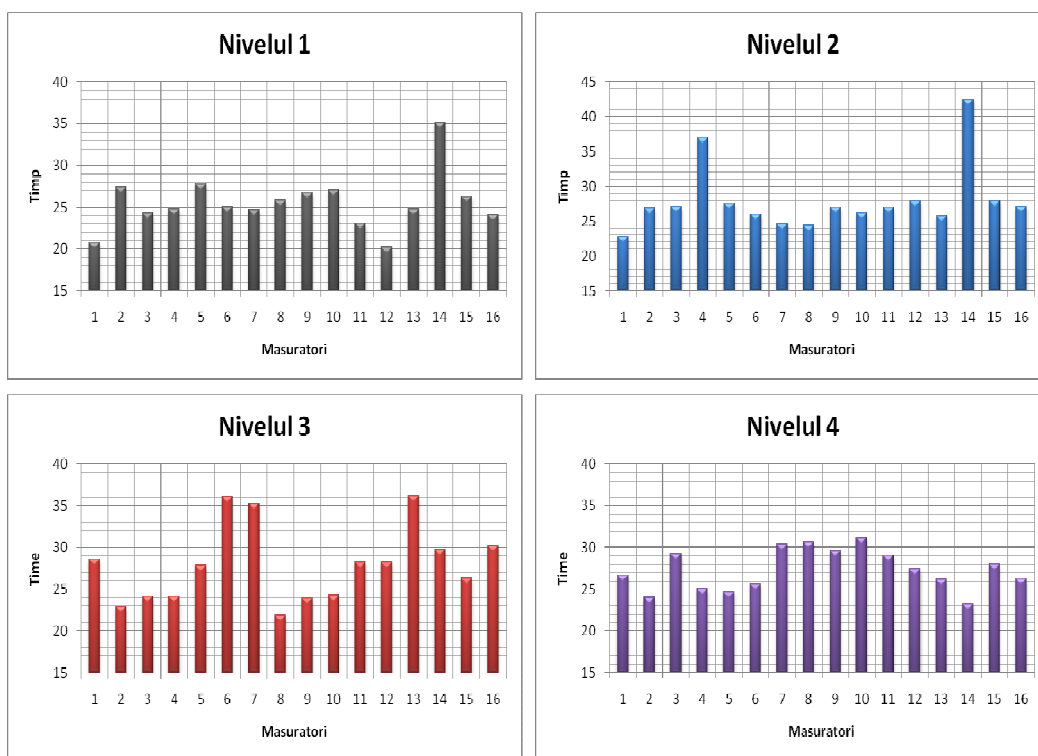


Figura 4.1.3.1: Grafice cu timpii de ambalare/nivel/palet pentru regimul mediu

Sintetizând datele pentru regimul mediu obținem:

Tabelul 4.1.3.1.2: Date caracteristice regimului de lucru de intensitate medie

Timp / Nivel	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Ansamblu
Media	25.50	27.98	27.99	27.32	27.20
Val. minimă	20.22	22.82	21.82	23.24	20.22
Val. maximă	35.16	42.45	36.14	31.08	42.45
Abaterea medie	3.25	4.73	4.47	2.40	3.83

La acest regim, care este un regim de funcționare normal, valorile medii, minime, maxime precum și abaterea medie sunt relativ constante. Timpul mediu de completare al unui nivel este ușor mai crescut la nivelele superioare din cauza cursei liftului, care este mai lungă. Abaterea medie depinde efectiv de cadența de alimentare cu produse a liniei, care, la rândul ei, depinde de factorul uman.

4.1.3.2. Regim de lucru cu intensitate scăzută

Cronometrarea timpilor pentru completarea nivelelor de produse din cadrul unui palet s-a făcut în timpul săptămânii, în cadrul schimbului trei de lucru. Datele observaționale pentru regimul de lucru de intensitate scăzută sunt prezentate în tabelul următor:

Tabelul 4.1.3.2.1: Timpuri de ambalare/nivel/palet, regim scăzut

Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp
1	26,59	1	24,86	1	22,07	1	20,95
2	26,06	2	26,47	2	26,40	2	24,16
3	19,05	3	24,12	3	21,21	3	39,30
4	27,19	4	31,81	4	27,20	4	31,95
Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp
1	25,73	1	25,29	1	47,63	1	30,24
2	23,01	2	26,94	2	22,14	2	23,18
3	23,35	3	35,65	3	46,58	3	32,34
4	30,42	4	31,08	4	27,39	4	33,99
Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp
1	24,67	1	32,96	1	22,15	1	21,66
2	43,50	2	23,98	2	24,94	2	22,75
3	23,65	3	23,19	3	21,10	3	23,10
4	34,32	4	32,48	4	30,07	4	27,45
Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp
1	22,26	1	23,85	1	22,92	1	21,14
2	28,99	2	31,13	2	32,04	2	31,11
3	23,91	3	23,59	3	22,16	3	29,75
4	28,21	4	40,09	4	31,13	4	36,32

In figura 4.1.3.2 pot fi observați timpii de ambalare/nivel/palet pentru regimul scăzut sub formă grafică.

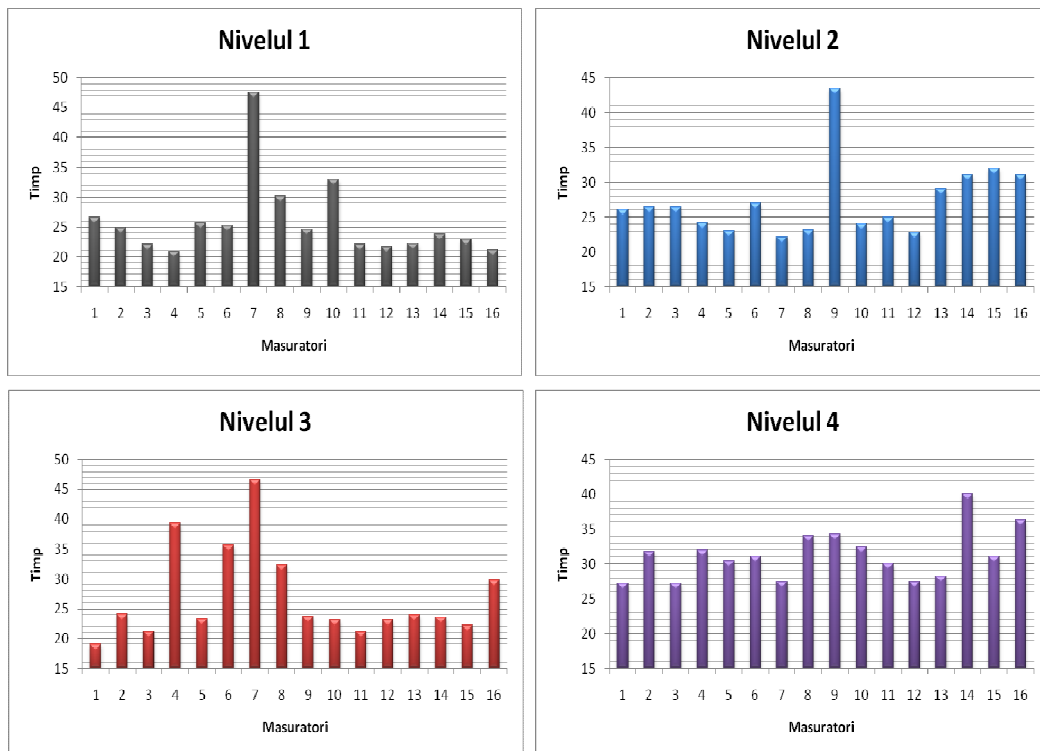


Figura 4.1.3.2: Grafice cu timpii de ambalare/nivel/palet pentru regimul scăzut

Pentru regimul de lucru cu intensitate redusă obținem următoarele date de sinteză:

Tabelul 4.1.3.2.2: Date caracteristice regimului de lucru de intensitate scăzută

Timp / Nivel	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Ansamblu
Media	25.94	27.30	27.00	31.32	27.89
Val. minimă	20.95	22.14	19.05	27.19	19.05
Val. maximă	47.63	43.50	46.58	40.09	47.63
Abaterea medie	6.44	5.18	7.43	3.51	5.83

Se observă valorile mari ale „valorilor maxime” atinse de timpii necesari pentru completarea unui nivel relativ la celelalte regimuri. Acest lucru se datorează cadenței scăzute de alimentare cu produse la acest regim.

4.1.3.3. Regim de lucru intens

Cronometrarea timpilor pentru completarea nivelelor de produse din cadrul unui palet s-a făcut în timpul săptămânii, în cadrul schimbului unu de lucru. Datele observaționale pentru regimul de lucru intens sunt prezentate în tabelul următor:

Tabelul 4.1.3.3.1: Timp de ambalare/nivel/palet, regim intens

Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp
1	24,01	1	22,39	1	26,95	1	26,38
2	22,31	2	24,44	2	23,39	2	28,29
3	26,53	3	25,79	3	25,46	3	38,47
4	27,84	4	27,22	4	27,29	4	34,72
Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp
1	24,08	1	22,89	1	21,24	1	24,17
2	27,62	2	26,41	2	27,13	2	22,63
3	25,49	3	23,23	3	23,69	3	21,00
4	34,68	4	42,02	4	37,30	4	26,01
Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp
1	19,93	1	27,05	1	24,47	1	19,12
2	26,95	2	26,37	2	25,79	2	24,66
3	18,48	3	22,73	3	35,14	3	23,69
4	25,52	4	29,34	4	30,19	4	36,02
Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp	Nivel	Timp
1	24,02	1	25,12	1	24,96	1	20,35
2	27,85	2	23,55	2	25,36	2	25,67
3	28,16	3	33,17	3	21,00	3	21,04
4	27,38	4	26,90	4	23,00	4	29,04

In figura 4.1.3.3 pot fi observați timpii de ambalare/nivel/palet pentru regimul intens sub forma grafică.

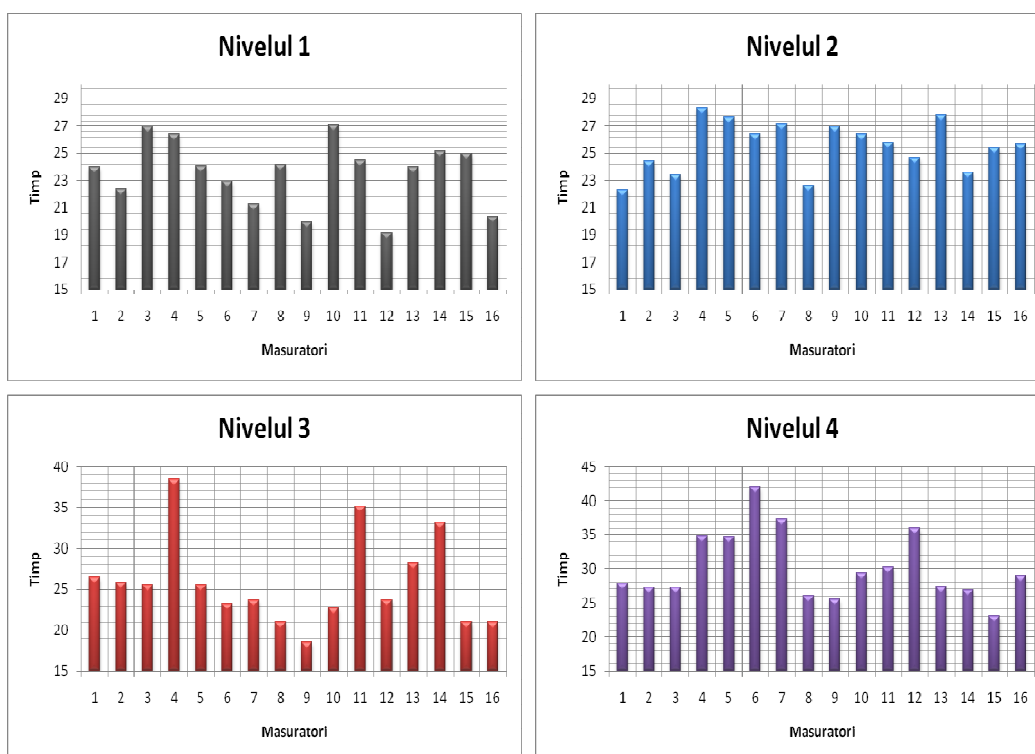


Figura 4.1.3.3: Grafice cu timpii de ambalare/nivel/palet pentru regimul intens

Sinteza datelor observaționale pentru regimul intens este prezentată în tabelul următor:

Tabelul 4.1.3.3.2: Date caracteristice regimului de lucru de intensitate ridicată

Timpi / Nivel	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Ansamblu
Media	25.14	27.23	25.82	30.28	27.12
Val. minimă	19.12	22.63	18.48	23.00	18.48
Val. maximă	27.05	28.29	38.47	42.02	42.02
Abaterea medie	6.55	6.85	5.34	5.10	3.98

Se observă că media timpului de completare nivel precum și valorile maxime atinse pentru fiecare nivel în parte cresc odată cu numărul nivelului. Acest fapt se datorează cauzelor tehnologice, deoarece cursa liftului care completează nivelul se mărește odată cu creșterea nivelului.

Valorile mari ale abaterilor medii sunt cauzate de cadența de alimentare cu produse a liniei, cadență care depinde de operatorii umani și care, se pare, suportă greu acest regim.

4.1.3.4. Concluzii

Calculând timpii medii, abaterile medii și extrăgând valorile minime și maxime pentru fiecare regim, rezultă tabelul:

Tabelul 4.1.3.4: Rezultatele finale pentru regimurile de lucru

Timpi / Regim	Regim intens	Regim mediu	Regim scazut
Minim	18,48	20,22	19,05
Maxim	42,02	42,45	47,63
Medie	27,12	27,2	27,89
Abat. medie	3,98	3,83	5,83

Din analiza acestui tabel se observă abaterile medii mari față de timpul mediu, de aproximativ 20%. De aici se poate trage concluzia că în alimentarea liniei de fabricație intervine factorul uman care introduce aceste mari discrepanțe în abaterile de la timpii standard de funcționare.

4.1.4. Modelul liniei de ambalare

Pentru a construi modelul matematic al liniei de ambalare trebuie cunoscut foarte bine procesul, detaliile constructive și modul de funcționare.

Linia de alimentare în sine, bazată pe legi clare de funcționare, sugerează un model de tip determinist. Partea de alimentare cu produse este însă aleatorie, așa cum s-a văzut la studierea regimurilor de lucru, este dependentă de factorul uman. De aceea

modelul liniei de alimentare devine, ținând cont și de alimentarea cu produse, un model hibrid, determinist-stochastic.

Linia de ambalare prezentată în cap. 4.1.1 și a cărei funcționare, schemă bloc și regimuri de lucru au fost prezentate în subcapitolele anterioare este împărțită în blocuri funcționale. Fiecare bloc funcțional \mathbf{BF}_i cu $i=1..n$ (unde n este numărul total de blocuri funcționale) este caracterizat de un vector de parametrii funcționali $\mathbf{V}_i(\mathbf{e}_j)$ cu $j=1..k$, unde k are o valoare specifică liniei de ambalare analizate.

Ținând cont și de analiza efectuată în capitolul următor, modelul matematic al liniei de ambalare este prezentat în figura 4.1.4.1.

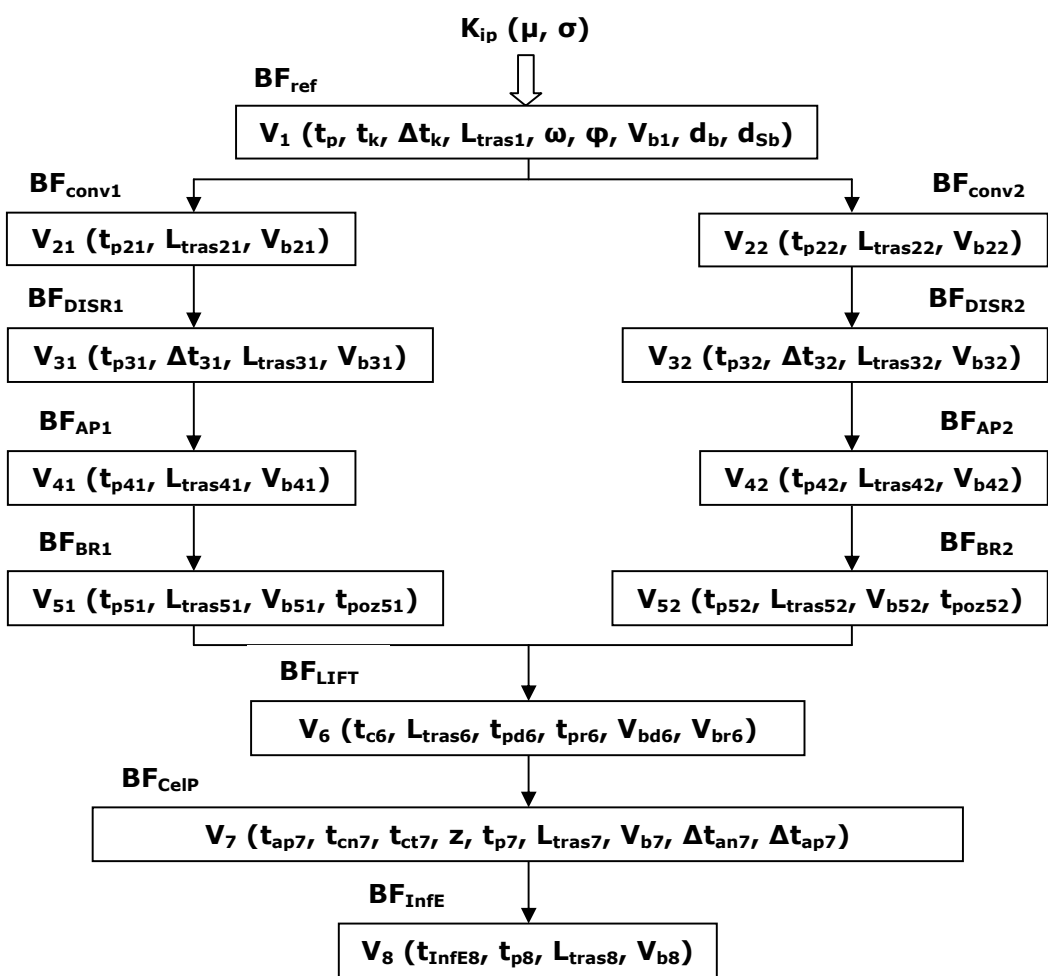


Figura 4.1.4.1: Modelul matematic al liniei de ambalare cu blocurile funcționale \mathbf{BF}_i și vectorii \mathbf{V}_i

După analiza blocurilor funcționale cu ajutorul vectorilor specifici fiecărui bloc va fi formată matricea sistemului asupra căreia se va lucra pentru a analiza posibilitatea optimizării liniei de ambalare studiate.

4.2. Analiza liniei de ambalare

Metoda de analiză prezentată mai jos este specifică configurației liniei de ambalare anterioare, dar ea poate fi generalizată pentru orice altă configurație de linie de ambalare.

Intrarea produselor pe linia de ambalare are o anumită cadență. Se definește cadența de intrare a produselor K_{ip} ca fiind numărul de produse N_p care intră în unitatea de timp Δt în perimetrul liniei de ambalare. Astfel avem relația:

$$K_{ip} = N_p / \Delta t$$

Analiza se face pe baza modelului matematic stabilit în subcapitolul anterior.

4.2.1. Analiza blocurilor funcționale

Vom analiza pe rând fiecare bloc funcțional BF_i pentru a identifica elementele e_j din care este compus vectorul funcțional $V_i(e_j)$ specific fiecărui bloc și care sunt relațiile care definesc aceste elemente.

1. Primul bloc funcțional este repartitorul, BF_{REP} , în care produsele intrate în perimetrul liniei de ambalare sunt distribuite pe cele 2 conveioare (figura 4.2.1.1).



Figura 4.2.1.1:
Repartitor
[Arh. pers.]

Mărimile care ne interesează la acest bloc sunt timpul de parcurgere t_p consumat pentru trecerea prin zona blocului, timpul de comutare t_k consumat pentru comutarea între cele 2 conveioare și întârzierea Δt_{k1} introdusă de această comutare la parcurgerea de către produs a traseului din cadrul blocului. Timpul de parcurgere este dat de relația:

$$t_{p1} = L_{tras1} / v_{b1}$$

unde L_{tras1} este lungimea benzii repartitorului, iar v_{b1} este viteza longitudinală a benzii în zona acestui bloc.

Timpul de comutare este dat de relația:

$$t_{k1} = \Delta\varphi / \omega = 2 * \arctg(0.5 * (d + d_{sb}) / L_B) / \omega$$

unde mărimile din această formulă se pot vedea în figura 4.2.1.2, adică:

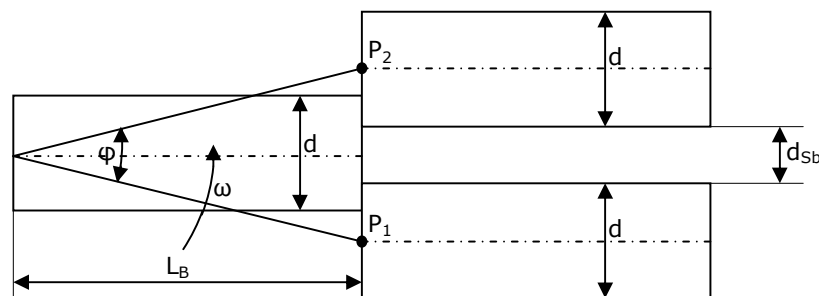


Figura 4.2.1.2: Mărimile repartitorului

$\Delta\varphi$ este unghiul parcurs de axa benzii repartitorului la comutarea între cele 2 conveioare;

ω este viteza unghiulară a benzii repartitorului;

d este lățimea benzilor conveioarelor;

d_{sb} este distanța dintre benzile celor 2 conveioare.

Întârzierea introdusă de această comutare este:

$$\Delta t_{k1} = t_{k1} - t_{p1}$$

și are sens doar pentru $\Delta t_{k1} > 0$.

2. Următoarele blocuri funcționale sunt blocurile pentru cele 2 conveioare $\mathbf{BF}_{\text{CONV1}}$ și $\mathbf{BF}_{\text{CONV2}}$ (figura 4.2.1.3) care sunt identice și vectorii funcționali ai acestor blocuri au aceleași mărimi.



Figura 4.2.1.3:
Conveioare
[Arh. pers.]

În acest caz ne interesează doar timpul de parcurgere al traseului blocului funcțional t_{p2} :

$$t_{p2} = L_{\text{tras2}} / v_{b2}$$

3. Blocurile funcționale ale dispozitivelor de rotire $\mathbf{BF}_{\text{DISR1}}$ și $\mathbf{BF}_{\text{DISR2}}$ (figura 4.2.1.4) sunt și ele identice.

Mărimile care ne interesează din vectorii funcționali ai acestor blocuri sunt întârzierea Δt_3 introdusă de operația de rotire și timpul de parcurgere al traseului blocului t_{p3} , unde:

$$t_{p3} = L_{\text{tras3}} / v_{b3}$$

Întârzierea Δt_3 este introdusă doar la produsele care trebuie rotite, altfel ea este nulă, deci această întârziere este o mărime de forma:

$$\Delta t_3 = \{\beta_3, 0\}$$

În mod normal valoarea β_3 este o constantă specifică dispozitivului respectiv.

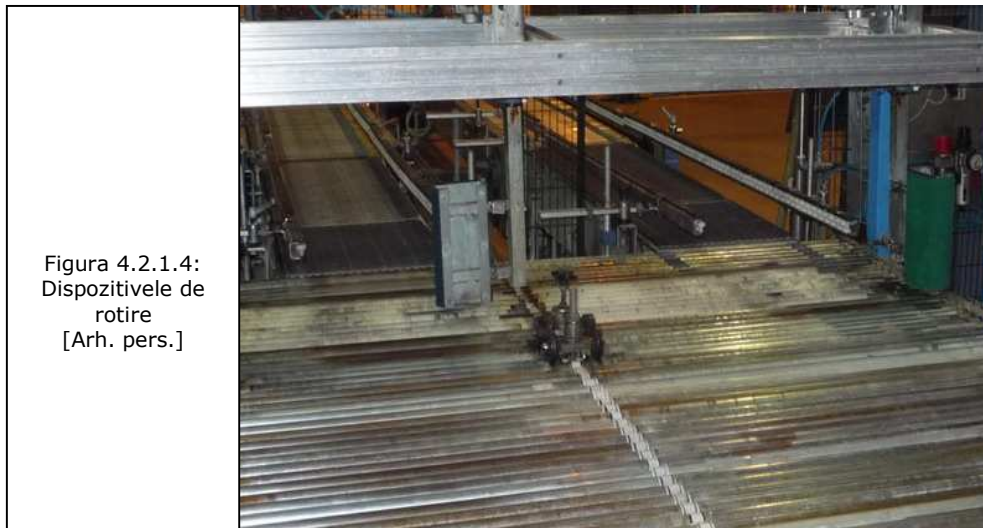


Figura 4.2.1.4:
Dispozitivele de
rotire
[Arh. pers.]

4. Blocurile funcționale ale automatelor pivotante de blocare a produselor \mathbf{BF}_{AP1} și \mathbf{BF}_{AP2} (figura 4.2.1.5) sunt caracterizate de timpul de parcurgere al traseului blocului \mathbf{t}_{p4} :

$$\mathbf{t}_{p4} = \mathbf{L}_{tras4} / \mathbf{v}_{b4}$$

și de întârzierea $\mathbf{\Delta t}_{r4}$ introdusă programat funcție de funcționarea blocurilor următoare. Această întârziere depinde de timpul total al cursei liftului din blocul următor care transportă nivelul completat, dar și de eventualele întârzieri intervenite în funcționarea blocurilor următoare, deci este un timp de reacție. Pe durata completării unui nivel valoarea acestei întârzieri este zero. Deci $\mathbf{\Delta t}_{r4}$ este de forma:

$$\mathbf{\Delta t}_{r4} = \{\beta_4, 0\}$$



Figura 4.2.1.5:
Automate
pivotante de
blocare a
produselor
[Arh. pers.]

5. Blocurile funcționale ale brațelor **BF_{BR1}** și **BF_{BR2}** (figura 4.2.1.6) sunt caracterizate de timpul de parcurgere al traseului blocului **t_{p5}**:

$$t_{p5} = L_{tras5} / v_{b5}$$

și de timpul de poziționare **t_{poz5}** al unui rând de produse pe nivelul corespunzător.
Timpul de poziționare este constant și specific dispozitivului.



Figura 4.2.1.6:
Brațe
[Arh. pers.]

6. Vectorul mărimilor blocului funcțional al liftului **BF_{LIFT}** (figura 4.2.1.7) are ca elemente:

- timpul de completare al nivelului curent de produse **t_{c6}**
- timpul de parcurgere al traseului **t_{pd6}** către blocul de paletizare (cursă directă) care este:

$$t_{pd6} = L_{tras6} / v_{bd6}$$

- timpul de parcurgere al traseului de retur **t_{pr6}** care este:

$$t_{pr6} = L_{tras6} / v_{br6}$$

În mod normal viteza liftului în cursa directă (**v_{bd6}**) este aceeași cu viteza liftului în cursa de retur (**v_{br6}**), adică:

$$v_{bd6} = v_{br6}$$



Figura 4.2.1.7:
Lift
[Arh. pers.]

7. Blocul celulei de paletizare **BF_{CelP}** (figura 4.2.1.8) are următoarele elemente în vectorul funcțional **V₇**:

- timpul de alimentare al blocului cu un palet nou **t_{ap7}** din depozitul de paleți;
- timpul de completare al unui nivel de produse **t_{cn7}**;
- timpul de completare total **t_{ct7}** (deoarece produsele sunt stivuite pe **z** nivele în cadrul acestui bloc) este:

$$\mathbf{t_{ct7}} = \mathbf{z} * \mathbf{t_{cn7}}$$

- timpul de parcurgere al traseului **t_{p7}** până la blocul următor:

$$\mathbf{t_{p7}} = \mathbf{L_{tras7}} / \mathbf{v_{b7}}$$

În cadrul acestui bloc intervine și un robot care acoperă fiecare nivel de produse cu un carton de separare. Durata acestei operații o numim timp de acoperire nivel **t_{an7}**. Întârzierea introdusă în fluxul operațiilor de această acoperire este **Δt_{an7}**, unde:

$$\mathbf{\Delta t_{an7}} = \mathbf{t_{an7}} - \mathbf{t_{cn7}}$$

și are sens doar dacă este satisfăcută relația:

$$\mathbf{\Delta t_{an7}} > 0$$

Similar, și alimentarea cu un palet nou introduce o întârziere Δt_{ap7} în fluxul acestui bloc:

$$\Delta t_{ap7} = t_{ap7} - t_{cn7}$$

dacă:

$$\Delta t_{ap7} > 0$$



8. Vectorul funcțional al blocului de înfoliere și etichetare BF_{InfE} are următoarele elemente:

- timpul de înfoliere și etichetare t_{InfE8} al paletului;
- timpul de parcurgere al traseului t_{p8} până la spațiul de depozitare:

$$t_{p8} = L_{tras8} / v_{b8}$$



4.2.2. Stabilirea dimensiunii vectorilor V_i și matricea rezultantă

Pentru a putea opera cu vectorii $V_i(e_j)$ ai elementelor care caracterizează modulele analizate trebuie ca aceștia să aibă aceeași dimensiune și elementele similare să ocupe aceeași poziție j în cadrul vectorilor proprii.

Pentru stabilirea dimensiunii vectorilor se analizează elementele tuturor blocurilor funcționale și se grupează acestea pe tipuri care interesează analiza. Reuniunea acestor tipuri dă dimensiunea vectorilor.

Acești vectori vor constitui liniile unei matrici. Pentru ușurința analizei matricii rezultante tipurile de elemente sunt amplasate în vector în ordinea importanței.

În cazul anterior deosebim următoarele tipuri de elemente în ordinea importanței, care sunt utile pentru analiza noastră. Funcție de această importanță se asignează poziția elementului în cadrul vectorului:

- timpul folosit pentru activitatea principală a blocului (poz. 1);
- timpul direct necesar parcurgerii traseului de la intrarea în bloc până la părăsirea acestuia (poz. 2);
- timpul de revenire la poziția inițială (poz. 3);
- suma întârzierilor în bloc (poz. 4).

În cazul nostru se observă că s-au stabilit 4 tipuri de elemente, deci vectorii vor avea dimensiunea 4.

Următoarea etapă este alocarea elementelor fiecărui bloc la tipurile de mai sus.

Dacă tipul respectiv nu există în cadrul blocului analizat, pe poziția respectivă se va pune zero.

Pentru cazul analizat în subcapitolul anterior vectorii blocurilor funcționale sunt următorii:

$$\mathbf{V1} = (0, t_{p1}, 0, \Delta t_{k1})$$

$$\mathbf{V2} = (0, t_{p2}, 0, 0)$$

$$\mathbf{V3} = (0, t_{p3}, 0, \Delta t_3)$$

$$\mathbf{V4} = (0, t_{p4}, 0, \Delta t_{r4})$$

$$\mathbf{V5} = (0, t_{p5}, 0, 0)$$

$$\mathbf{V6} = (t_{c6}, t_{pd6}, t_{pr6}, 0)$$

$$\mathbf{V7} = (t_{ct7}, t_{p7}, 0, \Delta t_{an7} + \Delta t_{ap7})$$

$$\mathbf{V8} = (t_{InfE8}, t_{p8}, 0, 0)$$

Putem construi matricea \mathbf{M}_{ij} care are ca linii acești vectori. Coloanele acestei matrici sunt tipurile stabilite mai sus. Matricea are forma:

$$\mathbf{M}_{ij} =$$

0	t_{p1}	0	Δt_{k1}
0	t_{p2}	0	0
0	t_{p3}	0	Δt_{k3}
0	t_{p4}	0	Δt_{k4}
t_{poz5}	t_{p5}	0	0
$t_{c6} + t_{des6}$	t_{pd6}	t_{pr6}	0
t_{ct7}	t_{p7}	0	$\Delta t_{an7} + \Delta t_{ap7}$
t_{InfE8}	t_{p8}	0	0

4.2.3. Particularizarea valorilor vectorilor

În acest subcapitol vom particulariza elementele vectorilor anteriori la situația concretă a liniei de ambalare a companiei Coca Cola prezentată în cap.4.1.

Valorile acestor elemente rezultă din măsurători și calcule efectuate pe baza elementelor concrete ale liniei de ambalare pentru fiecare bloc funcțional.

Pentru blocul **BF_{REP}** vectorul **V₁** obținem **t_{p1} = 3 sec**, **t_{k1} = 1 sec**. Rezultă de aici că **Δt_{k1} = 0**, deci vectorul particularizat este:

$$\mathbf{V}_1 = (0, 3, 0, 0)$$

Pentru blocurile **BF_{CONV1}** și **BF_{CONV2}** obținem valoarea **t_{p2} = 4 sec** și astfel avem vectorul 2 particularizat:

$$\mathbf{V}_2 = (0, 4, 0, 0)$$

La blocurile **BF_{DISR1}** și **BF_{DISR2}** obținem **t_{p3} = 1 sec**. Cum noi studiem cazul cel mai defavorabil luăm pentru întârzierea introdusă de bloc valoarea maximă, deci:

$$\max(\Delta t_3) = \beta_3 = 1 \text{ sec}$$

și vectorul ia valoarea particulară:

$$\mathbf{V}_3 = (0, 1, 0, 1)$$

Blocurile funcționale **BF_{AP1}** și **BF_{AP2}** introduc o întârziere care depinde de funcționarea blocurilor următoare, respectiv **BF_{BR1}**, **BF_{BR1}** și **BF_{LIFT}**. Evident această întârziere depinde și de cadența **K_{ip}** de intrare a produselor.

De aceea considerăm că este mai practic să analizăm împreună aceste 3 blocuri funcționale, înlocuind vectorii **V₄**, **V₅** și **V₆** cu suma lor:

$$\mathbf{V}_{C456} = \mathbf{V}_4 + \mathbf{V}_5 + \mathbf{V}_6$$

Din tabelele 4.1 facem media timpilor de realizare a unui nivel și rezultă 27 sec.

Această valoare, care cuprinde timpii de realizare, de parcurgere traseu și de întârziere în cele 3 blocuri va fi considerată ca fiind timpul folosit pentru activitatea principală a celor 3 blocuri, deci vectorul corespondent va fi:

$$\mathbf{V}_{C456} = (27, 0, 0, 0)$$

În cadrul blocului celulei de paletizare **BF_{CeIP}** timpul necesar pentru acoperire nivel **t_{an7}** și timpul de alimentare al blocului cu un palet nou **t_{an7}** au valorile:

$$t_{an7} = 1 \text{ sec}$$

$$t_{ap7} = 2 \text{ sec}$$

Cum timpul de realizare a unui nivel este de 27 sec, rezultă că întârzierile introduse de alimentarea cu paleți noi și de acoperire nivel sunt nule:

$$\Delta t_{an7} = 0$$

$$\Delta t_{ap7} = 0$$

Cum un palet este constituit din 4 nivele, iar un nivel este completat în 27 sec, timpul mediu de realizare a unui palet este de 108 sec. Timpul de parcurgere al traseului în acest bloc este:

$$t_{p7} = 2 \text{ sec}$$

deci vectorul acestui bloc funcțional este:

$$V_7 = (108, 2, 0, 0)$$

În fine măsurătorile pentru blocul de înfoliere și etichetare BF_{InfE} dau următoarele valori:

$$t_{InfE8} = 55 \text{ sec}$$

$$t_{p8} = 2 \text{ sec}$$

deci vectorul acestui bloc ia valorile:

$$V_8 = (55, 2, 0, 0)$$

Matricea particularizată M_{ij} construită din acești vectori este:

$$M_{64} =$$

0	3	0	0
0	4	0	0
0	1	0	1
27	0	0	0
108	2	0	0
55	2	0	0

4.3. Optimizarea

Optimizarea reprezintă activitatea de *selectare*, din mulțimea soluțiilor posibile a unei probleme, a acelei soluții care este cea mai bună în raport cu un criteriu predefinit. Această definiție implică existența următoarelor componente:

1. O problemă tehnică;
2. Existența mai multor soluții pentru aceeași problemă;
3. Un criteriu de selectare a soluției optime.

Funcția obiectiv reprezintă expresia matematică a criteriului de optimizare. Aceasta trebuie să reflecte eficiența economică a procesului și în același timp să răspundă obiectivelor funcționării oricărui proces: siguranța în exploatare și respectarea condițiilor de calitate. Deci funcția obiectiv trebuie să răspundă și la niște restricții impuse, funcție de domeniul pentru care este definită.

Problema de optimizare reprezintă o aplicație matematică de selectare a unei soluții, dintr-o mulțime posibilă, pe baza evaluării funcției obiectiv.

4.3.1. Funcția obiectiv

Pentru linia de ambalare analizată în subcapitolul anterior funcția obiectiv pentru optimizarea acestei linii este definită de reducerea timpilor procesului. Cu alte cuvinte dorim ca suma timpilor totali necesari produselor care intră în perimetrul liniei de ambalare pentru parcurgerea tuturor blocurilor funcționale să fie minimă.

Deci funcția obiectiv \mathcal{F}_e pentru optimizarea liniei de ambalare este:

$$\mathcal{F}_e(\mathbf{T}_i) = \sum_{i=1}^n T_i = \min.$$

unde \mathbf{T}_i sunt timpii totali de parcurgere de către produs a blocurilor funcționale.

Din subcapitolul referitor la analiza blocurilor funcționale vedem că timpii totali de parcurgere a blocurilor funcționale sunt formați ca sumă dintre timpul necesar pentru desfășurarea activității principale t_{ap} , timpul necesar pentru parcurgerea traseului direct t_{pd} , timpul necesar pentru revenirea în poziția inițială t_{pr} și suma întârzierilor funcționale Δt_r , adică avem:

$$\mathbf{T}_i = t_{ap} + t_{pd} + t_{pr} + \Delta t_r$$

Pentru matricea \mathbf{M}_{ij} definită în capitolul 4.2.2. adică:

$$\mathbf{M}_{ij} =$$

0	t_{p1}	0	Δt_{k1}
0	t_{p2}	0	0
0	t_{p3}	0	Δt_{k3}
0	t_{p4}	0	Δt_{k4}
t_{poz5}	t_{p5}	0	0
$t_{c6} + t_{des6}$	t_{pd6}	t_{pr6}	0
t_{ct7}	t_{p7}	0	$\Delta t_{an7} + \Delta t_{ap7}$
t_{InfE8}	t_{p8}	0	0

timpul total T_i pentru un bloc funcțional este constituit din suma celor patru elemente de pe linia vectorului blocului funcțional respectiv.

Dacă notăm coloanele acestei matrici cu x , y , z și v putem transforma matricea într-un sistem de 8 ecuații cu 4 necunoscute, în care coeficienții necunoscutelor sunt elementele din matrice, care sunt, în fond, niște parametrii:

$$\mathbf{a}_i * \mathbf{x} + \mathbf{b}_i * \mathbf{y} + \mathbf{c}_i * \mathbf{z} + \mathbf{d}_i * \mathbf{v} = T_i$$

unde \mathbf{a}_i , \mathbf{b}_i , \mathbf{c}_i , \mathbf{d}_i sunt elementele vectorului \mathbf{V}_i , cu $i = 1 \dots 8$.

Problema s-a transformat în rezolvarea sistemului de 8 ecuații cu 4 necunoscute și determinarea parametrilor \mathbf{a}_i , \mathbf{b}_i , \mathbf{c}_i , \mathbf{d}_i pentru satisfacerea funcției obiectiv \mathcal{F}_c care a devenit:

$$\mathcal{F}_c(\mathbf{T}_i) = \sum_{i=1}^8 T_i = \sum_{i=1}^8 (a_i + b_i + c_i + d_i) = \min.$$

4.3.2. Rezolvarea matricii particularizate a liniei de ambalare

Problema de mai sus este foarte complexă. Pentru rezolvarea acestei probleme vom considera linia de ambalare reprezentată de matricea particularizată de la capitolul 4.2.3. și vom aplica asupra acestei matrici metoda de reducere a dimensiunii. În acest fel vom obține vectorii principali asupra cărora se poate acționa pentru a optimiza linia de ambalare reprezentată de această matrice. Matricea particularizată de la cap.4.2.3. are acum dimensiunea 6×4 .

Observăm că în această matrice coloana a 3-a este zero. Acest lucru provine de la dispariția elementului care popula această coloană când am cumulat vectorii V4, V5 și V6. Deci putem elimina această coloană și astfel dimensiunea matricii devine 6X3:

$$\mathbf{M}_{63} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline \mathbf{0} & \mathbf{3} & \mathbf{0} \\ \hline \mathbf{0} & \mathbf{4} & \mathbf{0} \\ \hline \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{1} \\ \hline \mathbf{27} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \hline \mathbf{108} & \mathbf{2} & \mathbf{0} \\ \hline \mathbf{55} & \mathbf{2} & \mathbf{0} \\ \hline \end{array}$$

De asemenea se poate observa că se pot cumula vectorii V1, V2 și V3 care au ca element principal doar parcurgerea traseului.

Matricea rezultantă este:

$$\mathbf{M}_{43} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline \mathbf{0} & \mathbf{8} & \mathbf{1} \\ \hline \mathbf{27} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \hline \mathbf{108} & \mathbf{2} & \mathbf{0} \\ \hline \mathbf{55} & \mathbf{2} & \mathbf{0} \\ \hline \end{array}$$

În urma cumulării acestor vectori a rămas întârzierea datorată dispozitivului de rotire, dar matricea s-a redus la dimensiunea 4X3.

Reanalizând procesele blocului funcțional \mathbf{BF}_{LIFT} (cuprins în linia 2 a matricii \mathbf{M}_{43} , respectiv vectorul V_{c456}) și a blocului celulei de paletizare \mathbf{BF}_{CellP} ne dăm seama că de fapt blocul \mathbf{BF}_{LIFT} construiește paletul, în timpul acesta blocul \mathbf{BF}_{CellP} este în așteptare. Deci putem atribui blocului \mathbf{BF}_{LIFT} valoarea 108 care este timpul de construire a unui palet, în timp ce valoarea pentru activitatea principală a blocului \mathbf{BF}_{CellP} devine nulă.

Matricea \mathbf{M}_{43} arată acum așa:

$$\mathbf{M}_{43} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline \mathbf{0} & \mathbf{8} & \mathbf{1} \\ \hline \mathbf{108} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \hline \mathbf{0} & \mathbf{2} & \mathbf{0} \\ \hline \mathbf{55} & \mathbf{2} & \mathbf{0} \\ \hline \end{array}$$

Insumând primele 3 linii în care doar linia a 2-a are o activitate principală, rezultă matricea:

$$\mathbf{M}_{23} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline \mathbf{108} & \mathbf{10} & \mathbf{1} \\ \hline \mathbf{55} & \mathbf{2} & \mathbf{0} \\ \hline \end{array}$$

Această matrice reprezintă esența liniei noastre de ambalare. Ea are 2 vectori care au activitățile principale pe prima coloană, timpii de parcurgere a traseului pe coloana a 2-a și întârzierile în flux pe coloana a 3-a.

4.3.3. Concluzii

Se vede că această linie a fost foarte bine proiectată, timpii de întârziere finali fiind doar de 1 secundă. Celelalte activități care introduceau întârzieri au fost mascate în spatele activităților principale. Singura optimizare care se mai poate aplica asupra acestei linii fără modificări esențiale este scurtarea timpilor de parcurgere a traseului (10 sec +2 sec) care se poate realiza fie prin mărirea vitezei liniilor de transport, fie prin reducerea traseului, dar limitările funcționale reduc mult din valoarea acestei măsuri, intrând în discuție și sumele necesare pentru efectuarea acestor modificări.

Mai observăm că timpii totali ai celor 2 activități sunt:

$$t_{t1} = 108 + 10 + 1 = 119 \text{ sec}$$

$$t_{t2} = 55 + 2 + 0 = 57 \text{ sec}$$

deci blocul de înfoliere și etichetare reprezentat în această matrice de vectorul al 2-lea are rezerve mari de capacitate, putând suporta chiar 2 linii de paletizare sau reducerea importantă a timpilor de paletizare a primului bloc (reprezentat în această matrice de vectorul de pe poziția întâi).

Optimul liniei de ambalare analizată mai sus ar fi atins dacă activitățile blocurilor din matricea finală M_{23} ar avea durate egale, lucru ce nu poate fi atins din cauza limitărilor tehnologice.

Singura opțiune justă în acest caz pentru optimizarea liniei de ambalare este înlocuirea blocurilor reprezentate de primul vector al matricii anterioare cu o celulă robotizată care să preia toate sarcinile acestor blocuri permițând reducerea timpilor afectați acestei activități.

În următoarele paragrafe ne vom ocupa de celulele robotizate: probleme, soluții simple și complexe existente pe piață, variante de realizare și implementare.

4.4. Celule robotizate

În sistemele de producție moderne se folosesc din ce în ce mai mult celulele robotizate având avantaje evidente față de alte dispozitive privind flexibilitatea.

Modificările impuse din diferite considerente în procesul de fabricație se pot face ușor dacă în procesul de fabricație există celule robotizate.

4.4.1. Prezentarea problemelor

Recunoașterea formelor reprezintă una din probleme, dar în ultimii ani inginerii au rezolvat-o mulțumită camerelor de luat vederi de mare viteză și a noilor programe de calculator. Problema care rămâne o reprezintă prinderea și manipularea produselor. Pentru a rezolva aceasta problema dispozitivele de prehensiune trebuie să fie flexibile și trebuie să aibă mai multe grade de libertate. Problema este și mai dificil de rezolvat dacă produsele au o formă mai complexă și poziționarea lor este aleatorie.

De exemplu produsele vin pe un conveior. Ele cad într-o cutie, deci fiecare are o altă poziție. Din acea cutie ele trebuie să fie luate și aranjate în pachete pentru livrarea la clienți. Robotul trebuie să identifice fiecare produs, să-l prindă și să-l poziționeze în cutia de livrare.

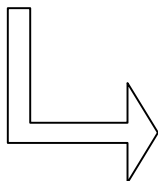
În următoarea succesiune de poze (figura 4.4.1.1) cutia neagră marcată cu roșu reprezintă problema noastră: cum pot fi luate produsele, după ce au fost recunoscute de program, și manipulate pentru a fi depozitate în locurile potrivite.

Pentru a rezolva această problemă mai mulți cercetători științifici din domeniul manipuloarelor robotizate au conceput diferite tipuri de dispozitive de prehensiune care încercau să copieze mâna umană, aceasta fiind aparatul cu cel mai mare grad de dexteritate creat de natură.

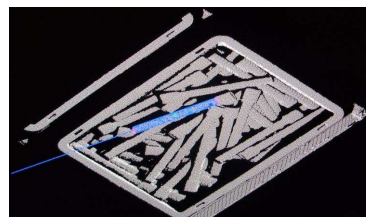
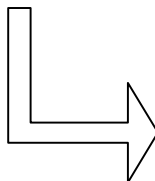
Principalele elemente care definesc aceste dispozitive sunt nivelul de dexteritate (configurația cinematică, sistemul de comandă și dispozitivele senzoriale) și gradul de antropomorfism. Aceste elemente diferențiază soluțiile între ele.



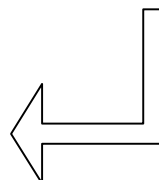
Conveior cu obiecte



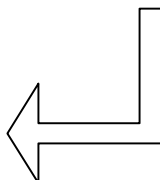
Cutie cu obiecte



Recunoașterea formei



Soluția problemei



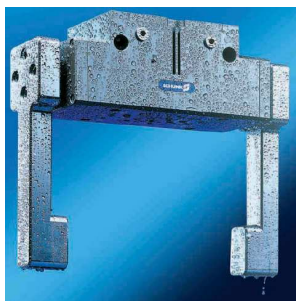
Obiecte aranjate

Figura 4.4.1.1: Succesiunea
operațiilor într-o celulă robotizată
[Arh. pers.]

4.4.2. Soluții simple existente pe piață

Câteva soluții simple pentru dispozitive de prehensiune existente pe piață sunt prezentate în figura 4.4.2.1:

- cu 2 degete paralele cu acționare pneumatică (figura 4.4.2.1 a))
- cu 3 degete centrale cu acționare pneumatică (figura 4.4.2.1 b))
- cu 4 degete centrale cu acționare pneumatică (figura 4.4.2.1 c))
- cu 2 degete radiale cu acționare pneumatică (figura 4.4.2.1 d))
- cu 2 degete paralele cu acționare electrică (figura 4.4.2.1 e))
- cu 3 degete centrale cu acționare electrică (figura 4.4.2.1 f))



a)



b)



c)



d)



e)



f)

Figura 4.4.2.1: Soluții simple existente pe piață
[\[www.schunk.de\]](http://www.schunk.de)

Aceste dispozitive de prehensiune nu reprezintă o soluție optimă pentru problema noastră deoarece sunt construcții rigide și pentru a rezolva problema ar însemna să dispui de mai multe tipuri de dispozitive.

Fiecare variantă din aceste dispozitive fost concepută să prindă și să manipuleze doar produse de o anumită formă și dimensiune.

Din aceste cauze cercetătorii au încercat să construiască un dispozitiv de prehensiune cu o structură flexibilă care să permită manipularea obiectelor de mai multe forme și dimensiuni variate.

Capitolul următor prezintă unele dintre cele mai importante descoperiri în domeniul dispozitivelor de prehensiune flexibile, în ordine cronologică, pentru o mai ușoară observare a evoluției.

4.4.3. Soluții complexe existente pe piață

Dispozitive de prehensiune flexibile, „mâini robotice”, mai mult sau mai puțin antropomorfe, au fost dezvoltate începând cu sfârșitul anilor '70. Scopul fiecărui proiect a fost de fiecare dată altul, iar rezultatele sunt greu de comparat astfel încât un proiect să fie declarat mai bun decât altul. Totuși, pentru a scoate în evidență eficacitatea fiecărei contribuții și pentru a stabili evoluția acestui sector din robotică, de-a lungul timpului, o clasificare a dexterității și a nivelului de antropomorfism realizat de fiecare concept pot ajuta la sublinierea rezultatelor, tendințelor, problemelor apărute și țelurile viitoare ale cercetării.

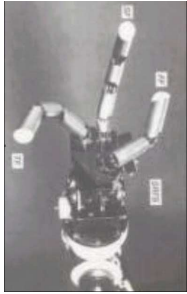
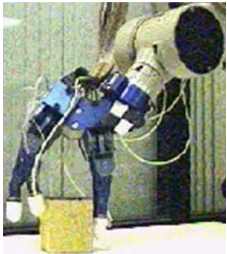
Tabelul 4.4.3.1: Coeficientul de antropomorfism

Număr de degete	5	4	3	2	1
Coeficientul de antropomorfism	100%	99%	90%	60%	40%

În acest capitol sunt notate câteva dispozitive de prehensiune flexibile importante, considerând principalele caracteristici ale conceptului mecanic, dar și sistemul senzorial adoptat. Lista este limitată la acele proiecte care se adresează în mod specific realizărilor în dexteritate și antropomorfism. Pentru a oferi o perspectivă istorică mâinile robotice sunt prezentate într-o ordine cronologică, iar pentru a se putea compara au fost grupate după caracteristicile principale (antropomorfism, dexteritate, etc.).

Tabelul 4.4.3.2: Măinile Okada și Stanford/JPL

Numele proiectului	Mâna Okada	Mâna Stanford/JPL
Autor	T. Okada	K. Salisbury
Institutul de cercetare	Laboratorul Electrotehnic, Japonia	Universitatea Stanford
Anul prezentării	1979	1983
Degete principale	X	X
Degetul opozabil	X	X
Degetul 4	-	-
Degetul 5	-	-
Palmă	-	-
Număr de legături	12	10
Număr de articulații	11	9
Numărul gradelor de libertate controlate	11	9
Mărime față de mâna umană	>	=
Suprafețe apte pentru contactul cu produsele	Vârful degetelor/Falange	Vârful degetelor
Finețea și continuitatea suprafeței de contact	Acceptabilă	Slabă
Concept Structural	Exoschelet	Exoschelet
Amplasarea Actuatorului	La distanță	La distanță
Tipul Actuatorului	Motor electric rotativ	Motor electric rotativ (DC)
Revenirea degetelor	Inexistent	X
Tipul articulațiilor pasive	-	-
Tipul transmisiei	Tendoane	Tendoane
Drumul transmisiei	Roată de transmisie	Roată de transmisie
Poziția senzorilor - pe motor	X	X
Senzori pentru poziția articulațiilor	Potențiometre	-
Senzori pentru cuplul	-	-


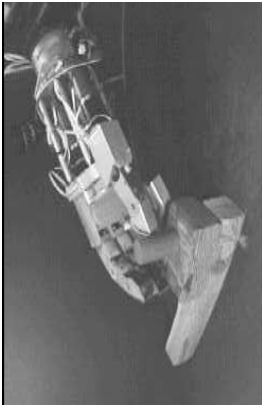
articulațiilor		
Senzori pentru tensiunea tendoanelor	-	X
Senzori pentru randamentul motorului	X	-
Senzori tactili intrinseci	-	Senzori de forță în vârful degetelor
Matrice de senzori tactili	-	Matrice 8x8 de senzori tactili cu acoperire completă a vârfului cilindric al degetului
Senzori adiționali	-	-
Poza	 <p>[Okada T., 1986]</p>	 <p>[http://www-robotics.cs.umass.edu/ARC/HIVE/facilities.html]</p>

Laboratorul Electrotehnic din Japonia a fost primul institut de cercetare care a dezvoltat o mână robotică flexibilă. În anul 1979 T. Okada a realizat Mâna Okada, un dispozitiv cu 3 degete (2 degete principale și degetul opozabil), 12 legături, 11 articulații și 11 grade de libertate controlate. Acesta era mai mare față de o mână umană și avea posibilitatea prinderii obiectelor cu vârful degetelor și cu falangele. Motorul de acționare era un motor electric rotativ, amplasat la distanță, puterea fiind transmisă prin intermediul unor tendoane și a unei roți de transmisie. Avea senzori pentru poziția și randamentul motorului, dar și potențiometre pentru determinarea poziției articulațiilor.

În anul 1983, la Universitatea Stanford, Salisbury crează Mâna Stanford/JBL, care avea, asemenea mâinii Okada, 3 degete, dar doar 10 legături, 9 articulații și 9 grade de libertate controlate. În schimb, această variantă era mai apropiată de dimensiunile unei mâini umane. Suprafețele de contact cu obiectele erau vârful degetelor, care erau acoperite cu senzori de forță (matrice 8x8 de senzori tactili cu acoperire completă a vârfului cilindric al degetului). Motorul electric rotativ (DC) era de asemenea amplasat la distanță, având senzori de poziție. Transmisia era făcută prin intermediul tendoanelor cu senzori de tensiune pe ele și roată de transmisie.

Tabelul 4.4.3.3: Măinile Utah/MIT și Belgrad/USC

Numele proiectului	Mâna Utah/MIT	Mâna Belgrad/USC
Autor	Jacobsen	G.A.Bekey/R.Tomovic/ I.Zeljko
Institutul de cercetare	Universitatea Utah	Universitatea din Belgrad
Anul prezentării	1983	1988
Degete principale	X	-
Degetul opozabil	X	X
Degetul 4	X	X
Degetul 5	-	X
Palmă	X	X
Număr de legături	17	16
Număr de articulații	16	18
Numărul gradelor de libertate controlate	16	4 (2 thumb+2 fingers)
Mărime față de mâna umană	=	=
Suprafețe apte pentru contactul cu produsele	Vârful degetelor /Falange/Palmă	Vârful degetelor /Falange/Palmă
Finețea și continuitatea suprafeței de contact	Bună	Acceptabilă
Concept Structural	Exoschelet	Exoschelet
Amplasarea Actuatorului	La distanță	La distanță
Tipul Actuatorului	Motor Pneumatic	Motor de curent continuu
Revenirea degetelor	X	-
Tipul articulațiilor pasive	-	Rigide
Tipul transmisiei	Tendoane	Legături
Drumul transmisiei	Roată de transmisie	-
Poziția senzorilor - pe motor	X	X
Senzori pentru poziția articulațiilor	Efectul Rotary Hall	Potențiomere rotative
Senzori pentru cuplul	-	-


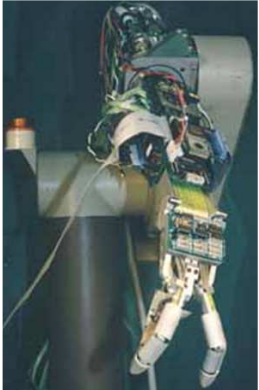
articulațiilor		
Senzori pentru tensiunea tendoanelor	X	-
Senzori pentru randamentul motorului	-	-
Senzori tactili intrinseci	-	-
Matrice de senzori tactili	Senzori tactili capacitivi care acoperă segmente din degete și palmă	Senzori de presiune la atingere (rezistor care simte forța) pe vârful degetelor
Senzori adiționali	-	-
Poza	 [http://www.computerhistory.org/collections/accession/102693567]	 [http://robotics.usc.edu/?!=Robots:Retired]

Tot în anul 1983, la Universitatea Utah, Jacobsen inventează mâna Utah/MIT. Aceasta avea degetele principale, degetul opozabil, al patrulea deget și palma. Existau un număr de 17 legături, 16 articulații și 16 grade de libertate controlabile. Gabaritul era ca al mâinii umane, cu suprafețele vârfurilor degetelor, a falangelor și a palmii acoperite cu senzori tactili capacitivi pentru a manipula obiecte. Mai dispunea de senzori pentru poziția motorului, poziția articulațiilor și pentru tensiunea din tendoane. Motorul de acționare era unul pneumatic.

Dupa 5 ani, în anul 1988, la Universitatea din Belgrad este creată mâna Belgrad/USC, o creație diferită de cele existente, având doar degetul opozabil, palma și degetele 4 și 5. Astfel au fost obținute 16 legături, 18 articulații și 4 grade de libertate controlate (2 la degetul opozabil și 2 la celelalte degete). O altă diferență o reprezentau prezența senzorilor de presiune la atingere pe vârful degetelor, care erau defapt rezistoare care simt forța. Motorul era de curent continuu, amplasat la distanță, puterea fiind transmisă prin legături.

Tabelul 4.4.3.4: Măinile Barret/Schunk SGH și UB II

Numele proiectului	Mâna Barret/Schunk SGH	Mâna UB II
Autor	W.T.Townsend	Bonivento/ Melchiorri/ Vassura
Institutul de cercetare	Barret Technology, Inc. / Schunk	Universitatea Bologna
Anul prezentării	1988	1992
Degete principale	X	X
Degetul opozabil	X	X
Degetul 4	-	-
Degetul 5	-	-
Palmă	X	X
Număr de legături	9	14
Număr de articulații	8	13
Numărul gradelor de libertate controlate	4	13 (2 incheietura +11 mana)
Mărime față de mâna umană	=	=
Suprafețe apte pentru contactul cu produsele	Vârful degetelor /Falange/Palmă	Vârful degetelor /Falange/Palmă
Finețea și continuitatea suprafeței de contact	Acceptabilă	Bună
Concept Structural	Exoschelet	Endoschelet
Amplasarea Actuatorului	În interiorul degetelor	De la distanță
Tipul Actuatorului	Motor electric rotativ (fără perii)	Motor electric rotativ
Revenirea degetelor	X	X
Tipul articulațiilor pasive	Subactuate	-
Tipul transmisiei	Reductor melcat	Tendoane
Drumul transmisiei	-	Roată de transmisie/manșoane
Poziția senzorilor - pe motor	Encodere Optice	X
Senzori pentru poziția	-	Bazat pe efectul Hall


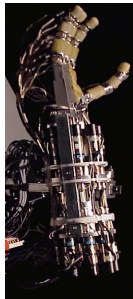
articulațiilor		
Senzori pentru cuplul articulațiilor	Bazat pe indicatoare	-
Senzori pentru tensiunea tendoanelor	-	-
Senzori pentru randamentul motorului	Implicit (prin ambreaj)	-
Senzori tactili intrinseci	-	senzori IT cu 6 axe în falange și în palmă
Matrice de senzori tactili	-	-
Senzori adiționali	-	-
Poza	 [http://www.schunk.com/sc_hunk_files/attachments/SGH_EN.pdf]	 [http://www-lar.deis.unibo.it/past-activ/ubhand/index.html]

Mâna Barret/Schunk SGH a fost realizată tot în anul 1988 de către W.T. Townsend. Aceasta este compusă din degetele principale, degetul opozabil și palmă. Are 9 legături, 8 articulații și 4 grade de libertate controlate. Dimensiunile sunt apropiate de cele ale mâinii umane. Motorul este unul electric rotativ fără perii, amplasat în interiorul degetelor, cu encodere optice pentru stabilirea poziției. Există posibilitatea de revenire a degetelor în poziția inițială. Transmisia este realizată prin intermediul unui reductor melcat. Partea senzorială a cuplului articulațiilor este bazată pe indicatoare, iar pentru randamentul motorului este implicită (prin ambreaj).

În anul 1992 este creată mâna UB II la Universitatea din Bologna. Era de dimensiunea unei mâini umane, fiind compusă din degete principale, deget opozabil și palmă, cu 14 legături, 13 articulații și 13 grade de libertate controlate (2 în încheietură și 11 la mână). O noutate în domeniu era prezența senzorilor IT cu 6 axe în falange și în palmă.

Tabelul 4.4.3.5: Măinile DLR I și LMS

Numele proiectului	Mâna DLR I	Mâna LMS
Autor	Butterfass/ Hirzinger/ Knoch/ Liu	J.P. Gazeau/ S. Zehloul/ M. Arsicault
Institutul de cercetare	Centrul german aerospațial DLR	Universitea Poitiers
Anul prezentării	1997	1998
Degete principale	X	X
Degetul opozabil	X	X
Degetul 4	X	X
Degetul 5	-	-
Palmă	X	X
Număr de legături	17	17
Număr de articulații	16	17
Numărul gradelor de libertate controlate	12	16
Mărime față de mâna umană	>>	=
Suprafețe apte pentru contactul cu produsele	Vârful degetelor /Falange/Palmă	Vârful degetelor /Falange/Palmă
Finețea și continuitatea suprafeței de contact	Bună	Bună
Concept Structural	Exoschelet	Exoschelet
Amplasarea Actuatorului	In interiorul degetelor	De la distanță
Tipul Actuatorului	Motor electric rotativ	Motor electric rotativ
Revenirea degetelor	X	Lipsește
Tipul articulațiilor pasive	Articulație adaptivă condusă pasiv	-
Tipul transmisiei	Tendoane	Tendoane
Drumul transmisiei	Roată de transmisie	Roată de transmisie/manșoane
Poziția senzorilor - pe motor	X	X
Senzori pentru poziția	Optici	Potențiometre

articulațiilor		
Senzori pentru cuplul articulațiilor	X	-
Senzori pentru tensiunea tendoanelor	-	Implicit (întinderea tendoanelor)
Senzori pentru randamentul motorului	-	-
Senzori tactili intrinseci	Senzori de forță x-y pe vârful degetelor	-
Matrice de senzori tactili	Senzori tactili (Rezistoare care simt forța) în fiecare legătură a degetelor	-
Senzori adiționali	Cameră stereo în palmă și diode emittente de lumină în vârful degetelor	-
Poza	 [http://www.dlr.de/rm/en/desktopdefault.aspx/tabid-3802/6102_read-8914/]	 [http://www-lms.univ-poitiers.fr/article167.html]

În cadrul Centrului German Aerospațial, în anul 1997 a fost creată mâna DLR I. Aceasta avea degetele principale, al patrulea deget și palma, cu un total de 17 legături, 16 articulații și 12 grade de libertate controlate. Era mai mare decât mâna umană și avea finețea și continuitatea suprafeței de contact cu obiectele bună. Motoarele rotative împreună cu senzorii acestora erau amplasate în interiorul degetelor. Senzorii pentru poziția articulațiilor erau optici, cei tactili intrinseci erau de forță x-y pe vârful degetelor, fiecare legătură a degetelor avea rezistoare care simt forța, iar ca senzori adiționali dispunea de camera stereo în palmă și LED-uri în vârful degetelor pentru a simplifica procesarea imaginilor.

La interval de un an apare Mâna LMS, dezvoltată la Universitatea Poitiers. Față de DLR I, aceasta are o articulație și 4 grade de libertate controlate în plus. Era de dimensiunea mâinii umane, suprafețele de contact cu obiectele fiind doar degetele și falangele. Motorul electric rotativ transmitea puterea prin intermediul tendoanelor.

Tabelul 4.4.3.6: Mainile DIST si Robonaut

Numele proiectului	Mâna DIST	Mâna Robonaut
Autor	A. Caffaz/ G. Cannata/ G. Casalino	C.S.Lovhik/ M.A.Diftler
Institutul de cercetare	DIST-Universitatea din Genova	Centrul spațial NASA Johnson
Anul prezentării	1998	1999
Degete principale	X	X
Degetul opozabil	X	X
Degetul 4	X	X
Degetul 5	X	X
Palmă	X	X
Număr de legături	17	22
Număr de articulații	16	22 (2 încheietură + 20 mână)
Numărul gradelor de libertate controlate	16	14 (2 încheietură + 12 mână)
Mărime față de mâna umană	>	=
Suprafețe apte pentru contactul cu produsele	Vârful degetelor	Vârful degetelor /Falange/Palmă
Finețea si continuitatea suprafeței de contact	Slabă	Foarte Bună
Concept Structural	Exoschelet	Endoschelet
Amplasarea Actuatorului	De la distanță	De la distanță
Tipul Actuatorului	Motor electric rotativ	Motoare electrice de revoluție (fără perii)
Revenirea degetelor	Lipsește	X
Tipul articulațiilor pasive	-	Articulație adaptivă condusă pasiv
Tipul transmisiei	Tendoane	Ax flexibil + șurub de acționare
Drumul transmisiei	Roată de transmisie/manșoane	-



Poziția senzorilor - pe motor	X	X
Senzori pentru poziția articulațiilor	Bazat pe efectul Hall	X
Senzori pentru cuplul articulațiilor	-	-
Senzori pentru tensiunea tendoanelor	-	X
Senzori pentru randamentul motorului	-	-
Senzori tactili intrinseci	Senzori de forță cu 3 axe pe vârful degetelor	-
Matrice de senzori tactili	-	FSR (în dezvoltare)
Senzori adiționali	-	-
Poza	 [http://www.graal.dist.unige.it/facilities/]	 [http://er.jsc.nasa.gov/eh/Robotics/index.html]

Tot în anul 1998 apare și mâna DIST realizată la Universitatea din Genova. Aceasta avea toate cele 5 degete și palma, cu 17 legături, 16 articulații și 16 grade de libertate controlate. Era mai mare decât mâna umană și nu putea prinde obiecte decât cu vârful degetelor, a căror finețe și continuitate a suprafeței de contact era slabă. Sensorii de forță cu 3 axe erau amplasați pe vârful degetelor, iar cei pentru poziția articulațiilor erau bazați pe efectul Hall.

Un an mai târziu, în cadrul Centrului Spațial NASA Johnson este dezvoltată mâna Robonaut. Aceasta era foarte complexă, cu toate cele 5 degete și palma, cu 22 legături, 22 articulații (2 la încheietură și 20 la mână) și 14 grade de libertate controlate (2 la încheietură și 12 la mână). Dimensiunea era egală cu cea a mâinii umane, având o suprafață de contact fină și continuă. Structura se bazează pe un endoschelet cu motoare electrice rotative fără perii. Transmisia se realiza prin intermediul unui ax flexibil și a unui șurub de acționare.

Tabelul 4.4.3.7: Măinile Tokyo și DLR II

Numele proiectului	Mâna Tokyo	Mâna DLR II
Autor	Y.K.Lee/ I.Shimoyama	Butterfass/ Grebestein/ Hirzinger/ Liu
Institutul de cercetare	Universitatea din Tokyo, bunkyo-ku, J	Centrul German Aerospațial DLR
Anul prezentării	1999	2000
Degete principale	X	X
Degetul opozabil	X	X
Degetul 4	X	X
Degetul 5	X	-
Palmă	X	X
Număr de legături	17	18
Număr de articulații	16	17
Numărul gradelor de libertate controlate	12 (1 incheietura + 11 mana)	13
Mărime față de mâna umană	=	>>
Suprafețe apte pentru contactul cu produsele	Vârful degetelor /Falange/Palmă	Vârful degetelor /Falange/Palmă
Finețea și continuitatea suprafeței de contact	Foarte Bună	Bună
Concept Structural	Endoschelet	Endoschelet
Amplasarea Actuatorului	De la distanță	În interiorul degetelor
Tipul Actuatorului	Muschi artificiali pneumatici Mckibben	Motor electric rotativ
Revenirea degetelor	X	X
Tipul articulațiilor pasive	Articulație rigidă condusă pasiv	Articulație rigidă condusă pasiv
Tipul transmisiei	Inexistent	Transmisii/roți armonice
Drumul transmisiei	Inexistent	-
Poziția senzorilor - pe motor	X	X
Senzori pentru poziția	-	Potențiometre

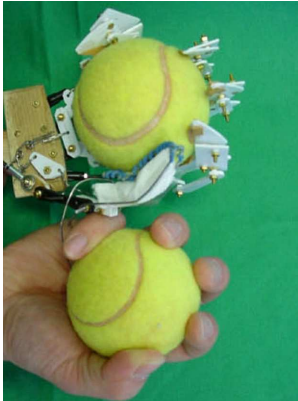

articulațiilor		
Senzori pentru cuplul articulațiilor	-	Bazat pe indicatoare de efort
Senzori pentru tensiunea tendoanelor	-	-
Senzori pentru randamentul motorului	X	-
Senzori tactili intrinseci	-	Senzori de forță cu 6-axe pe vârful degetelor
Matrice de senzori tactili	Prevăzut cu senzori de presiune	-
Senzori adiționali	-	-
Poza	 [http://www.leopard.t.u-tokyo.ac.jp/research/lee/lee1.html]	 [http://www.dlr.de/rm/en/desktopdefault.aspx/tabid-3975/6161_read-243/]

Mâna Tokyo, apărută în 1999, îi are ca autori pe Y.K.Lee și I.Simoyama. Reproducea mâna umană ca componentă, finețe și continuitate a suprafețelor, dar și ca dimensiuni. Avea 17 legături, 16 articulații și 12 grade de libertate controlate (1 în încheietură și 11 în mână). Structura este de endoschelet cu mușchi artificiali pneumatici Mckibben amplasați la distanță.

Mâna DLR II a fost realizată în anul 2000 la Centrul German Aerospațial. Era un dispozitiv de prindere cu 4 degete și palmă, având 18 legături, 17 articulații și 13 grade de libertate controlate. Motoarele electrice rotative erau amplasate în interiorul degetelor, transmisia făcându-se cu roți armonice. Avea senzori pentru determinarea poziției motorului, poziției articulațiilor (potențiometre), cuplu articulațiilor (bazat pe indicatoare de efort) și senzori tactili intrinseci (senzori de forță cu 6 axe în vârful degetelor).

Tabelul 4.4.3.8: Măinile Tuat/Karlsruhe și Ultralight

Numele proiectului	Mâna Tuat/Karlsruhe	Mâna Ultralight
Autor	Fukaya/ Toyama/ Asfour/ Dillman	Schulz/ Pylatiuk/ Bretthauer
Institutul de cercetare	Universitatile Tokyo și Karlsruhe	Centrul de cercetare din Karlsruhe
Anul prezentării	2000	2000
Degete principale	X	X
Degetul opozabil	X	X
Degetul 4	X	X
Degetul 5	X	X
Palmă	X	X
Număr de legături	22	17
Număr de articulații	24	18
Numărul gradelor de libertate controlate	1	13 (3 încheietură + 10 degete)
Mărime față de mâna umană	=	>>
Suprafețe apte pentru contactul cu produsele	Vârful degetelor / Falange	Vârful degetelor / Falange / Palmă
Finețea și continuitatea suprafeței de contact	Slabă	Bună
Concept Structural	Endoschelet	Exoschelet
Amplasarea Actuatorului	De la distanță	In interiorul degetelor
Tipul Actuatorului	Motor electric rotativ	Pneumatic
Revenirea degetelor	Lipsește	X
Tipul articulațiilor pasive	Articulație adaptivă condusă pasiv	Articulație rigidă condusă pasiv
Tipul transmisiei	Mecanisme de legatură	Directă
Drumul transmisiei	-	-
Poziția senzorilor - pe motor	X	X
Senzori pentru poziția articulațiilor	-	Senzori de încovoiere

Senzori pentru cuplul articulațiilor	-	-
Senzori pentru tensiunea tendoanelor	-	-
Senzori pentru randamentul motorului	Mecanism cu auto-adaptare	-
Senzori tactili intrinseci	-	-
Matrice de senzori tactili	-	Senzori de presiune în legăturile degetelor
Senzori adiționali	-	-
Poza	 <p>[Fukaya N. et al., 2000]</p>	 <p>[Schulz S. et al., 2001]</p>

Tot în anul 2000 au mai fost realizate 2 dispozitive de prindere flexibile: mâna Tuat/Karlsruhe și mâna Ultralight. Prima a fost dezvoltată de către Universitățile Tokyo și Karlsruhe. Avea toate elementele unei mâini umane, cu 22 legături, 24 articulații și doar 1 singur grad de libertate controlat. Finețea suprafețelor de contact era cam scăzută. Motoarele electrice rotative transmiteau mișcarea prin mecanisme de legătură. Motorul avea senzori pentru poziționare și pentru randament (mecanism cu auto-reglare).

Mâna Ultralight a fost realizată tot în cadrul Universității din Karlsruhe, dar de alți autori. Era tot o mână completă, cu 17 legături, 18 articulații și 13 grade de libertate controlate (3 la încheietură și 10 la degete). Era mult mai mare decât o mână umană, dar cu o bună finețe și continuitate a suprafețelor de contact cu obiectele. Tipul transmisiei era directă, cu senzori pentru poziția motorului, poziția articulațiilor (senzori de încovoiere), și senzori de presiune în legăturile degetelor.

Tabelul 4.4.3.9: Măinile Gifu și Shadow

Numele proiectului	Mâna Gifu	Mâna Shadow
Autor	Kawasaki / Shimomura / Shimizu	Compania Shadow Robot Ltd
Institutul de cercetare	Universitatea Gifu	Compania Shadow Robot Ltd
Anul prezentării	2001	2002
Degete principale	X	X
Degetul opozabil	X	X
Degetul 4	X	X
Degetul 5	X	X
Palmă	X	X
Număr de legături	21	24
Număr de articulații	20	23
Numărul gradelor de libertate controlate	16	23 (4x4 degete + 5 opozabil + 2 încheietură)
Mărime față de mâna umană	=	≥
Suprafețe apte pentru contactul cu produsele	Vârful degetelor /Falange/Palmă	Vârful degetelor /Falange/Palmă
Finețea și continuitatea suprafeței de contact	Bună	Acceptabilă
Concept Structural	Exoschelet	Exoschelet
Amplasarea Actuatorului	In interiorul degetelor	De la distanță
Tipul Actuatorului	Servo-motoare de curent continuu Maxon construit în interior	Pneumatic
Revenirea degetelor	-	X
Tipul articulațiilor pasive	Articulație rigidă condusă pasiv	-
Tipul transmisiei	Angrenaj cu melc	Tendoane
Drumul transmisiei	-	Inexistent
Poziția senzorilor - pe motor	X	-

Senzori pentru poziția articulațiilor	-	Bazat pe efectul Hall
Senzori pentru cuplul articulațiilor	-	-
Senzori pentru tensiunea tendoanelor	-	-
Senzori pentru randamentul motorului	-	X
Senzori tactili intrinseci	Senzori de forță cu 6 axe în vârful degetelor	-
Matrice de senzori tactili	Senzori tactili rezistivi distribuiți	-
Senzori adiționali	-	-
Poza	 [http://robo.mech.gifu-u.ac.jp/papers/pdf/P_2001/Gifu%20hand.pdf]	 [http://www.shadowrobot.com/gallery.shtml?gallery=h andC5r_061102&img=rest_pos.jpg]

Mâna Gifu a fost creată în anul 2001 de Universitatea cu același nume. Era un dispozitiv cu toate componentele unei mâini umane, cu 21 de legături, 20 de articulații și 16 grade de libertate controlate. Era de aceeași mărime cu mâna umană. Structura era de exoschelet cu servomotoare de curent continuu Maxon (cu senzori de poziție) construite în interiorul acestuia care transmiteau mișcarea prin intermediul roților melcate.

Mâna Shadow a fost realizată de compania Shadow Robot în anul 2002. Conține toate elementele mâinii umane, cu 24 de legături, 23 de articulații și 23 de grade de libertate controlate (4x4 la degete, 5 la degetul opozabil și 2 în încheietură). Mâna avea dimensiunea mâinii umane, dar antebrațul crește în diametru odată cu distanța față de mână. Avea actuatori pneumatici poziționați la distanță care transmiteau mișcarea prin tendoane.

Tabelul 4.4.3.10: Mâna Schunk Dextrous

Numele proiectului	Mâna Schunk Dextrous
Autor	Schunk
Institutul de cercetare	Schunk
Anul prezentării	2006
Degete principale	X
Degetul opozabil	X
Degetul 4	-
Degetul 5	-
Palmă	X
Număr de legături	
Număr de articulații	9
Numărul gradelor de libertate controlate	9
Mărime față de mâna umană	x2
Suprafețe apte pentru contactul cu produsele	Vârful degetelor / Falange / Palmă
Finețea și continuitatea suprafeței de contact	Acceptabilă
Concept Structural	Exoschelet
Amplasarea Actuatorului	În interiorul fiecărei articulații
Tipul Actuatorului	Direct Drive/Servo
Revenirea degetelor	
Tipul articulațiilor pasive	-
Tipul transmisiei	Directă
Drumul transmisiei	-
Poziția senzorilor - pe motor	
Senzori pentru poziția articulațiilor	X
Senzori pentru cuplul articulațiilor	-
Senzori pentru tensiunea tendoanelor	-
Senzori pentru randamentul motorului	X
Senzori tactili intrinseci	X
Matrice de senzori tactili	X



Acest dispozitiv de prehensiune servo-electric cu trei degete are 8 grade de libertate programabile. A fost prezentat pentru prima dată în 29.06.2006. Două degete pot schimba poziția pentru diferite scenarii de prindere a obiectelor. Presiunea și recunoașterea suprafețelor sunt realizate de un sistem de senzori tactili. Avantajul principal al acestei maini robotice este rezistența la praf și la apă.

4.4.4. Concluzii referitoare la soluțiile existente pe piață

Soluțiile prezentate sunt foarte complexe, dar și complicate. Au în componență multe piese, fapt ce implică o mulțime de probleme posibile: au multe motoare și senzori (programare grea și complexă), cabluri și conectori, lucruri care nu le fac fiabile. Prin încercarea de a reproduce mâna umană, autorii au complicat dispozitivele adăugându-le multe piese care le permit să realizeze mișcări similare mâinii, dar astfel ei au ridicat în același timp prețul.

În concluzie, aceste soluții având multe componente, sunt greu de programat, nu sunt fiabile și au costuri ridicate.

Capitolul 5. Contribuții la soluții tehnice privind optimizarea sistemelor de ambalare

În procesul de fabricație a produselor agroalimentare intervin sistemele de ambalare. Acestea sunt în general compuse din benzi transportoare, roboți și sisteme de înfoliere, sisteme de paletizare.

Analiza problemelor de ambalare este necesară pentru a realiza stocarea și livrarea eficientă a produselor ambalate. Pentru a integra aceste sarcini se definesc robotul și perifericele sale, dar și layout-ul sistemului și coordonatele acestuia [Yu S.N. et al., 2008].

Celula robotică necesită obținerea de informații în timp real despre poziția produsului pe conveior, informație care este apoi trimisă controlerului robotului. Acesta comandă dispozitivul de prehensiune care prinde și aranjează corespunzător poziția produselor pe banda transportoare, acestea fiind apoi trimise către sistemul de înfoliere.

Pot fi dezvoltate soluții cu elemente robotice bazate pe utilizarea sistemelor de prehensiune flexibile pentru produse cu forme complexe, sau cu sisteme de prehensiune simple și ieftin de fabricat oferind timpi de reacție reduși [Stas O. et al., 2009].

Logistica robotizată poate fi înțeleasă ca un câmp de activități în care utilizarea tehnologiilor robotizate industriale sunt oferite și au cerere pentru a asigura optimizarea fluxului intern producție. Activitățile pot fi clasificate în câteva scenarii ca încărcarea/descărcarea produselor agroalimentare și paletizarea/depaletizarea lor [Echelmeyer W. et al., 2008].

Amplasamentul liniei de producție este determinat de spațiul de lucru al roboților și se urmărește o amprentă la sol cât mai redusă.

Un dispozitiv de prehensiune cu acționare pneumatică este indicat datorită constrângerilor vitezei și accelerației cuplelor, cu scopul de a realiza o productivitate mai mare și o implementare mai ușoară [Zhang LA. et al., 2008].

Scopul acestei lucrări este reprezentat de implementarea elementelor robotizate în procesul de fabricație.

5.1. Dispozitiv de prehensiune pentru manipularea produselor de formă cilindrică sau paralelipipedică

Pentru a realiza stocarea și livrarea eficientă a produselor ambalate la compania Coca Cola se propune modernizarea actualei linii de paletizare prin introducerea de celule robotizate pe fluxul de paletizare.

Sistemul de paletizare va fi compus din două conveioare care alimentează celula cu produse preambalate pe două linii separate. De aici produsele sunt prinse și poziționate de către doi roboți pe europaletți, aceștia din urmă fiind poziționați între cei doi roboți prin intermediul altor benzi transportoare. După ce se realizează numărul prestabilit de produse amplasate pe palet, conveiorul transportă paletul încărcat la sistemul de înfoliere, iar după ce procedura de înfoliat se încheie, paletul este transportat în depozit.

Această soluție a fost aleasă pentru a folosi la maxim actuala configurație a liniei de paletizare a întreprinderii și a minimiza astfel costurile de implementare. Datorită capacității roboților de a realiza mișcări fluente, calitatea produselor agroalimentare este îmbunătățită, fiind eliminată agitarea și deteriorarea acestora de către dispozitivele automate de paletizare.

Una din problemele care trebuie rezolvată este proiectarea și realizarea dispozitivelor de prehensiune, care ar trebui să fie capabile să manipuleze produse preambalate în plastic sau carton, cu o sarcină maximă de $m=4\text{kg}$. Forma produsului preambalat este cilindrică sau paralelipipedică. Griperele ar trebui să centreze produsele după axa acestora, ar trebui să dispună de senzori de prezență, ar trebui să existe și compleanță fără a fi nevoie de prezența unui mecanism pentru realizarea micromișcărilor. Un număr de două degete este suficient pentru ca dispozitivul de prehensiune să poată centra produsul de formă cilindrică sau paralelipipedică după axa acestuia.

5.1.1. Scheme cinematice

Pentru rezolvarea unei probleme similare în literatura de specialitate au fost propuse mai multe scheme cinematice.

Unele din acestea sunt mecanisme cu bare (figura 5.1.1.1), altele sunt de tipul cu o singură roată dințată și bare (5.1.1.2) sau mecanisme cu 2 roți dințate și bare de acționare (5.1.1.3).

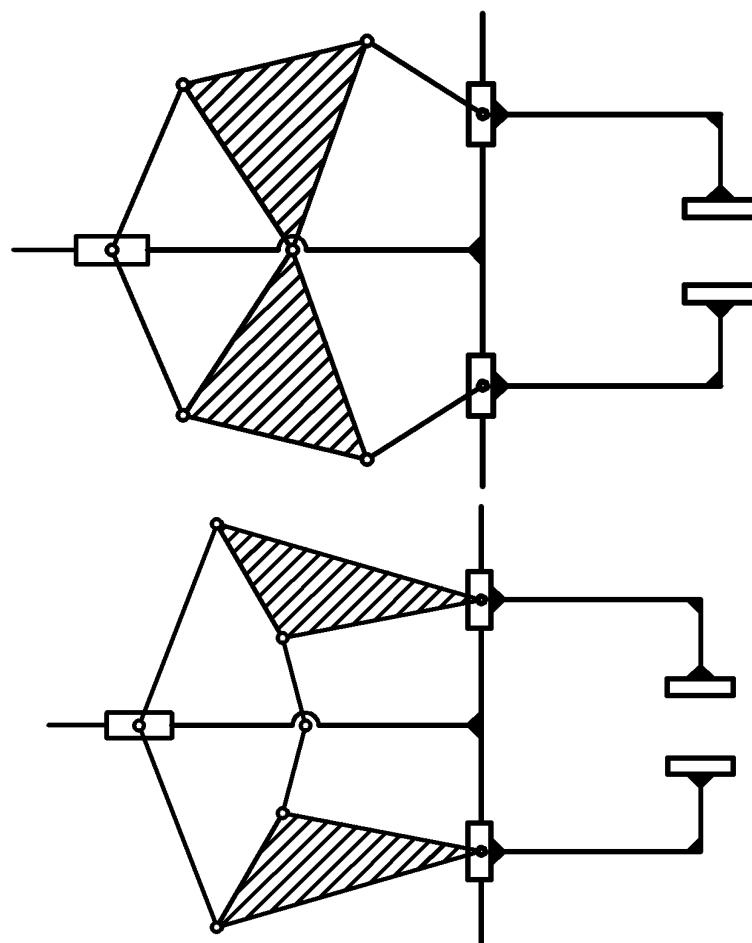


Figura 5.1.1.1: Scheme cinematice propuse pentru griper
[Mesaros-Anghel V., 1991]

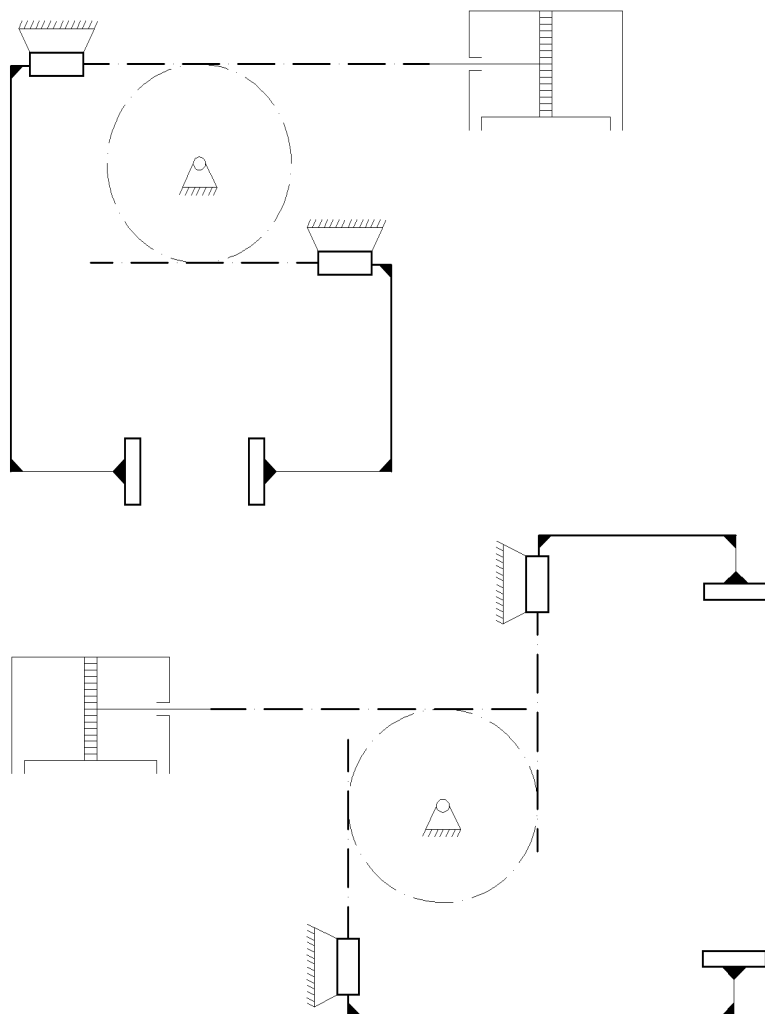


Figura 5.1.1.2: Scheme cinematice propuse pentru griper
[Mesaros-Anghel V., 1991]

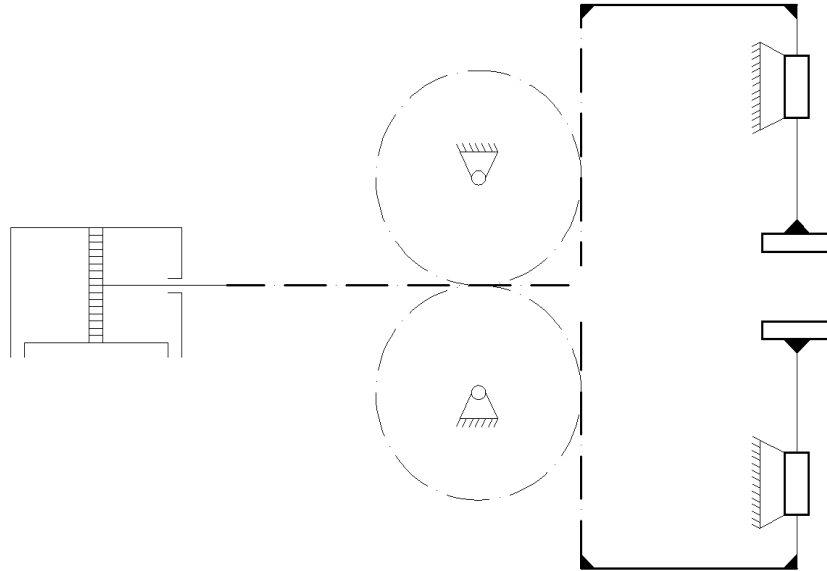


Figura 5.1.1.3: Scheme cinematice propuse pentru griper
[Mesaros-Anghel V., 1991]

Se alege schema cinematică din figura 5.1.1.4 ca fiind cea mai simplă, sigură și ieftină de realizat.

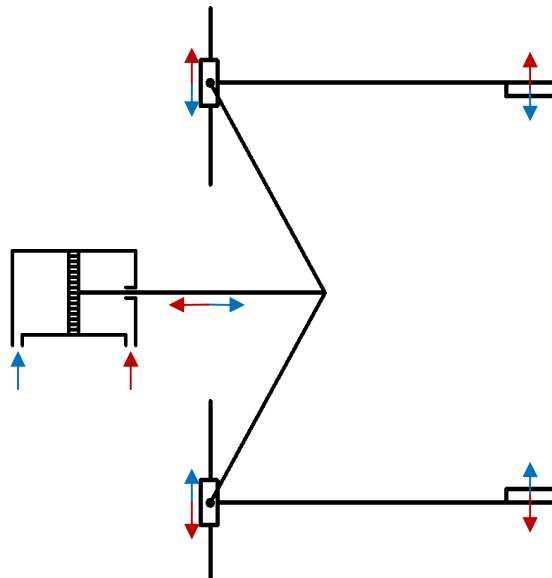


Figura 5.1.1.4: Schema cinematică aleasă pentru dispozitivul de prehensiune

Motorul împinge și trage o tijă metalică ce este conectată la alte două tije. Acestea sunt conectate pe capetele opuse la două părți culisante, pe care sunt montate degetele. Când motorul trage tija metalică, degetele eliberează produsul, iar când motorul împinge tija metalică, degetele prind produsul. Pe vârful degetelor sunt montați senzori de contact astfel încât alimentarea motorului să fie întreruptă în momentul prinderii produsului, fără a deteriora ambalajul sau chiar produsul în sine. Mulțumită acestor senzori nu este necesară prezența unor suprafețe cauciucate sau a altor suprafețe moi pentru a manipula produsele.

Această soluție reprezintă o opțiune simplă, ușor de realizat și programat.

Materialul din care sunt construite piesele principale este OL50, deoarece este ieftin și produsele pe care dispozitivul trebuie să le manipuleze sunt preambalate sau sunt ambalate în ambalaje primare, deci nu există nici un risc de contaminare al produselor.

5.1.2. Calcule pentru alegerea motorului de acționare

Următorul pas este alegerea motorului de acționare a dispozitivului.

Pentru acest lucru trebuie determinată forța necesară a motorului pentru ca dispozitivul să poată prinde cele mai mari ambalaje (150mm), cele mai mici (50mm), dar și ambalaje de dimensiuni intermediare (cu greutatea maximă de 4kg specificată anterior). Algoritmul folosit presupune determinarea distribuției forțelor în schema mecanismului. Datele cunoscute sunt reprezentate de forța de strângere, schema cinematică a mecanismului și dimensiunile principale (lungimea elementelor componente și unghiul dintre acestea).

Pentru a calcula forța de strângere necesară se iau în considerare următoarele date:

- coeficient de siguranță: $c = 1,5$
- numărul degetelor: $n = 2$
- accelerația gravitațională: $g = 10 \text{ m/s}^2$
- accelerația produsului: $a = 15 \cdot g = 150 \text{ m/s}^2$ [Mesaros-Anghel V., 1991]
- coeficientul de frecare pentru suprafețe uscate și viteze mici de alunecare (pentru oțel pe plastic): $\mu_f = 0,4$ [Hutte, 1995].

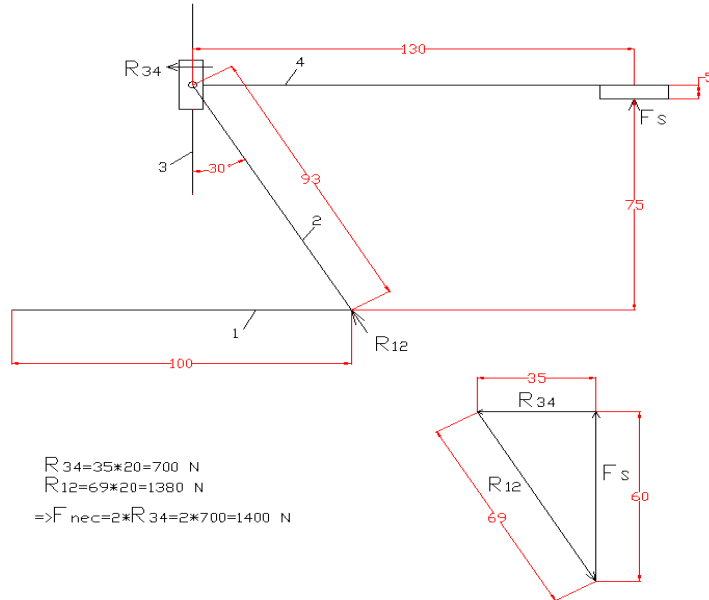
Forța normală pe suprafața dispozitivului de prehensiune este [Mesaros-Anghel V., 1991]:

$$F_N = m \cdot (g+a) / n \cdot \mu_f \quad \Rightarrow \quad F_N = 800 \text{ N} \quad (5.1.2.1)$$

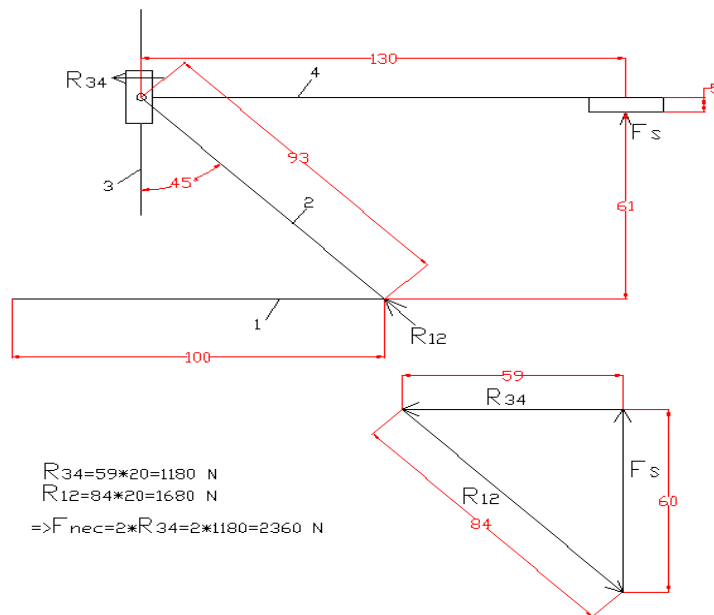
Forța de strângere a dispozitivului de prehensiune este [Mesaros-Anghel V., 1991]:

$$F_S = c \cdot F_N \quad \Rightarrow \quad F_S = 1.2 \cdot 10^3 \text{ N} \quad (5.1.2.2)$$

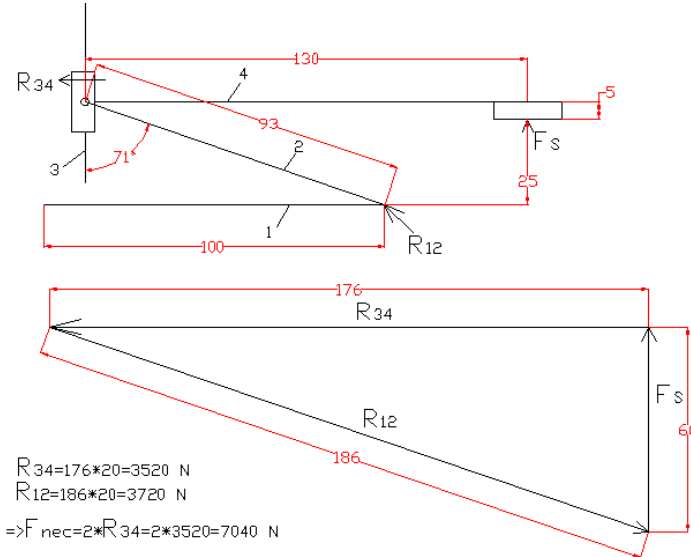
Pentru deschiderea maximă a bacurilor:



Pentru o deschidere intermediară a bacurilor:



Pentru deschiderea minimă a bacurilor:



Reacțiunile sunt calculate folosind o reprezentare 2D scalată (1:20): știind valoarea scalată F_s , unghiul dintre F_s și R_{12} (reacțiunea forței între primul și al doilea element), că R_{34} (reacțiunea forței între elementele 3 și 4) este orizontală, și că reacțiunile celor două forțe se intersectează, valoarea lor poate fi determinată prin măsurarea lungimii fiecărui segment rezultat.

După măsurarea acestora este necesară multiplicarea cu factorul de scalare (20) pentru a obține valorile forțelor.

Dispozitivul având două degete, forța necesară este dublul reacției forțelor dintre al treilea și al patrulea element.

Lucrând în industria agroalimentară, motorul hidraulic este interzis din cauza cerințelor legate de siguranța produselor.

În consecință se alege un motor pneumatic de la FESTO, Standard Cylinder DNC ISO15552, având codul specific DNC-125-80-PPV-A - 163500, care satisface cerințele rezultate din calculele anterioare.

5.1.3. Conexiunea dispozitivului de prehensiune cu robotul

Pentru acest dispozitiv de prehensiune este necesară prezența unei flanșe de montare pe robot (de exemplu pe robotul KUKA KR 15 SL, care este capabil să manipuleze produse cu o masă totală de 15 kg (figura 5.1.3.1)).



Figura 5.1.3.1: Robotul KUKA KR 15 SL
[http://www.kuka-robotics.com/en/pressevents/productnews/nn_040630_edelstahroboter.html]

Se proiectează flanșa cu opt găuri, 7 găuri M6 și 1x $\text{Ø}6$ mm, poziționate la un unghi de 45° una față de cealaltă, pe un cerc cu diametrul de $\text{Ø}50$ mm, pentru a putea fi montată pe flanșa robotului prezentată în figura 5.1.3.2. Gaura de $\text{Ø}6$ mm este poziționată astfel încât dispozitivul de prehensiune să poată fi conectat corespunzător pe brațul robotului.

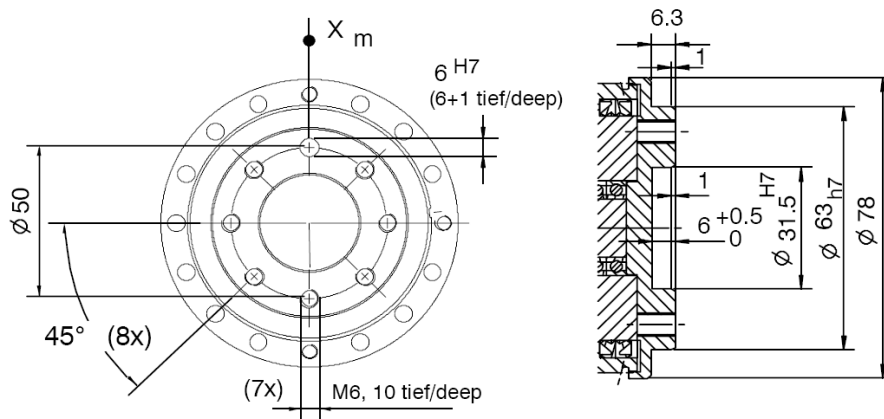


Figura 5.1.3.2: Flanșa robotului KUKA KR 15 SL
[<http://www.logismarket.es/ip/kuka-robots-iberica-robot-industrial-catalogo-robot-kuka-kr-15-sl-506083.pdf>]

5.1.4. Varianta funcțională

În figura 5.1.4.1. este prezentată varianta funcțională a dispozitivului de prehensiune. Dispozitivul a fost proiectat 2D și simulat în 3D cu ajutorul software-ului Pro/Engineer Wildfire 2.0. În anexa 1 este prezentat un desen de ansamblu al dispozitivului împreună cu desenele de execuție a bacurilor de prindere a produselor și a tijei principale care realizează conexiunea între motorul pneumatic și ghidajele dispozitivului.

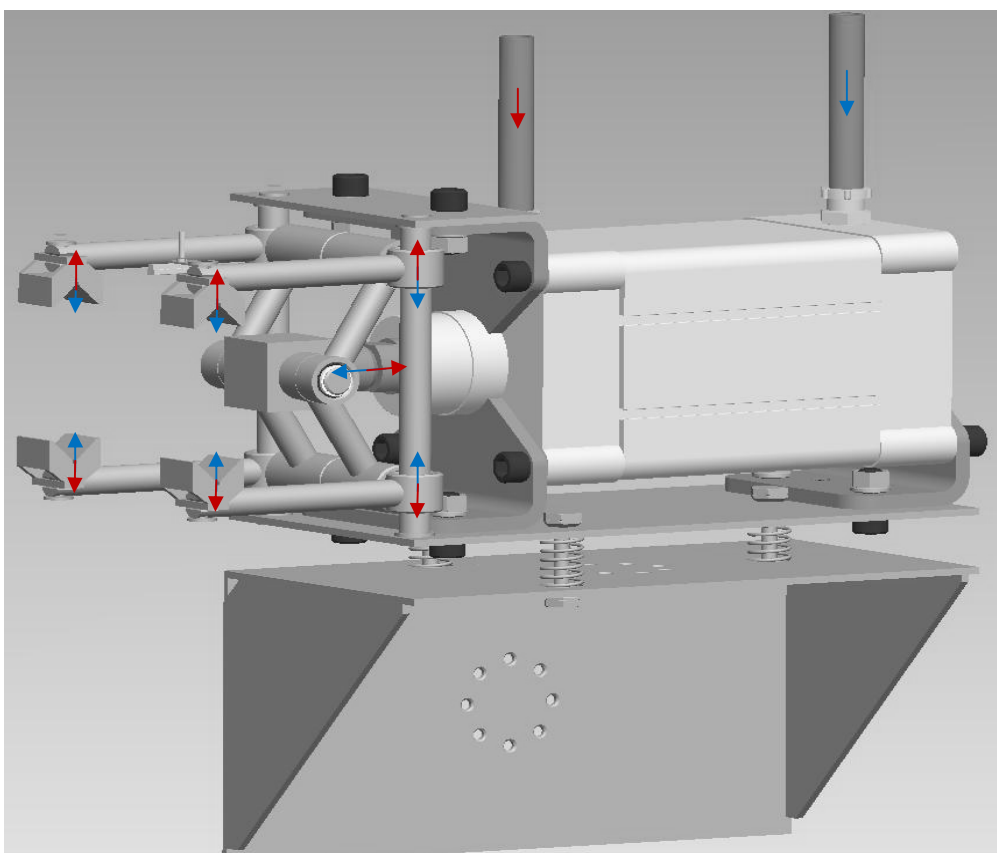


Figura 5.1.4.1: Varianta funcțională a griperului

Flanșa are două poziții de montare, astfel încât dispozitivul să poată fi adaptat la diferite sarcini. Griperul este atașat flanșei folosind șuruburi și arcuri, astfel ca funcția de compleanță să fie îndeplinită. Conexiunile la sistemul de aer comprimat (tuburile de

culoare albastră în figura 5.1.4.2) sunt poziționate pe partea superioară a dispozitivului, astfel evitându-se apariția accidentelor în timpul funcționării.

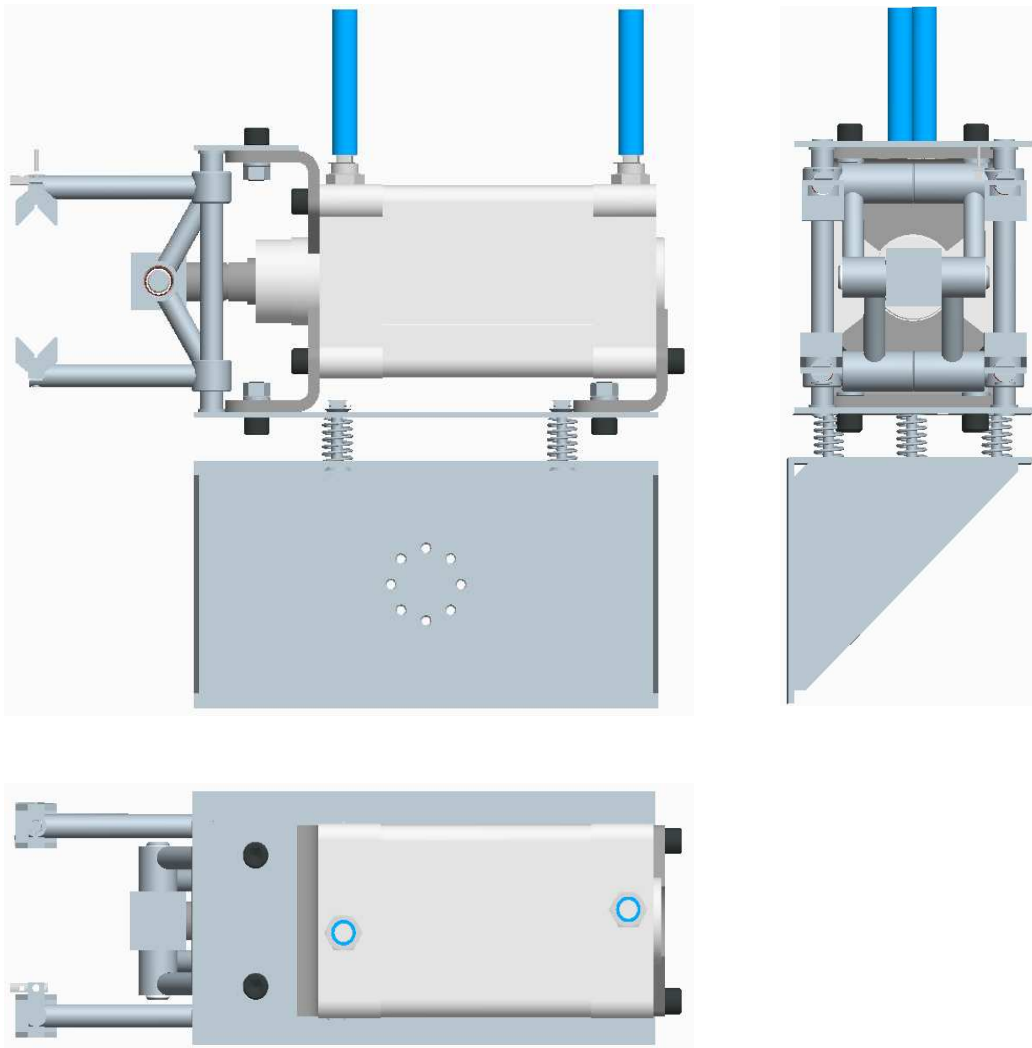


Figura 5.1.4.2: Vederi ale dispozitivului de prehensiune pentru manipularea produselor de formă cilindrică sau paralelipipedică

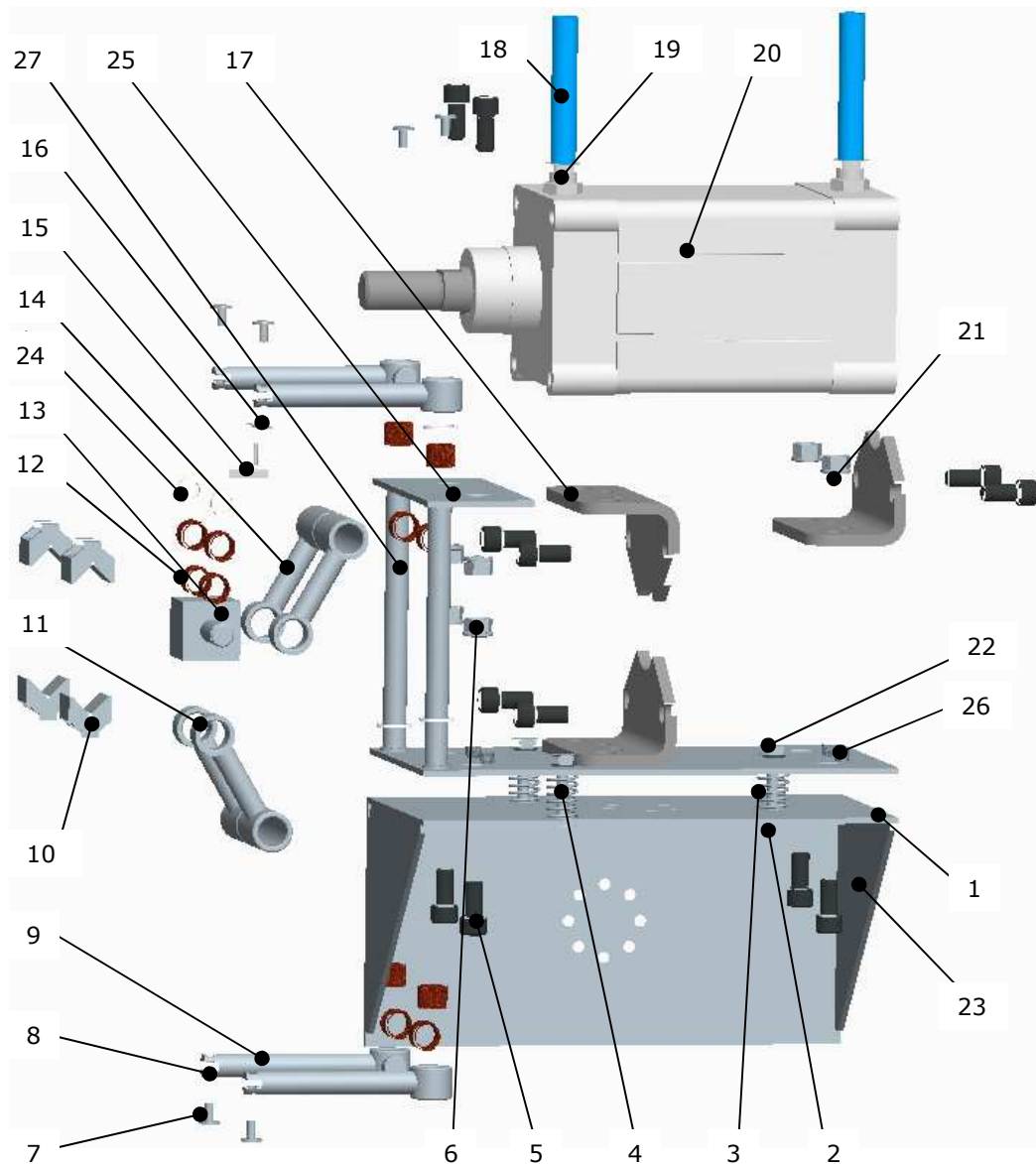


Figura 5.1.4.3: Vedere explodată a dispozitivului de prehensiune pentru manipularea produselor de formă cilindrică sau paralelipipedică

Figura 5.1.4.3 reprezintă o vedere explodată a dispozitivului de prehensiune pentru manipularea produselor de formă cilindrică sau paralelipipedică. Astfel pot fi observate piesele componente:

- 1-placă metalică (piesă componentă a flanșei);
- 2-piuliță conică M8;
- 3-arc spirală;
- 4-tijă filetată;
- 5-șurub M12x30 cu cap hexagonal;
- 6-piuliță M12;
- 7-șurub M6x25;
- 8-șabă Grover;
- 9-culisă braț;
- 10-bac;
- 11-braț inferior;
- 12-bucșă sinterizată;
- 13-tija centrală;
- 14-braț superior;
- 15-senzor de proximitate;
- 16-placă metalică pentru fixarea senzorului de proximitate;
- 17-picior motor;
- 18-tub $\Phi 12 \times 2$ pentru conexiunea cu aerul comprimat;
- 19-fiting G1/2;
- 20-motor pneumatic;
- 21-șabă 13;
- 22-piuliță M8;
- 23-placă metalică (piesă componentă a flanșei);
- 24-inel elastic;
- 25-placă metalică de fixare a piciorului superior al motorului;
- 26-bolț $\Phi 8 \times 16$ pentru centrarea picioarelor motorului pe placa suport;
- 27-bară metalică folosită pentru ghidajul degetelor.

Efactorii finali pot fi cu ușurință schimbați pentru adaptarea dispozitivului la diferite produse agroalimentare, făcând astfel acest sistem de paletizare mai eficient și îmbunătățind șansele de a-l implementa în diferite linii de ambalare și de asemenea mărirind productivitatea.

5.2. Dispozitiv de prehensiune flexibil pentru manipularea produselor de orice formă

Există întreprinderi care ambalează o gamă diversificată de produse. De asemenea evoluția cerințelor pieței impune adesea diversificarea rapidă a ambalajelor. În aceste cazuri liniile automate proiectate să deservească doar o anumită categorie de produse, așa cum era de exemplu cea prezentată în subcapitolul anterior, nu mai sunt eficiente. Se impune folosirea unor dispozitive de prehensiune flexibile care sunt mai scumpe dar pot manipula produse de orice formă. Aceste dispozitive trebuie să răspundă, dacă se poate în mod optim, la problema prezentată în cadrul capitolului 4.4.1.

5.2.1. Obiective necesare pentru o soluție optimă

Pentru a obține o soluție optimă la problema prezentată în cadrul capitolului 4.4.1. există câteva obiective care trebuie îndeplinite.

Dispozitivul de prehensiune ar trebui să fie un aparat care:

- are un număr mic de componente, de unde rezultă un cost mai mic pentru producție;
- are o structură solidă, dar în același timp flexibilă;
- mișcarea componentelor să fie realizată de un număr cât mai mic de motoare, pentru a avea mai puține probleme de programare și cât mai puține elemente de transmisie pentru a fi mai sigur;
- are dimensiuni reduse;
- are degetele/brațele construite într-o modalitate care să-i permită diferite tipuri de prindere fără a fi necesară modificarea sau înlăturarea vreunei componente din structura dispozitivului.

Din geometria elementară se știe că 3 puncte fixează/determină un plan în spațiu. Dacă cele 3 puncte aparțin suprafeței unui obiect, iar planul determinat de cele 3 puncte trece aproximativ prin centrul de greutate al obiectului, mișcând sincronizat aceste 3 puncte obiectul poate fi rotit/deplasat în spațiu.

Deci cel mai simplu dispozitiv de prehensiune care corespunde solicitării de a fixa corespunzător un obiect trebuie să aibă 3 puncte de prindere/fixare a obiectului.

5.2.2. Conceptul dispozitivului de prehensiune flexibil

Soluția care îndeplinește obiectivele propuse este un dispozitiv de prehensiune cu un singur motor care acționează trei degete. Primele două degete trebuie să facă rotații în jurul axelor proprii, astfel schimbându-și poziția și tipul de prindere. Al treilea deget trebuie să se poată mișca doar pentru a prinde sau elibera produse (figura 5.2.2.1).

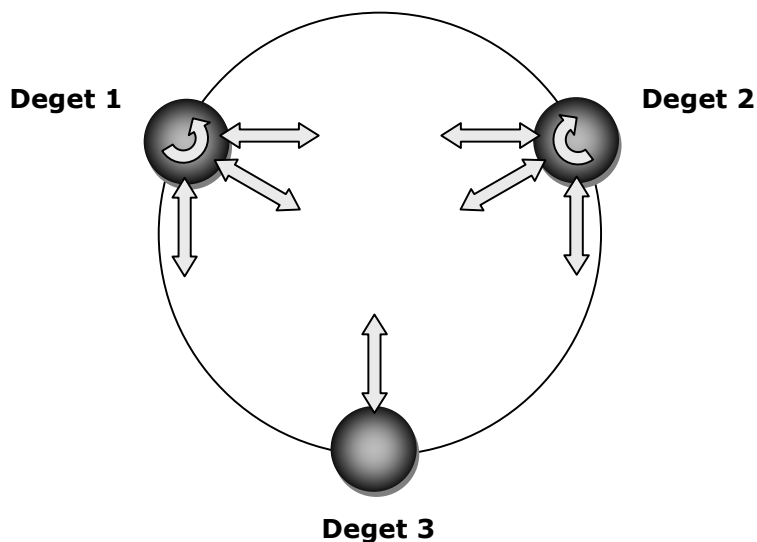


Figura 5.2.2.1: Posibilitățile de mișcare a degetelor

În unele cazuri al treilea deget trebuie să poată fi blocat în afara spațiului de lucru, astfel dispozitivul devenind unul cu două degete.

Când doar primele două degete sunt folosite, dispozitivul poate realiza o prindere paralelă. Asta înseamnă că al treilea este scos din uz. În figura 5.2.2.2 acest tip de prindere este foarte clar descris.

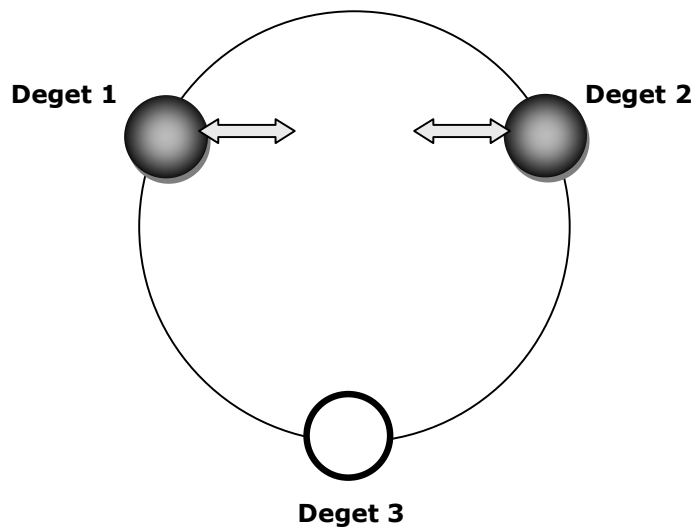


Figura 5.2.2.2: Prindere paralelă în două puncte

Când toate cele trei degete sunt folosite, dispozitivul poate realiza o prindere paralelă în trei puncte (figura 5.2.2.3)

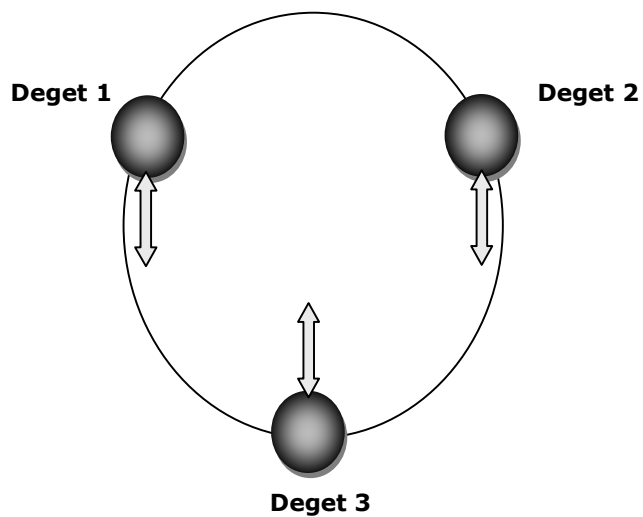


Figura 5.2.2.3: Prindere paralelă în trei puncte

sau o prindere centrală în trei puncte (figura 5.2.2.4).

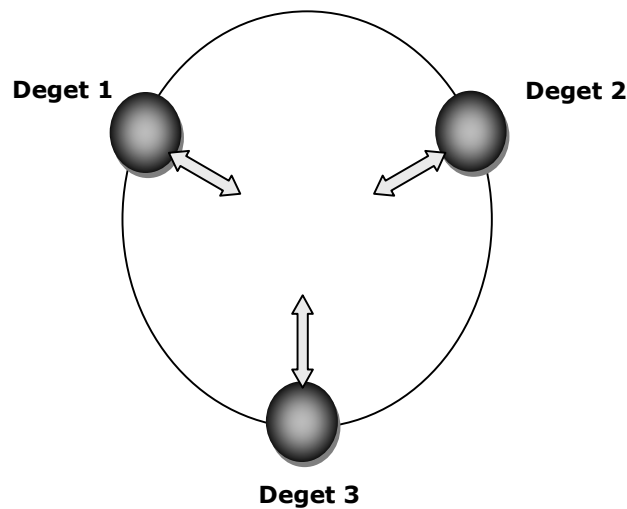


Figura 5.2.2.4: Prindere centrală în trei puncte

Un dispozitiv care materializează ideea anterioară este foarte simplu.

Pentru a fi flexibil trebuie să aibă posibilitatea de a-și modifica structura pentru manipularea produselor de diferite forme.

Dacă are doar un singur motor care să-l acționeze, programarea devine ușoară și singurele cabluri necesare sunt cele pentru alimentarea cu energie, de control și cele pentru eventualii senzori montați pe degete.

Pentru realizarea unui dispozitiv prehensibil eficient și simplu ar trebui implementată în practică soluția de mai sus.

5.2.3. Dispozitiv de prehensiune flexibil cu motor electric liniar

Implementarea practică a soluției de mai sus este prezentată pentru prima dată în lucrarea lui Becker R. (2008): „Industrial robot pick-up grip has three fingers two of which shift through both horizontal and vertical axes”.

Rezultatul este un dispozitiv acționat de un motor electric liniar central care este conectat la o piesa centrală de acționare.

Pentru ca degetele să realizeze prinderea dar să se și rotească există două came spațiale conectate la piesa centrală a dispozitivului prin intermediul unor bolțuri. Cele două came au calea de rulare prelucrată în oglindă, astfel când una se rotește în sensul acelor de ceasornic, cealaltă se rotește în sens opus. Cele două degete sunt conectate la aceste came, deci se rotesc în același timp.

Calea de rulare a camei are trei secțiuni principale:

- partea superioară este concepută pentru mișcarea degetului (la punctul 0 (0°) se realizează prinderea centrală în trei puncte; la 30° se face prinderea paralelă în două puncte; la 300° prinderea paralelă în trei puncte);
- secțiunea de mijloc este concepută pentru ajustarea poziției degetelor pentru diferitele tipuri de prindere;
- partea inferioară se folosește pentru blocarea sau deblocarea celui de-al treilea deget în afara spațiului de lucru.

Când partea centrală de acționare translatează în sus și în jos cele 2 bolțuri de pe ea fac actuatoarele degetelor să se rotească, și împreună cu acestea se rotesc și degetele. Actuatoarele au deasupra un mecanism de blocare făcut dintr-un bolț, un arc și găuri efectuate în actuatoare. Când bolțurile de la piesa centrală ajung în porțiunea de prindere de pe calea camei, inelele de acționare și piesa traslatorie a celui de-al treilea deget sunt ridicate de capacul piesei centrale, și astfel degetele fac prinderea. Degetele revin în poziția inițială cu ajutorul unor arcuri. Primele două degete au arcurile în actuatoare, în timp ce al treilea deget are arcul în lateralul său.

Acest dispozitiv este foarte flexibil având posibilitatea de a-și modifica structura fără intervenție umană.

Inconveniente ale acestei variante sunt date de dimensiunile mari ale motorului de acționare față de dispozitivul propriu-zis și poziția de funcționare care trebuie să fie verticală.

5.2.4. Dispozitiv de prehensiune flexibil cu motor electric rotativ pas cu pas

Acest dispozitiv (figura 5.2.4.1) se bazează pe ideea principală a dispozitivului anterior.

Proiectarea s-a făcut utilizând programul SOLIDWORKS și a fost obiectul exclusiv al lucrării mele Diploma thesis – Flexible Gripper. Timișoara.

Toate detaliile tehnice referitoare la acest dispozitiv se regăsesc în lucrarea de mai sus.

Față de varianta precedentă s-au adăugat noi componente și unele dintre cele inițiale au suferit modificări. Prin adăugarea de noi componente s-a urmărit ca dispozitivul să aibă o funcționare îmbunătățită.

Una dintre cele mai importante schimbări o reprezintă motorul. Această variantă funcțională este concepută pentru un motor rotativ pas-cu-pas, lucru ce ajută la o mai ușoară și precisă programare a poziției degetelor. Deci în plus această variantă are un șurub cu filet trapezoidal și o piuliță la care este conectat motorul, iar piesa centrală de acționare este montată pe piuliță.

Din momentul în care s-a decis folosirea acestui tip de motor s-au mai adăugat doi rulmenți cu bile care să fixeze axial șurubul.

În figură, carcasa dispozitivului, capacul superior și capacul inferior sunt făcute transparente pentru o mai bună vizualizare a pieselor interne.

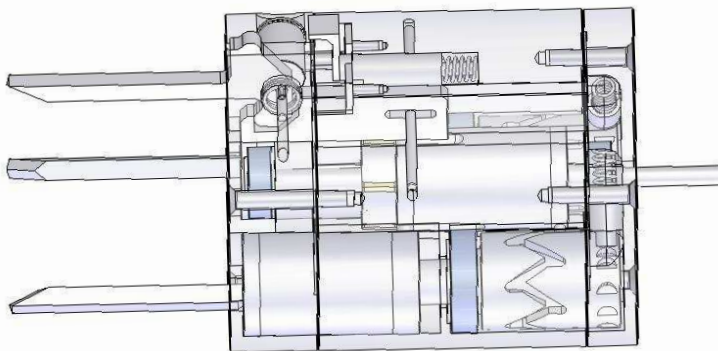


Figura 5.2.4.1: Dispozitivul cu motor electric rotativ pas cu pas

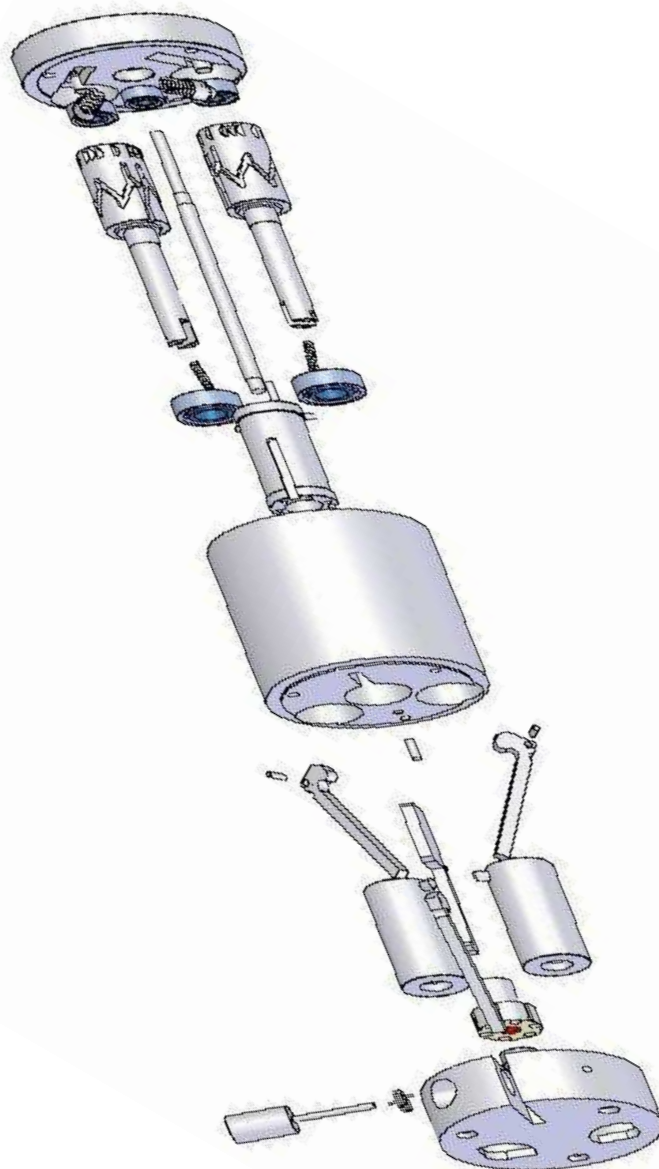


Figura 5.2.4.2: Dispozitivul cu motor electric rotativ pas cu pas, vedere explodată

5.2.5. Optimizarea elementelor principale ale dispozitivului de prehensiune flexibil

Optimizarea dispozitivului de prehensiune de mai sus se face din punct de vedere funcțional și constructiv.

Funcțional se urmărește siguranța în funcționare, simplitatea și posibilitatea prelucrării și a montării ușoare a componentelor.

Pentru optimizarea din punct de vedere constructiv se folosesc capacitățile programului SOLIDWORKS, modulul CosmosXpress, în care este proiectat dispozitivul, și a programului ANSYS Simulation 11.0 (vezi Anexa 2). Acest program permite afișarea mărimii tensiunilor și deformațiilor în diferite puncte ale dispozitivului. Prin analiza acestor mărimi se pot optimiza formele principalelor elemente de așa natură încât să se evite atingerea limitelor de rezistență ale materialelor precum și supradimensionarea elementelor.

Prima problemă analizată este funcționarea actuatorilor.

Dispozitivul are un mecanism de blocare pentru actuatorii degetelor. Acestea sunt construite dintr-o piesă metalică și un arc ce permitea rotirea doar într-un singur sens. Același tip de mecanism ar fi fost folosit dacă deasupra actuatorilor ar fi fost montați rulmenți cu role pentru a asigura rotația. (figura 5.2.5.1).

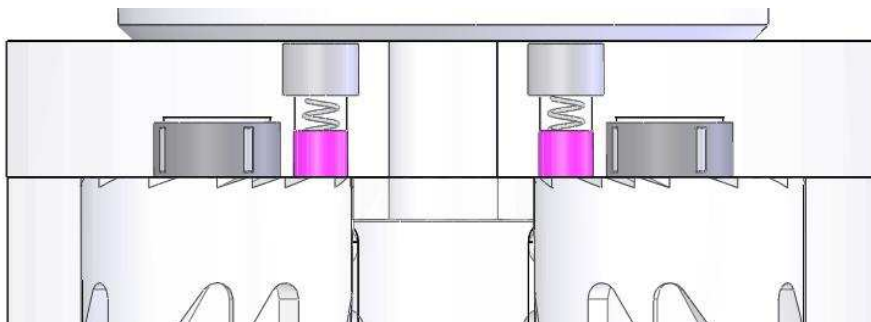


Figura 5.2.5.1: Actuatorii degetelor cu rulmenți cu role

Dar problema care se pune este că dispozitivul de prehensiune nu lucrează doar în poziție verticală, asta însemnând că are nevoie și de sprijin axial, suport pe care rulmenții cu role nu-l asigură. Rezultă astfel necesitatea de înlocuire a rulmenților cu role cu rulmenți cu bile, dar care sunt de diametru mai mare și mecanismul de blocare trebuie schimbat din motive de lipsă de spațiu.

Găurile pentru blocare au fost mutate pe flancurile actuatorilor degetelor și piesele de blocare au fost montate orizontal. În această situație actuatorii au crescut în lungime pentru a putea fi prelucrate găurile de blocare pe ele și astfel rulmenții au fost mutați în interiorul actuatorilor. De asemenea găurile au în această poziție o formă mai grea de prelucrat și au fost schimbate cu jumătăți de cerc (pentru a putea fi prelucrate cu o mașină de găurit) (figura 5.2.5.2).

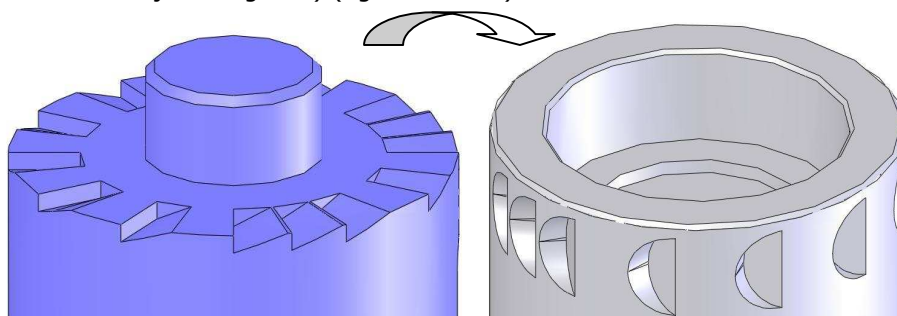


Figura 5.2.5.2: Versiunile actuatorilor degetelor (de la stânga la dreapta)

Problema care a apărut a fost că găurile nu puteau fi pe același loc cu calea camei (insuficient spațiu pentru mecanism; bolțul piesei centrale era prea aproape); soluția este să se rotească totul cu 60° la dreapta pentru actuatorul 1 și la stânga pentru actuatorul 2, deci gaura corespunzătoare fiecărei poziții este rotită cu 60° .

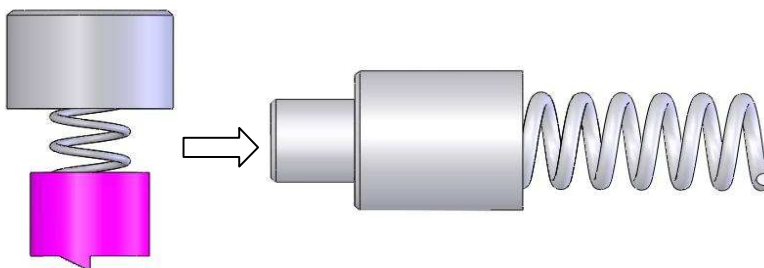


Figura 5.2.5.3: Versiunile mecanismului de blocare a rotației (de la stânga la dreapta)

Pentru aceste găuri, piesele de blocare (roz în figura 5.2.5.3) i se schimbă forma vârfului într-una cilindrică, care este mai ieftină și mai ușor de prelucrat.

Aceste piese (actuatoarele degetelor și mecanismul de blocare) au fost modificate când s-a luat decizia că este nevoie de mai mult spațiu în carcasă. Așadar, actuatoarele degetelor au pierdut găurile iar mecanismul de blocare a fost înlocuit cu un rulment cu un singur sens rotativ și inele interioare (figura 5.2.5.4).

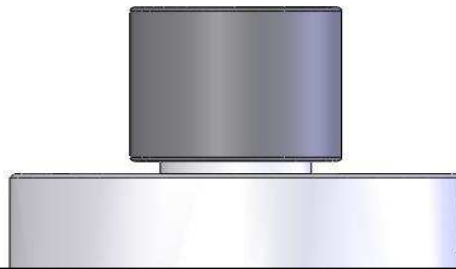


Figura 5.2.5.4: Rulmentul cu un singur sens de rotație, montat pe actuatorul degetului

De-a lungul acestor optimizări inclusiv capacul superior a evoluat ca formă, nu și ca mărime, ca în figura 5.2.5.5.

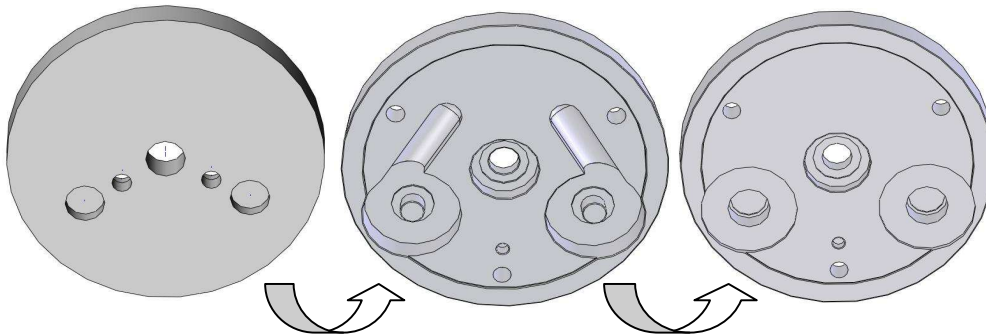


Figura 5.2.5.5: Evoluția capacului superior (de la stânga la dreapta)

Alte optimizări ale acestei variante funcționale au fost făcute și la al treilea deget. Piesa de translație are un canal și un bolt care trece prin ea pentru ghidaj. Deasemenea forma degetului diferă la partea superioară față de celelalte două din cauza mecanismului de blocare. Și acesta a trecut printr-o serie de optimizări timp în care a devenit mai sigur și mai stabil (figura 5.2.5.6).

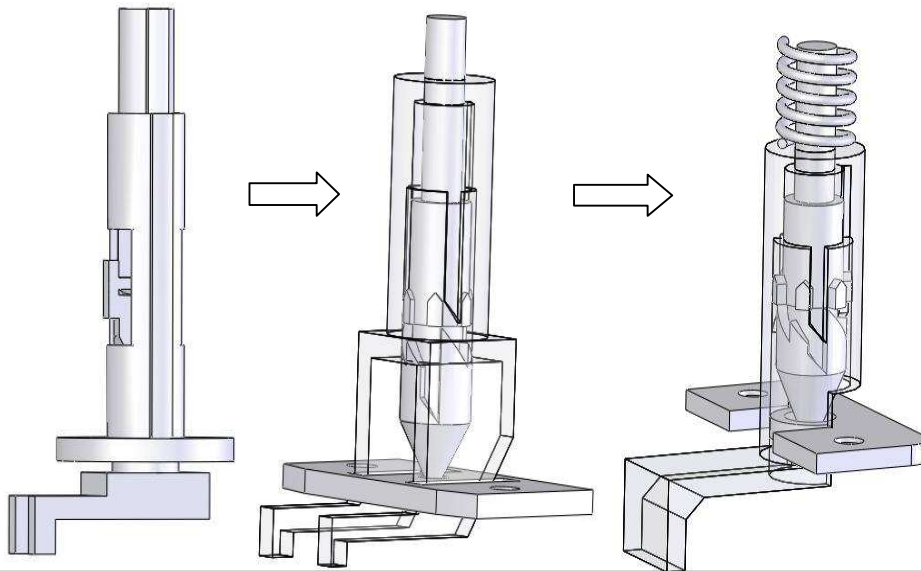


Figura 5.2.5.6: Evoluția mecanismului de blocare la al treilea deget (de la stânga la dreapta)

Prima variantă depindea de coeficientul de frecare și în unele cazuri de coliziuni piesa culisantă putea sări de pe traiectorie și de aceea nu a fost cea mai bună soluție. În cea de-a doua variantă problemele erau reprezentate de montarea dispozitivului și de acționarea piesei de blocare. Toate aceste probleme au fost rezolvate cu ultima variantă.

În figura 5.2.5.7 se poate observa o vedere explodată a dispozitivului de prehensiune flexibil cu rulmenți cu un singur sens rotativ. Componentele sunt următoarele:

- 1-capac superior;
- 2-rulment cu un singur sens rotativ 10x14x12 (cod INAHF1012);
- 3-știft de fixare (capac superior cu carcasa);
- 4-inel interior 7x10x12 (pentru rulmentul cu un singur sens rotativ) (cod INAIR7X10X12);
- 5-rulment cu bile superior pentru șurubul central 7x22x7 (cod FAG627, DIN625-1);
- 6-actuatorul 1 al degetului cu știftul de fixare pentru deget;
- 7-actuatorul 2 al degetului cu știftul de fixare pentru deget;

Dispozitiv de prehensiune flexibil pentru manipularea produselor de orice formă 139

- 8-piesa centrală;
- 9-piuliță din iglidur (de la compania IGUS, cod WSRM-2215TR10x2);
- 10-arc pentru deget;
- 11-rulment cu bile inferior al actuatorului degetului 15x32x8 (cod FAG16002, DIN625-1);
- 12-șurub central;
- 13-carcasă;
- 14-bolț de ghidare al celui de-al treilea deget;
- 15-arc pentru mecanismul de blocare a celui de-al treilea deget;
- 16-partea culisantă a mecanismului de blocare;
- 17-deget;
- 18-piesa superioară a mecanismului de blocare;
- 19-piesa inferioară a mecanismului de blocare;
- 20-capacul mecanismului de blocare;
- 21-piesă cu mișcare liniară pentru al treilea deget;
- 22-inel de acționare;
- 23-capacul piesei centrale;
- 24-rulmentul cu bile inferior al șurubului central 7x22x7 (cod FAG627, DIN625-1);
- 25-capac inferior;
- 26-arcul celui de-al treilea deget;
- 27-bolț de fixare pentru al treilea deget;
- 28-inel de siguranță;
- 29-al treilea deget.

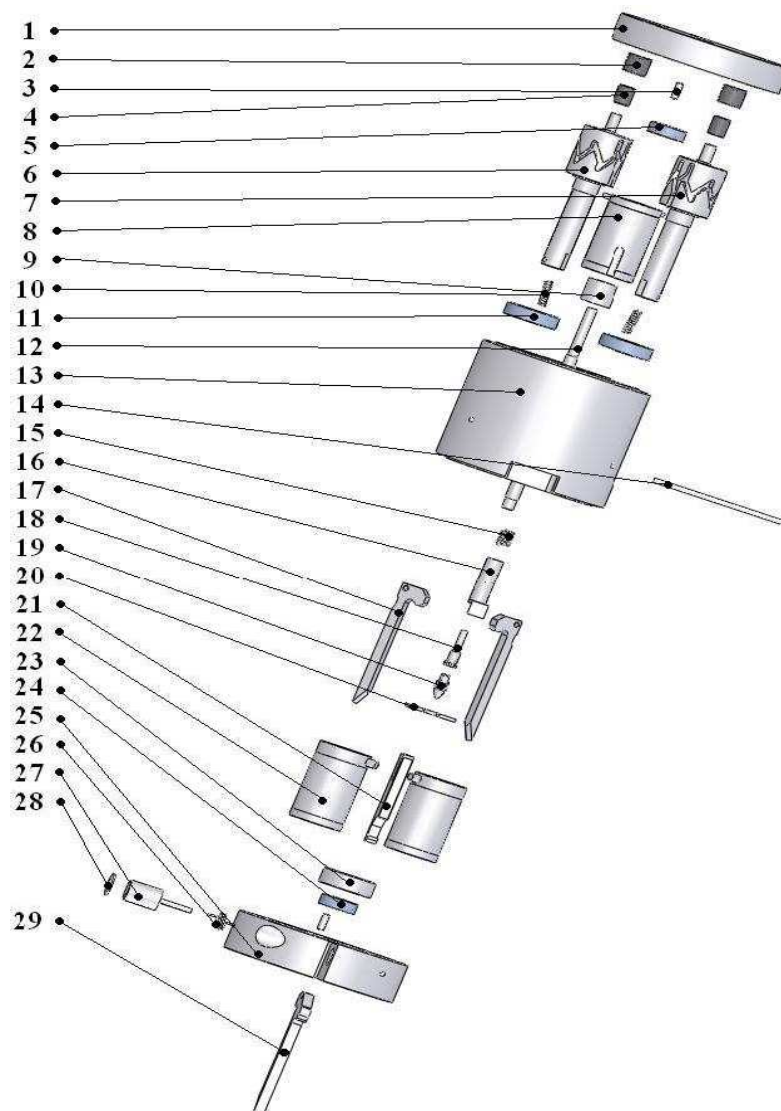


Figura 5.2.5.7: Vedere explodată a dispozitivului de prehensiune flexibil

5.2.5.1. Determinarea unghiului minim al traseului camei

Unghiul minim pe traseul camei de pe actuatorul degetului este:

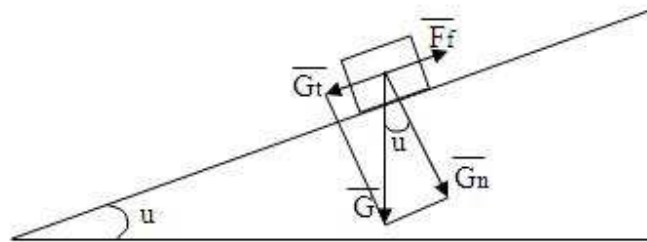


Figura 5.2.5.1.1: Determinarea unghiului minim

Determinarea unghiului minim al traseului camei de pe actuatorul degetului se face din figura de mai sus, unde:

- Ff = forța de frecare
- G = greutatea
- Gt = componenta tangențială a greutății
- Gn = componenta normală a greutății
- u = unghiul de înclinare a planului

Condiția inițială este ca:

$$Gt = Ff \quad (5.2.5.1.1)$$

$$Ff = c_f \cdot N \quad (5.2.5.1.2)$$

unde:

c_f = coeficientul de frecare

N = normala la plan (perpendiculara)

$$Ff = c_f \cdot Gn \quad (5.2.5.1.3)$$

$$\text{Din (1) } \Rightarrow G \cdot \sin(u) = c_f \cdot G \cdot \cos(u) \quad (5.2.5.1.4)$$

$$c_f = \frac{\sin(u)}{\cos(u)} = \text{tg}(u) \quad (5.2.5.1.5)$$

$$u = \text{arctg}(c_f) \quad (5.2.5.1.6)$$

Dacă $c_f = 0,35$ (coeficientul de frecare al oțelului pe alamă, în condiții uscate de funcționare), atunci rezultă $\alpha = 19,29^\circ$, deci unghiul minim necesar ca dispozitivul să nu se blocheze ar fi de cel puțin 20° .

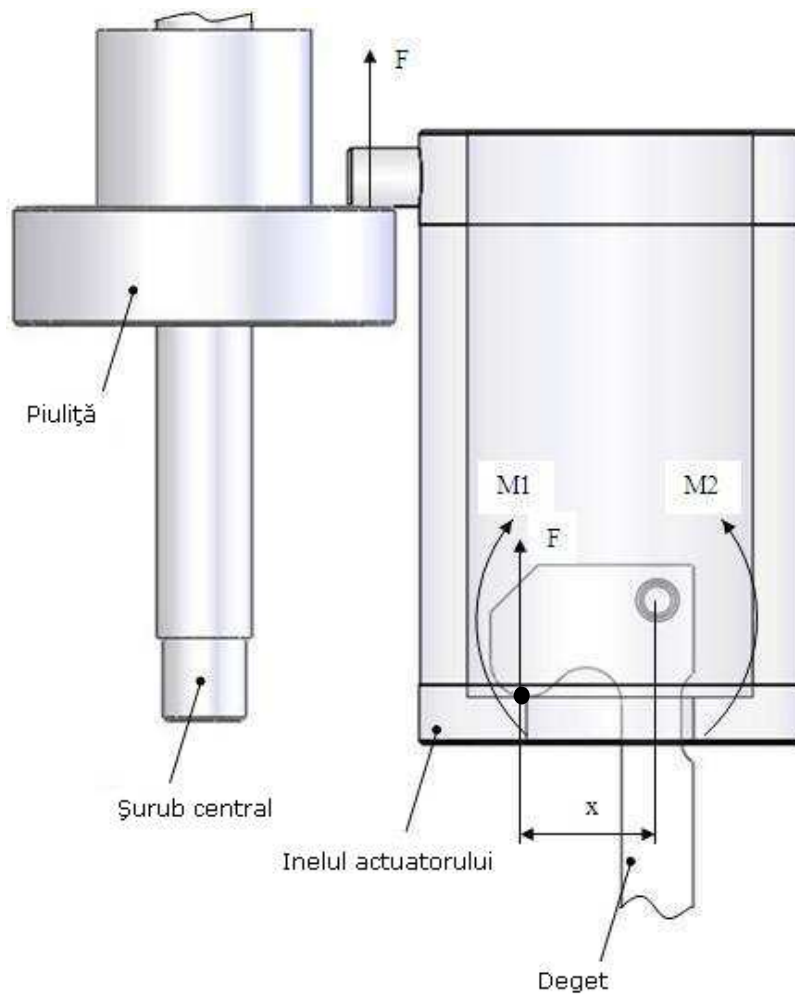


Figura 5.2.5.1.2: Schema forțelor

5.2.5.2. Alegerea motorului

Un pas important în realizarea dispozitivului îl reprezintă alegerea motorului. Presupunem că pentru manipularea sarcinii maxime este necesar un moment de 0,5Nm în axa degetului. Pornind de la această ipoteză se obține:

$$M1 = M2 = M \quad (5.2.5.2.1)$$

$$M1 = F \cdot X \quad (5.2.5.2.2)$$

Unde:

M1 = moment

F = forța necesară pentru a obține momentul dorit

X = distanța dintre axa degetului și locul aplicării forței (distanță cunoscută)

$$0,5 = F \cdot X$$

$$F = \frac{0,5}{X} = \frac{0,5}{0,011} = 45,45 \text{ N} \quad (5.2.5.2.3)$$

d = 10 mm (diametrul șurubului)

p = 2 mm (pasul)

F = 45,45 N

$\mu = 0,3$ (coeficient de frecare)

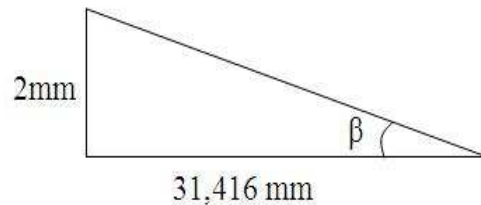


Figura 5.2.5.2.1: Desfășurarea filetelui șurubului central

$$\beta = \arctg \frac{2}{31,416} \quad (5.2.5.2.4)$$

$$\beta = 3,64^\circ$$

$$\eta = \frac{1 - \mu \operatorname{tg} \beta}{1 + \frac{\mu}{\operatorname{tg} \beta}} \quad (\text{randamentul}) \quad (5.2.5.2.5)$$

$$\eta = \frac{1 - 0,3 \times 0,06361}{1 + \frac{0,3}{0,06361}} = 0,1716$$

$$\mathbf{F} = \frac{2 \times \pi \times \eta \times \mathbf{M}}{p \times 10^{-3}} \quad (5.2.5.2.6)$$

$$\Rightarrow \mathbf{M} = \frac{\mathbf{F} \times p \times 10^{-3}}{2 \times \pi \times \eta} = \frac{45,45 \times 2 \times 10^{-3}}{2 \times \pi \times 0,1716} = 0,08431 \text{ [Nm]}$$

$$= 8,431 \text{ [Ncm]}$$

Unde \mathbf{M} = momentul necesar pentru a genera o forță de 45,45 N la un singur deget.

În concluzie, momentul total necesar este:

$$\mathbf{M}_{t.nec} = \mathbf{M} \times 3 \quad (5.2.5.2.7)$$

$$\Rightarrow \mathbf{M}_{t.nec} = 8,431 \times 3 = 25,293 \text{ [Ncm]}$$

Motorul ST4209M1206, un motor cu un cuplu mare de la compania Nanotec (are un cuplu de 35,4 Ncm), este ieftin și este folosit la aplicații cu precizie ridicată.



Figura 5.2.5.2.2: Motor pas cu pas de la firma Nanotec
[http://de.nanotec.com/schrittmotor_st4209.html]

5.2.5.3. Modelarea stării de tensiuni și deformații

Pentru a analiza distribuția efortului pe efectorul final s-au aplicat constrângeri și forțe pe deget ca în figura 5.2.5.3.1.

Presupunând că degetul prinde un produs și motorul continuă să aplice o forță de 45N după ce degetul nu mai poate să miște, distribuția efortului și valorile lui sunt date în figura 5.2.5.3.2.

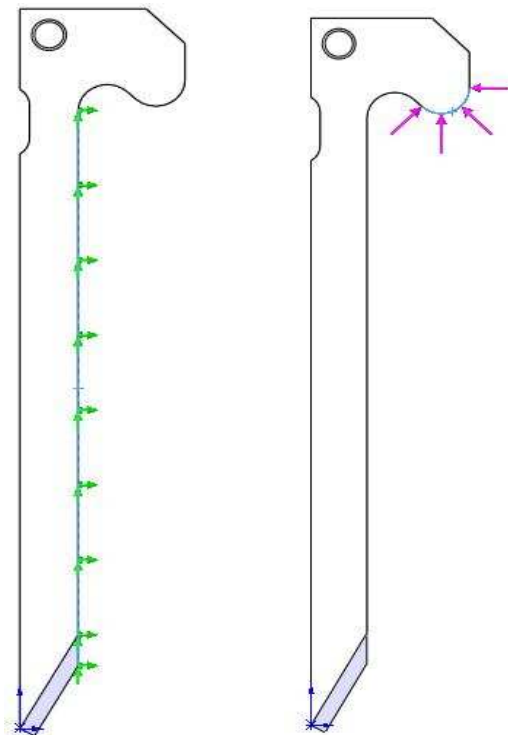


Figura 5.2.5.3.1: Aplicarea constrângerilor și a forțelor pe deget (de la stânga la dreapta)

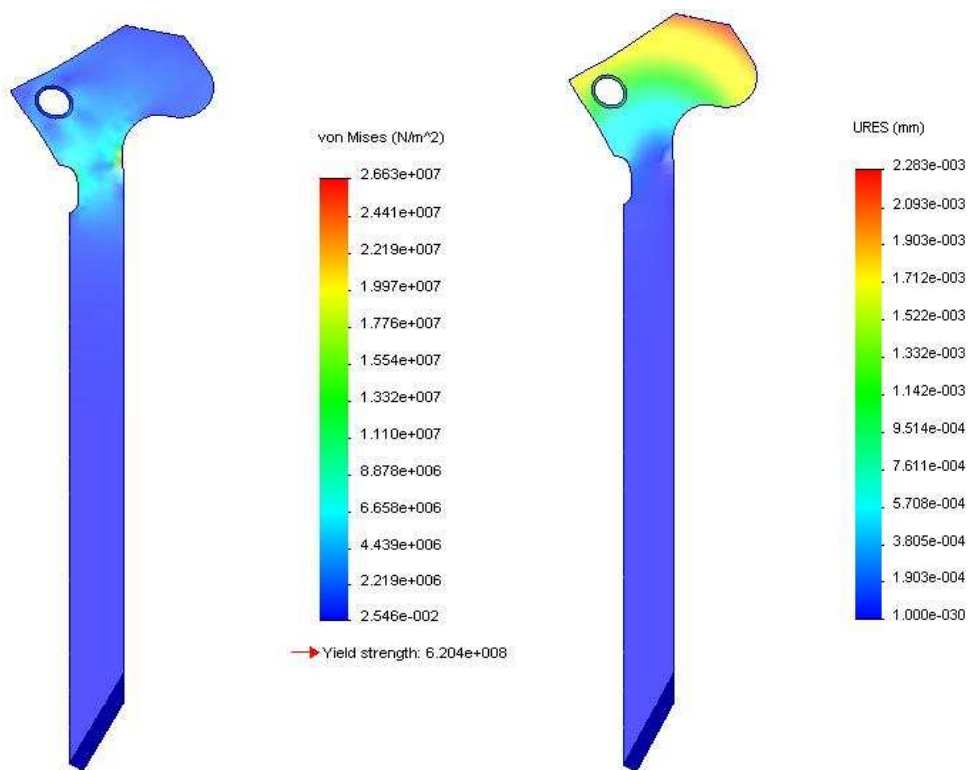


Figura 5.2.5.3.2: Distribuția efortului și a deplasărilor în deget (de la stânga la dreapta)

Analizând aceste rezultate, profilul camei spațiale împreună cu alte câteva componente cheie au fost optimizate. Astfel a rezultat un profil al camei cu o porțiune de 2mm menită să optimizeze cursa piesei centrale, centrând-o pentru abordarea următoarei secțiuni. Această porțiune crește gradul de siguranță, eliminând distrugerea sau modificarea formei piesei centrale în cazul unei rotații suplimentare a motorului și previne o posibilă blocare a întregului mecanism în cazul coliziunii cu alte corpuri din cadrul celulei robotizate, impact ce ar conduce la o abatere de la cursa normală pe care piesa centrală o are prestabilită.

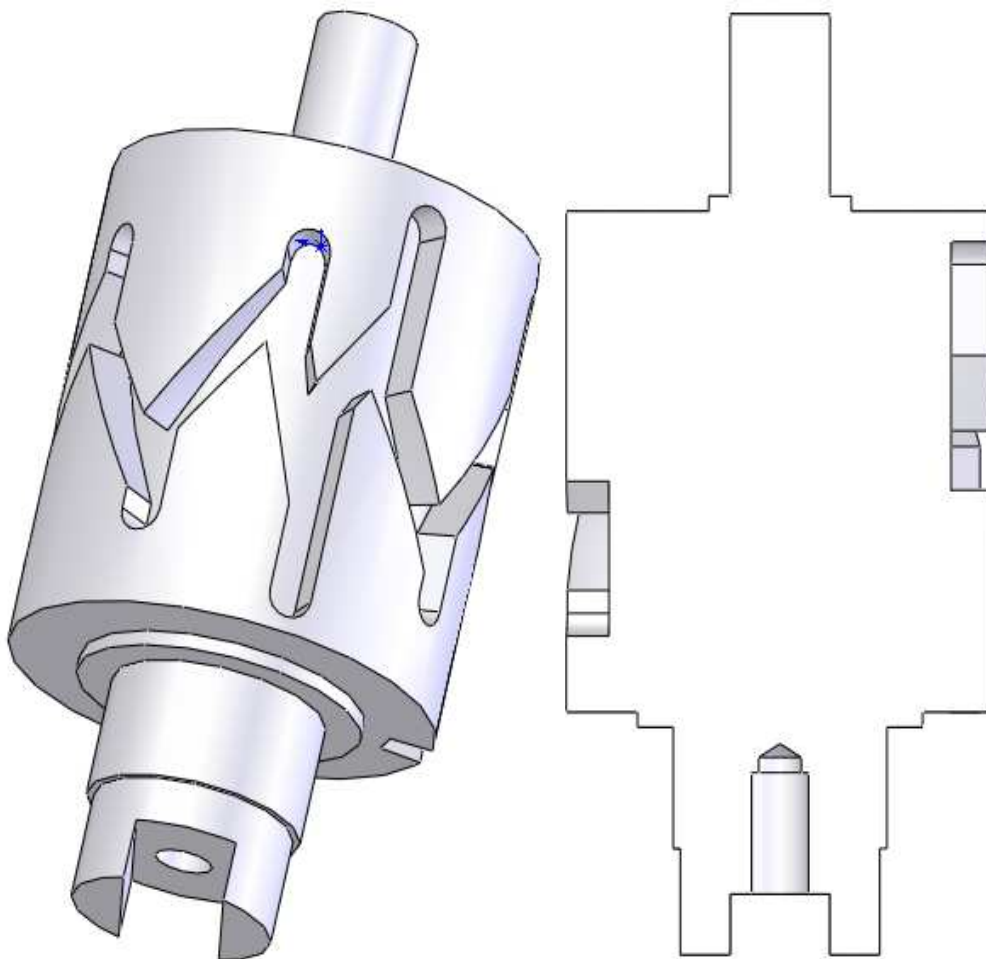


Figura 5.2.5.3.3: Actuatorul degetelor – partea superioară cuprinde cama spațială (Vedere izometrică – stânga; Vedere în secțiune - dreapta)

Actuatorul degetelor este divizat în două componente, o parte superioară (figura 5.2.5.3.3) și o parte inferioară (figura 5.2.5.3.4), piesă care este conectată ulterior cu degetele.

Componenta superioară conține noul profil de camă spațială prelucrat. Aceasta este conectată la componenta inferioară prin intermediul a doi umeri de centrare și un șurub M4x07x24mm. Gaura șurubului este folosită în același timp și de un arc ce menține degetul în poziția inițială. Această construcție, formată din cele două componente, este mult mai solidă ca varianta precedentă, permițând o conexiune a unui deget cu secțiune mărită, și de asemenea manipularea produselor cu o greutate mai mare.

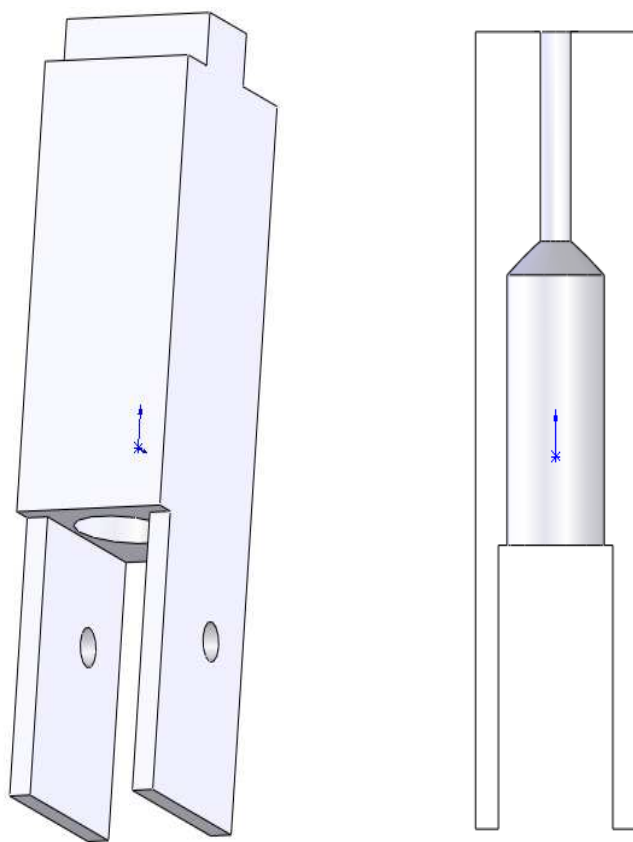


Figura 5.2.5.3.4: Actuatorul degetelor – componenta inferioară (Vedere izometrică – stânga; Vedere în secțiune - dreapta)

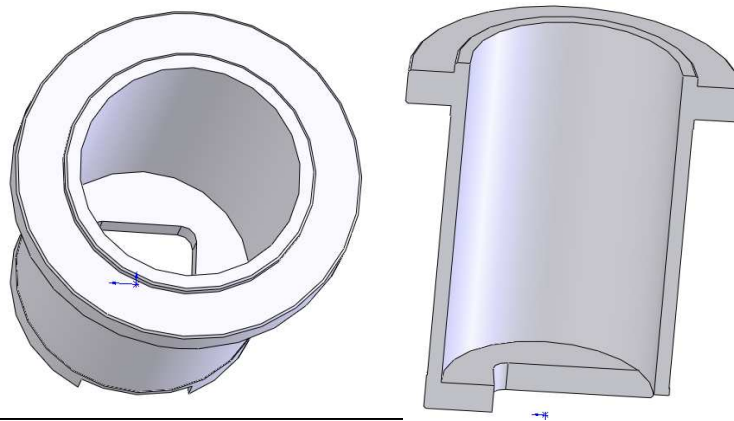


Figura 5.2.5.3.5: Inelul actuatorului (Vedere izometrică – stânga; Vedere în secțiune - dreapta)

Noua configurație a inelului actuatorului (figura 5.2.5.3.5) permite o mișcare de rotație concomitentă cu rotirea degetului și a actuatorului acestuia. Prin conexiunea cu piesa centrală (figura 5.2.5.3.6) folosind un disc în locul unui bolt, întreaga construcție este mai solidă. Deasemenea, piesa centrală poate fi construită mai ușor și mai ieftin iar riscul de a distruge capacul piesei centrale este redus (suprafața de contact este mărită).

Contactul cu degetul este îmbunătățit și prin rotirea actuatorului degetului și a degetului în același timp, frecarea dintre aceste piese este redusă și astfel este îmbunătățită durata de viață a acestora.

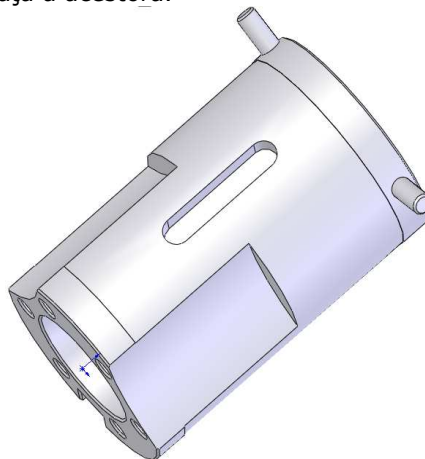


Figura 5.2.5.3.6: Piesa centrală

O altă componentă importantă optimizată este degetul (figura 5.2.5.3.7). Versiunea inițială (5.2.5.3.8) are corpul mai subțire și mai fragil. Forma degetului n-a fost în mod major modificată, dar versiunea actuală este mai rigidă și mai solidă, are o zonă de contact cu inelul actuatorului mult mai mare și este prevăzută cu o flanșă cu două găuri $\varnothing 3\text{mm}$ care facilitează montarea diferitelor terminații pentru prinderea și manipularea diferitelor produse agroalimentare.

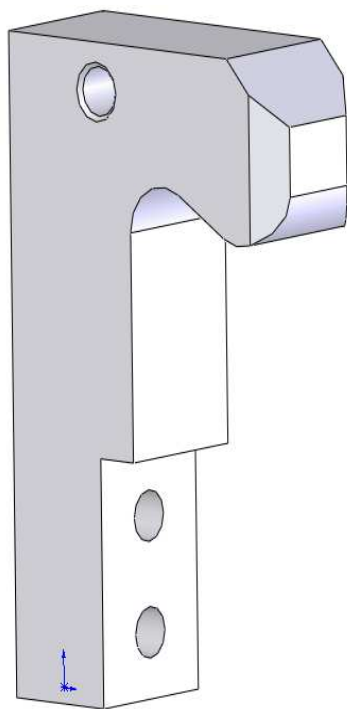


Figura 5.2.5.3.7: Varianta optimizată a degetului

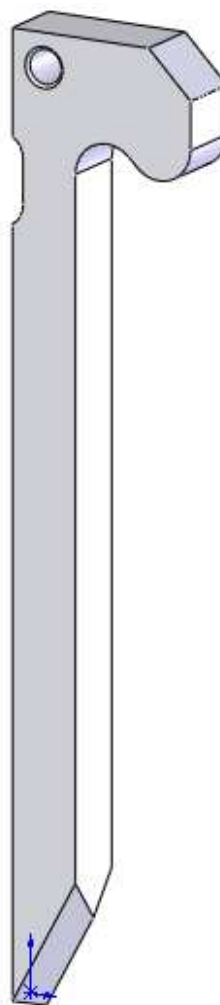


Figura 5.2.5.3.8:
Versiunea veche a
degetului

Constrângerile au fost aplicate pe suprafața flanșei cu găuri, unde alte tipuri de degete pot fi conectate (pe noua versiune – figura 5.2.5.3.9), menținând aceeași idee ca în cazul simulării versiunii vechi (figura 5.2.5.3.10).

Static Structural

Time: 1, s

22.06.2010 11:52

- A** Fixed Support
- B** Force: 45, N
- C** Force 2: 45, N

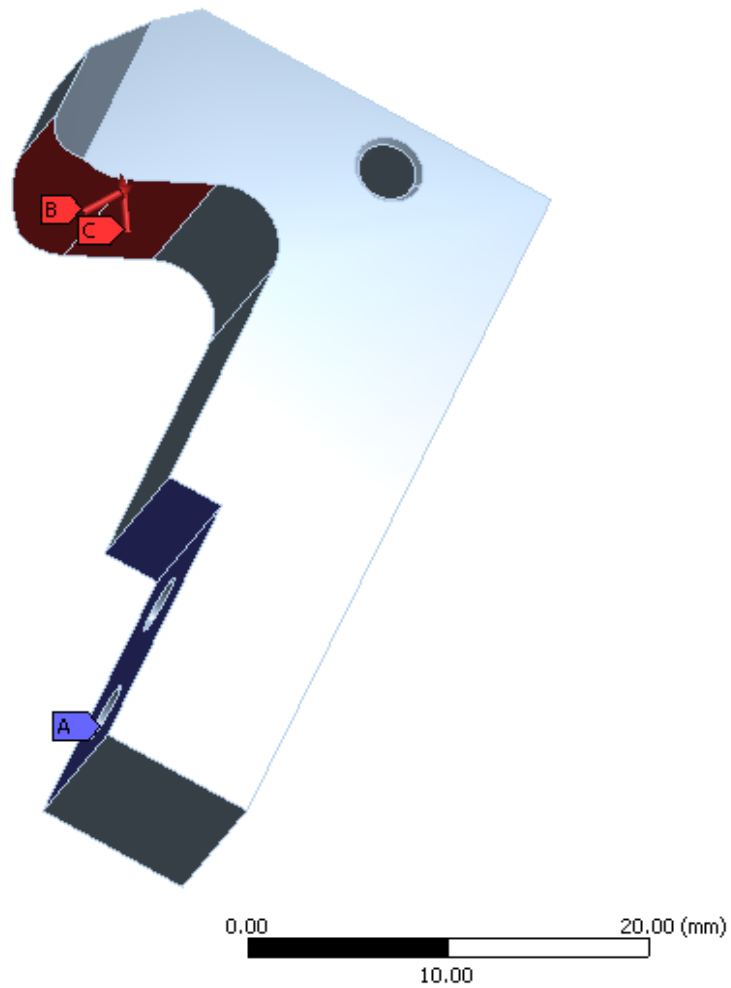


Figura 5.2.5.3.9: Aplicarea constrângerilor și a forțelor pe noul deget

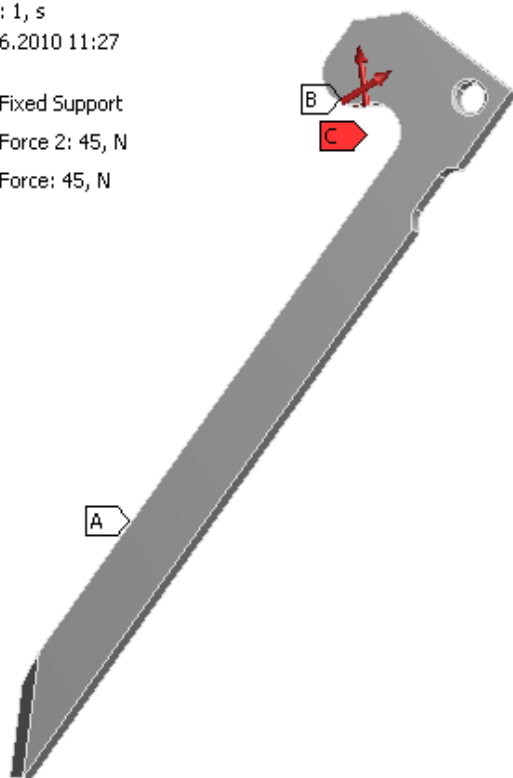
Forțele au fost aplicate pe suprafețele unde degetul intră în contact cu inelul actuatorului (degetul nou – 5.2.5.3.9; degetul vechi – 5.2.5.3.10).

Static Structural

Time: 1, s

22.06.2010 11:27

- A** Fixed Support
- B** Force 2: 45, N
- C** Force: 45, N



0.00 40.00 (mm)
20.00

Figura 5.2.5.3.10: Aplicarea constrângerilor și a forțelor pe vechiul deget

Figurile 5.2.5.3.11.A și 5.2.5.3.11.B reprezintă diferența de distribuție a tensiunilor între varianta nouă și cea veche a degetului. După cum se poate observa și în rezultate, versiunea cea nouă a degetului are valoarea tensiunii maxime de 8,3 ori mai mică decât versiunea inițială (21.112MPa față de 175.32MPa).

Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

Time: 1

22.06.2010 11:53

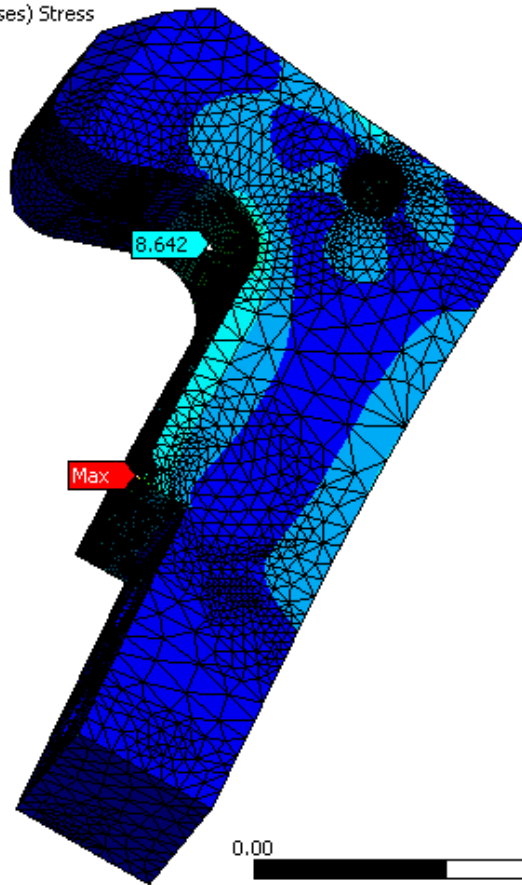
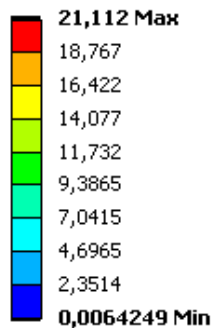


Figura 5.2.5.3.11.A: Distribuția tensiunilor în versiunea nouă

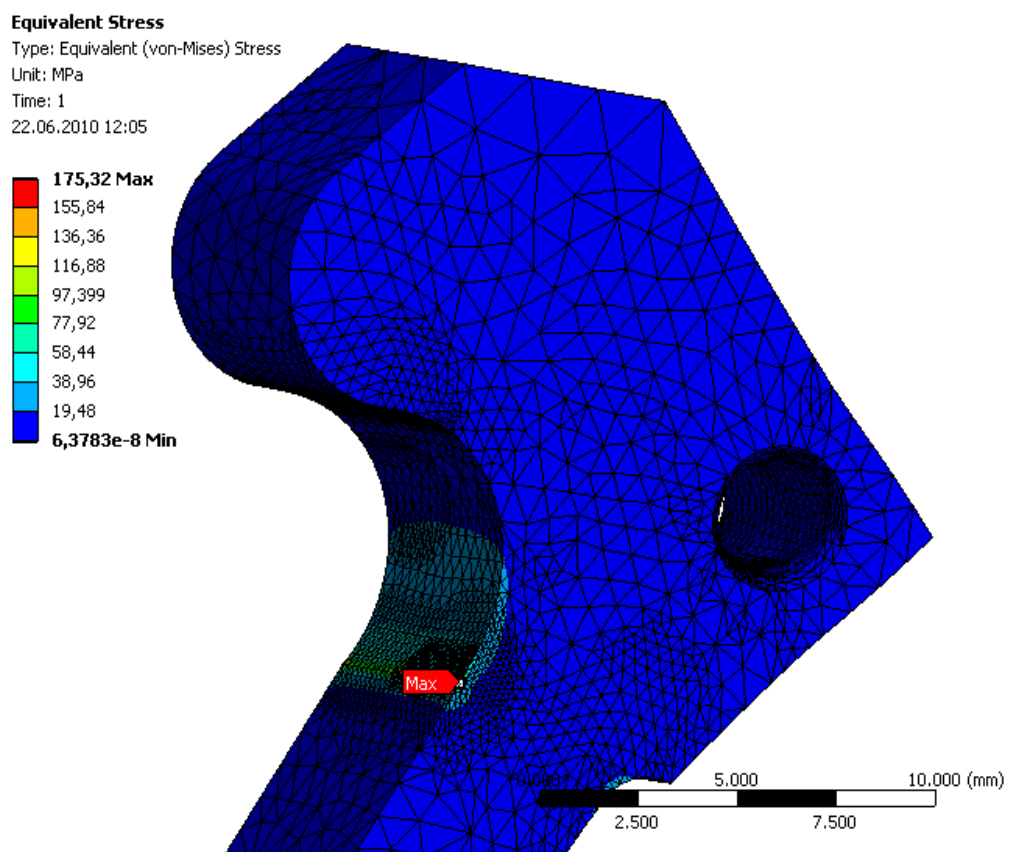


Figura 5.2.5.3.11.B: Distribuția tensiunilor în versiunea veche

De asemenea, noul deget se deformează mai puțin decât degetul vechi (figura 5.2.5.3.12.A - noua versiune 3.11 μm și figura 5.2.5.3.12.B - vechea versiune 4,53 μm).

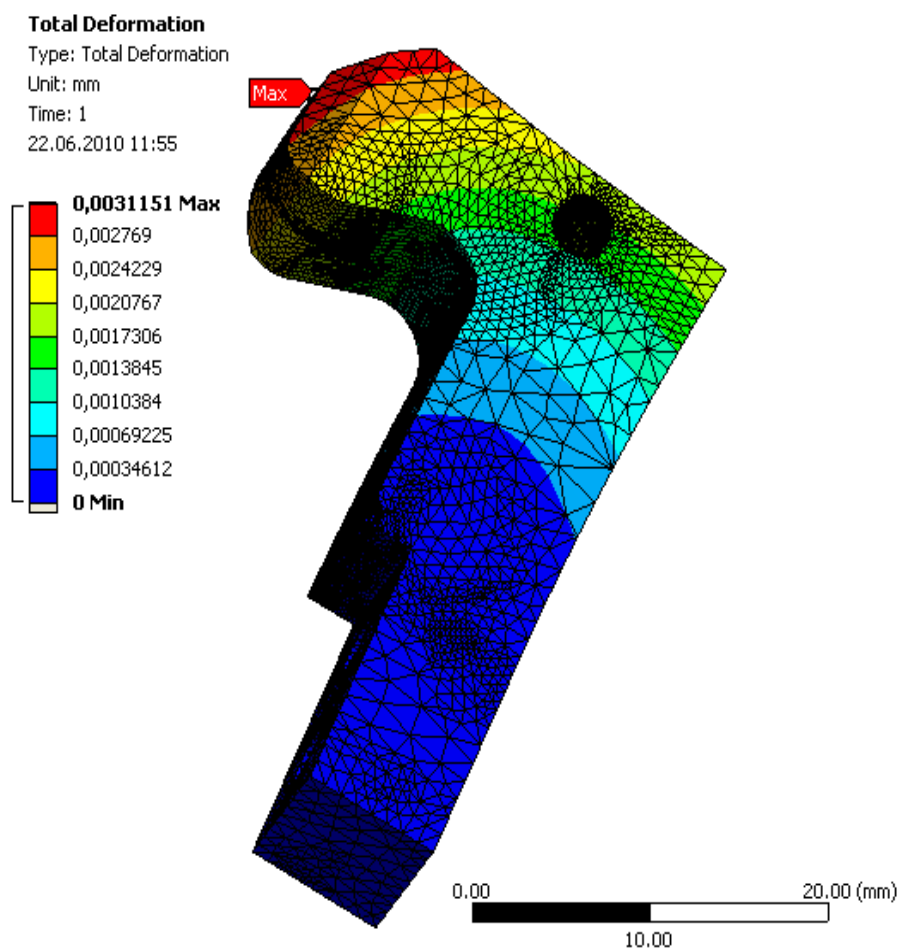


Figura 5.2.5.3.12.A: Deformația totală în versiunea optimizată

Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: mm

Time: 1

22.06.2010 11:31

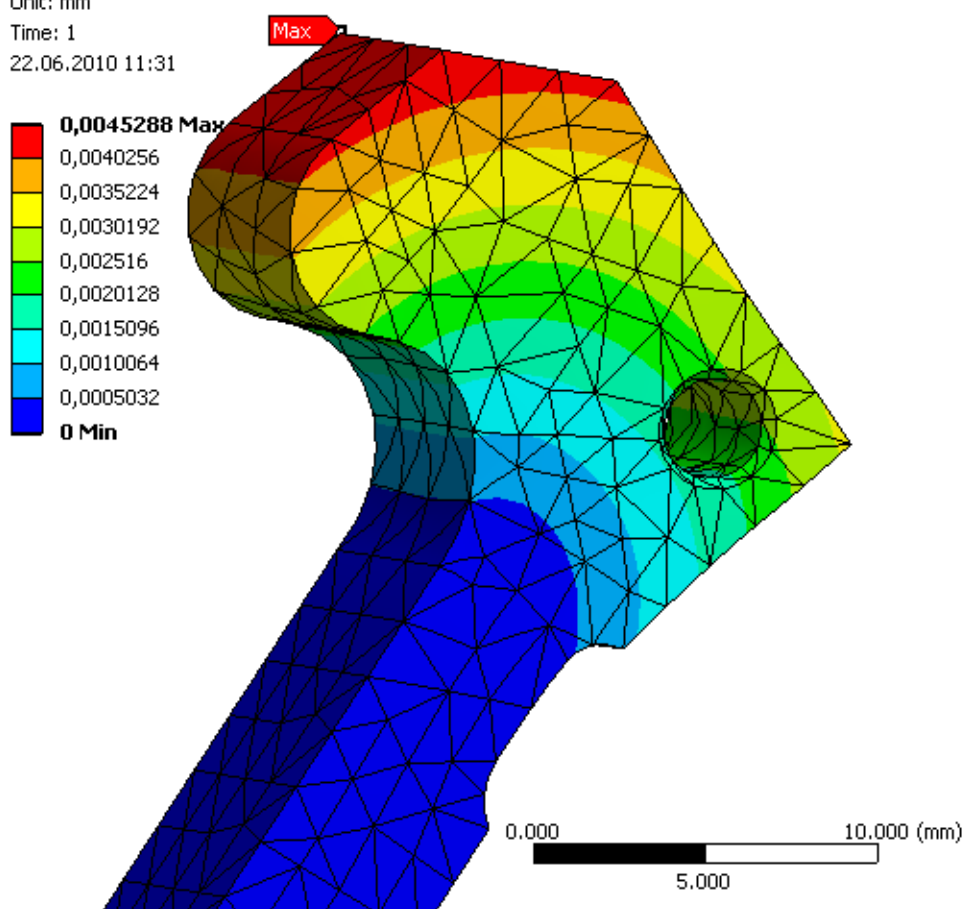


Figura 5.2.5.3.12.B: Deformația totală în versiunea veche

În figura 5.2.5.3.13.A este prezentată istoria convergenței cu diagramă și tabel pentru tensiunile echivalente (conținând valoarea tensiunilor în MPa, procentul schimbării de la o soluție la alta, numărul de noduri și elemente) pentru versiunea optimizată a degetului.

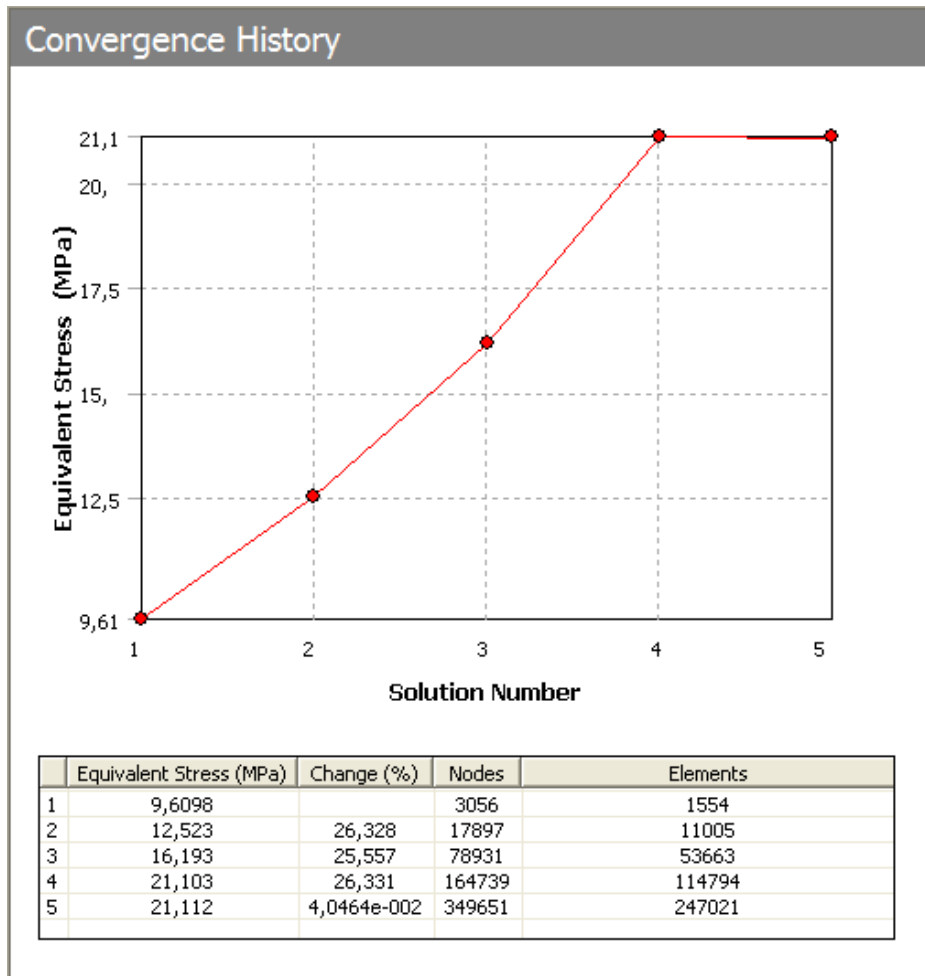
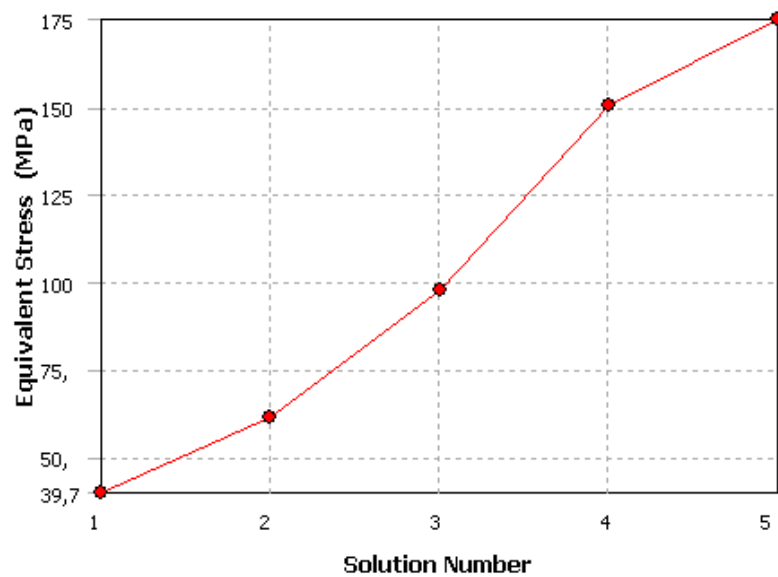


Figura 5.2.5.3.13.A: Istoria convergenței pentru versiunea optimizată

În figura 5.2.5.3.13.B este prezentată istoria convergenței cu diagramă și tabel pentru tensiunile echivalente (conținând valoarea tensiunilor în MPa, procentul schimbării de la o soluție la alta, numărul de noduri și elemente) pentru versiunea veche a degetului.

Convergence History



	Equivalent Stress (MPa)	Change (%)	Nodes	Elements
1	39,741		7115	3813
2	61,099	42,359	14509	8628
3	97,91	46,301	49049	32344
4	150,77	42,514	144091	100023
5	175,32	15,055	158479	110456

Figura 5.2.5.3.13.B: Istoria convergenței pentru versiunea veche

5.2.6. Ansamblul dispozitivului de prehensiune flexibil optimizat

Soluția optimizată realizată în această lucrare este o variantă mai bună decât precedentele deoarece este mai simplă, mai ușor de programat, are o structură flexibilă și poate fi reconfigurată foarte ușor fără intervenție mecanică, doar prin programare, pentru trei tipuri diferite de prindere, are o masă totală mai mică față de versiunea inițială păstrând aceleași funcții.

În vederea explodată a dispozitivului de prehensiune flexibil optimizat pot fi observate componentele noi și îmbunătățite: 1 – motorul, 2 - placa personalizată pentru montare, 3 – cuplajul, 4 & 6 – cele două componente care alcătuiesc noul actuator al degetelor, 5 – partea centrală optimizată pentru conectarea cu inelele actatoarelor, 7 – noile degete solide prevăzute cu flanșă, 8 – noul inel al actuatorului.

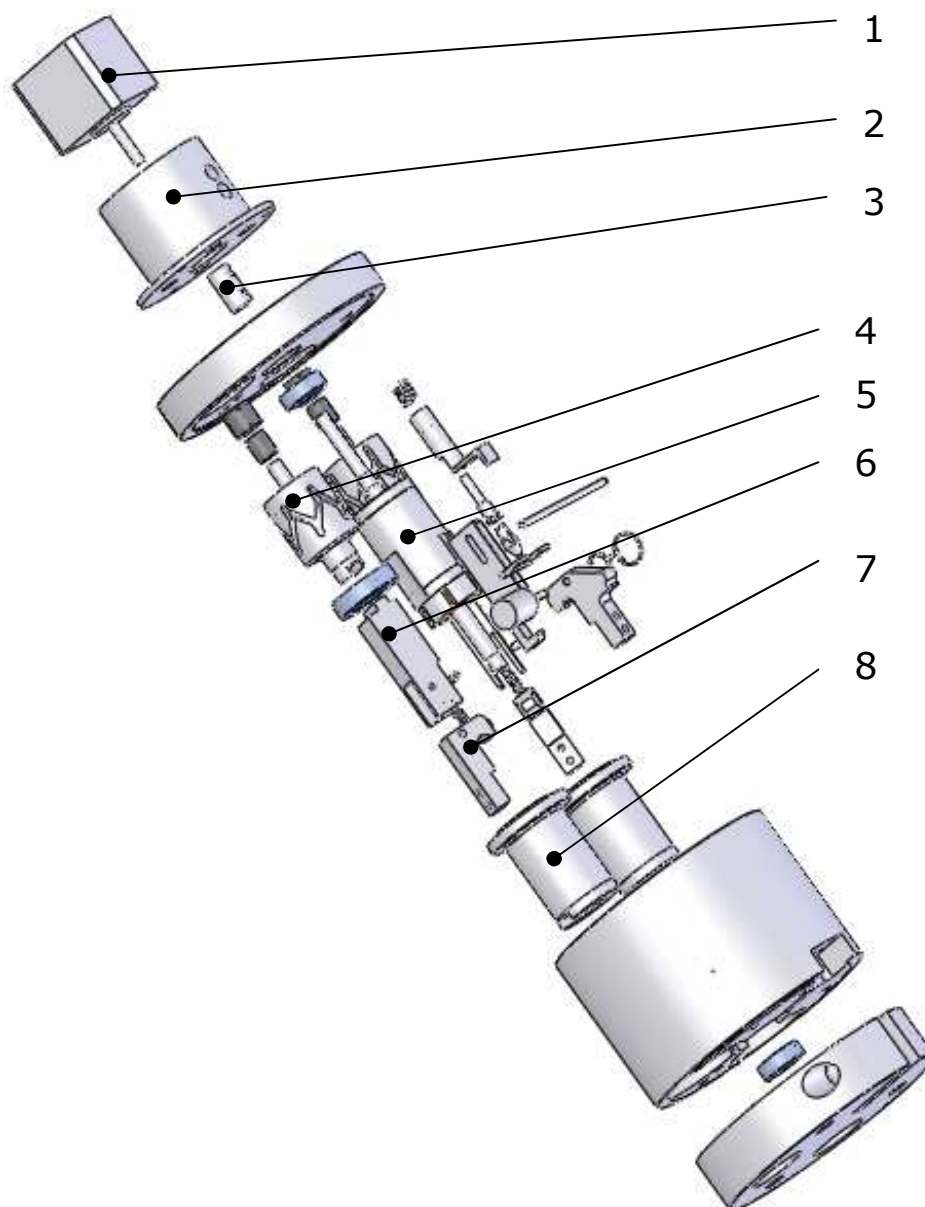


Figura 5.2.6.1: Vederea explodată a dispozitivului de prehensiune flexibil optimizat

Capitolul 6. Contribuții personale și concluzii

6.1. Contribuții personale

Lucrarea cuprinde elemente definerii pentru o anumită variantă de abordare a problematicii optimizării, în care aspectele de cercetare fundamentală s-au îmbinat cu laturile cercetării aplicative, proces din care au rezultat câteva contribuții originale ale autorului.

6.1.1. Contribuții științifice

S-au completat și realizat scheme logice privind logistica ambalajelor (schemă simplificată și schemă complexă) și schema bloc generalizată a sistemelor de ambalare.

S-au prezentat sintetic principalele echipamente ale sistemelor de ambalare a produselor agroalimentare.

S-a realizat selecția principalelor direcții de optimizare la compania Coca Cola prin metoda ponderării pe interval.

S-a prezentat o posibilă ierarhizare a factorilor de influență în optimizarea costurilor calității, în dimensiunea pondere-influență, prin integrarea factorilor și a metodelor de considerare a acestora într-un proces piramidal, care așează în vârf caracteristicile dinamice, a căror evoluție se modifică permanent, de multe ori spontan (cu sau fără anticipare).

S-a studiat o linie industrială de ambalare pentru a cărei optimizare s-a folosit modelarea matematică. S-a realizat schema bloc și s-au analizat regimurile de lucru a acestei linii prezentându-se valorile medii, minime, maxime și abaterile medii pătratice a timpilor de ambalare.

Pe baza acestor rezultate s-a făcut analiza liniei de ambalare în vederea optimizării, analizând fiecare bloc funcțional și stabilind vectorii cu parametrii principali ai acestor blocuri.

Metoda de analiză utilizată în această lucrare este una proprie. Ea poate fi generalizată pentru orice altă configurație de linie de ambalare. A rezultat un model matematic caracterizat de o matrice specifică având ca linii vectori cu activitățile principale a fiecărui bloc funcțional.

Aplicând operații specifice pe această matrice s-a concluzionat că linia de ambalare analizată a fost bine proiectată, singura modalitate de optimizare a acesteia reprezentând-o introducerea de celule robotizate în fluxul producției. Analizându-se celulele robotizate s-a concluzionat că o problemă importantă a acestora o reprezintă dispozitivele de prehensiune.

S-a completat o prezentare cronologică a celor mai importante dispozitive de prehensiune începând cu anul 1979. Se prezintă tabelar structura acestor dispozitive precizând inclusiv autorii și instituțiile de cercetare în cadrul cărora au fost realizate.

6.1.2. Contribuții experimentale

S-au studiat regimurile de lucru ale unei linii automate de ambalare de produse agroalimentare. S-au determinat timpii maximi, minimi și abaterile medii pătratică în vederea optimizării acestei linii prin modelare matematică.

În cadrul celulelor robotizate s-a optimizat un dispozitiv de prehensiune flexibil, realizat anterior, pentru manipularea produselor de diferite forme. Acesta dispune de un sistem inteligent de reconfigurare. Degetele pot fi repositionate astfel încât dispozitivul să poată face prindere centrală cu trei degete și prindere paralelă cu trei sau cu două degete, configurație în care al treilea deget este blocat în afara câmpului de lucru. S-au făcut simulări cu element finit pentru a determina reacția degetelor în cazul în care sistemul senzorial cedează iar motorul continuă să strângă produsul. S-a demonstrat astfel că degetele pot rezista la forța maximă de strângere a motorului, în cazul apariției unei defecțiuni.

Optimizarea dispozitivului de prehensiune s-a făcut din punct de vedere funcțional și constructiv.

Funcțional s-a urmărit siguranța în funcționare, simplitatea și posibilitatea prelucrării și a montării ușoare a componentelor și s-au optimizat: actuatoarele degetelor, mecanismul de blocare a rotației, capacul superior și mecanismul de blocare al celui de-al treilea deget.

Modelând stările de tensiuni și deformații s-au optimizat constructiv un număr de piese principale: actuatorul degetelor, inelul actuatorului, piesa centrală și degetele.

6.1.3. Contribuții cu aplicații industriale

Cercetările autorului pentru elaborarea tezei au început la cererea industriei, atât din partea firmelor de produse agroalimentare cât și din partea altor firme doritoare de optimizare a proceselor industriale și de reducere a costurilor, de implementare în producție a diverselor echipamente cu componente care să asigure costuri cât mai scăzute.

S-a proiectat un dispozitiv de prehensiune pentru manipularea produselor de formă cilindrică sau paralelipipedică. Acesta este acționat prin intermediul unui motor pneumatic. Dispozitivul este gândit pentru a putea manipula produse agroalimentare cu o masă de până la 4kg, acestea putând fi poziționate după necesități.

Lucrarea arată că folosind celule robotizate cu dispozitive de prehensiune simple pentru manipularea produselor de o anumită formă sau dispozitive de complexitate ridicată pentru manipularea produselor de orice formă se poate realiza o modificare rapidă și ieftină a liniei de producție pentru a permite ajustarea corespunzătoare a fluxului de fabricație în conformitate cu ritmul modern al pieței actuale de produse agroalimentare.

Cercetările cuprinse în prezenta teză se doresc a fi continuate de autor într-o etapă ulterioară, finalizată prin omologările soluțiilor constructive ale dispozitivelor de prehensiune prezentate în această lucrare.

Rezultatele cercetărilor efectuate pot constitui o adevărată platformă pentru viitoare direcții de cercetare privind optimizarea liniilor de ambalare a produselor agroalimentare și de îmbunătățire a celulelor robotizate prin dotarea cu noi dispozitive de prehensiune.

6.2. Concluzii

Optimizarea sistemelor de ambalare a produselor agroalimentare este deosebit de complexă, necesitând o orientare convergentă de multiple direcții de cercetare din domenii diverse, tehnice și economice, într-o continuă perfecționare.

Abordarea globală a optimizării sistemelor de ambalare a produselor agroalimentare începe de la stabilirea unui model generalizat pentru acest proces, care să permită optimizarea din punct de vedere tehnic dar și din punctul de vedere al eficienței economice.

Singura opțiune justă pentru optimizarea sistemelor de ambalare este introducerea în cadrul acestor sisteme a celulelor robotizate. Acestea permit adaptarea sistemului la cerințele pieței și ale clienților, cerințe care implică modificări continue ale fluxului de fabricație. Celulele robotizate permit eficientizarea producției, reducerea timpilor și implicit a costurilor.

În lucrările de specialitate nu se găsesc modelări ale sistemelor de ambalare. De aceea modelarea matematică și analiza făcută pentru linia de ambalare din această lucrare va fi publicată pentru a pune la dispoziția specialiștilor un astfel de model care, în viitor, să poată fi eventual dezvoltat.

Celulele robotizate devin din ce în ce mai utilizate în cadrul companiilor care utilizează sisteme automate de ambalare și nu numai. O importantă parte a acestor celule o reprezintă dispozitivele de prehensiune. Cele două dispozitive prezentate în această lucrare reprezintă o importantă contribuție la dezvoltarea acestor tipuri de dispozitive și vor face obiectul unor cereri de brevetare.

Bibliografie

1. Banu C., et al. (1998). Manualul inginerului de industrie alimentară, vol.I, Editura Tehnică, București
2. Banu C., et al. (1999). Manualul inginerului de industrie alimentară, vol.II, Editura Tehnică, București
3. Becker R., Grzesiak A. (2005). Robot grip for manipulating articles has at least fixing flange, frame and actuator element made in one piece, Patent Number: DE102005046160-B3; Patent Assignee and Codes: FRAUNHOFER GES FOERDERUNG ANGEWANDTEN EV(FRAU-C); International Patent Classification: B25J-015/00
4. Becker R. (2008). Industrial robot pick-up grip has three fingers two of which shift through both horizontal and vertical axes, Patent Number: DE102007006542-B3; Patent Assignee and Codes: FRAUNHOFER GES FOERDERUNG ANGEWANDTEN EV(FRAU-C); International Patent Classification: B25J-015/10
5. Biagiotti L., Lotti F., Melchiorri C., Vassura G.. How Far Is the Human Hand? A Review on Anthropomorphic Robotic End-effectors, DEIS - DIEM, University of Bologna
6. Brody Aaron L., Strupinsky Eugene R., Kline Lauri R.(2001). Active packaging for food applications. CRC press LLC
7. Chiu-Yu C., Park C. (1994). Fuzzy Cash Flow Analysis Using Present Worth Criterion, The Engineering Economist, vol.39, no.2, 113-138;
8. Coles Richard, McDowell Derek, Kirwan Mark J. (2003). Food packaging technology – Blackwell publishing, CRC press
9. Drăgan Mihaela. Ambalajul optim – O cerință în economia de piață. Cluj-Napoca
10. Echelmeyer W., Kirchheim A., Wellbrock E. (2008). Robotics-Logistics: Challenges for Automation of Logistic Processes, 2008 IEEE International conference on automation and logistics, vols. 1-6, 2099-2103
11. Feigenbaum, A.V. (1991, 3rd Ed. Revised). Total Quality Control, McGraw-Hill, Chapter 7

12. Fukaya N., Toyama S., Asfour T., Dillmann R. (2000). Design of the TUAT/Karlsruhe Humanoid Hand. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2000, pp. 13-19
13. **Golimba Antonio-Gabriel** (2008). Diploma thesis – Flexible Gripper. Timisoara
14. **Golimba Antonio-Gabriel**, Tucu Dumitru (noiembrie 2009). Considerations about integrated engineering principles in design and manufacturing of grippers for food industry. *Proceedings of The 6th International Conference „Integrated Systems for Agri-food Production”*, SIPA'09, ISBN: 978-963-9909-40-3, Editura Bessenyei György, Nyíregyháza, Ungaria, pp. 207-212
15. **Golimba Antonio-Gabriel** (2010). Dissertation thesis – Advanced Flexible Gripper. Timisoara
16. **Golimba Antonio-Gabriel**, Tucu Dumitru (februarie 2011). Considerations on optimizing the palletizing systems of agricultural products using robotics elements. *Proceedings of The 39th International Symposium on Agricultural Engineering „Actual Tasks on Agricultural Engineering”*, ISSN: 1333-2651, Editura Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, HINUS, Miramarska 13 b, Zagreb, Opatija, Croatia, pp. 367-373
17. Gryna, F. M. "Quality Costs" in Juran, J.M. & Gryna, F. M. (1988, 4th Ed.), Juran's Quality Control Handbook, McGraw-Hill, page 4.2
18. Heldman Dennis R., Lund Daryl B.(2007). Handbook of food engineering Second edition. Taylor & Francis Group, CRC press
19. Hutte (1995). Manualul inginerului, Editura tehnica, Bucuresti
20. Huy Y.H. (2006). Handbook of food science, technology, and engineering – Volume 1, 2, 3 & 4, Taylor & Francis Group, CRC press
21. Karson E., (1998). Measure of Liquidity Risk Supplementing Fuzzy Discounted Cash Flow Analysis, *The Engineering Economist*, vol. 43, no 4, 331-344
22. Kim K., Park K. (1990). Ranking Fuzzy Numbers with Index of Optimism, *Fuzzy Sets and Systems*, vol.35, 143-150
23. LEI; CBS (2000), Land en tuinbouwcijfers 2000, [Statistics of Dutch Agriculture and Horticulture.] Agricultural Economics Research Institute (LEI) and Statistics Netherlands(CBS), 's Gravenhage, The Netherlands
24. Mahalik N.P., Michalk R. (2008). Retrofitting fieldbus technology in food industry, 2008 World automation congress proceedings, vols. 1-3, 596-600

25. Manole Victor, Stoian Mirela, Ion Raluca Andreea (2003). Agromarketing – ediția a II-a, Editura ASE, București
26. Mesaros-Anghel V. (1991). Contribuții la sinteza mecanismelor articulate aplicate în construcția dispozitivelor de prehensiune ale roboților industriali, teza de doctorat coordonată de prof.dr.ing.Francisc Kovács, UPT
27. Okada T. (1986). Computer control of multijointed finger system for precise object handling. International Trends in Manufacturing Technology - Robot Grippers, pp.391-417
28. Schulz S., Pylatiuk C., Bretthauer G. (2001). A new ultralight anthropomorphic hand. Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics & Automation, Seoul, Corea
29. Stas O., Tolnay M., Magdolen L. (2009). Application of artificial intelligence in manufacturing systems, ICMEE 2009: Proceedings of the 2009 international conference on mechanical and electronics engineering, 27-30
30. Sun Da-Wen (2006). Handbook of frozen food processing and packaging. Taylor & Francis Group, CRC press
31. Tucu D., Mnerie D. (2003). Integrated systems for agri-food production. Ed. Orizonturi Universitare, Timișoara, ISBN 973-638-066-1, 127-130
32. Tucu Dumitru, Tucu Adriana (2005). About optimization in integrated engineering of heating equipment manufacturing. International conference on integrated engineering C2I 2005, 16-18 october, Timisoara-Romania, Editura Politehnica Timișoara, ISBN 973-625-259-0, pp. 63-64
33. Tucu Dumitru (2007). Sisteme tehnologice integrate pentru morărit și panificație. Editura Orizonturi Universitare, Timișoara
34. Tucu D., Rotărescu V. (2008). Introducere in economia intreprinderii, Ed. Orizonturi Universitare, Timișoara, ISBN 973-638-347-2, ch. 3, pp.51-84
35. Tucu Dumitru (2008-2009). Optimizarea sistemelor de producție. Notițe curs master "Inginerie integrată"
36. Tucu Dumitru, **Golimba Antonio-Gabriel**, Mnerie Dumitru (aprilie-septembrie 2009). Metode pentru optimizarea costurilor calității în fabricatia agroalimentară. *Buletinul AGIR Management Calitate-Mediu*, ISSN: 1224-7928, Editura AGIR, Timisoara, Romania, nr. 2-3, pp. 215-218

-
37. Tucu Dumitru, **Golimba Antonio-Gabriel**, Čermák Bohuslav (noiembrie 2009). About optimization of quality costs in integrated systems for agri-food production. *Proceedings of The 6th International Conference „Integrated Systems for Agri-food Production”*, SIPA'09, ISBN: 978-963-9909-40-3, Editura Bessenyei György, Nyíregyháza, Ungaria, pp. 439-444
 38. Tucu Dumitru (2009). Optimizarea sistemelor integrate – notite curs
 39. Tucu Dumitru, **Golimba Antonio-Gabriel**, Mnerie Dumitru (februarie 2010). Grippers design integrated in handling system destined to agriculture mechanization. *Proceedings of The 38th International Symposium on Agricultural Engineering „Actual Tasks on Agricultural Engineering”*, ISSN: 1333-2651, Editura Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, HINUS, Miramarska 13 b, Zagreb, Opatija, Croatia, pp. 447-454
 40. Tucu Dumitru, **Golimba Antonio-Gabriel**, Slavici Titus (februarie 2010). Fuzzy methods in renewable energy optimization investments. *Proceedings of The 38th International Symposium on Agricultural Engineering „Actual Tasks on Agricultural Engineering”*, ISSN: 1333-2651, Editura Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, HINUS, Miramarska 13 b, Zagreb, Opatija, Croatia, pp. 455-462
 41. Tucu Dumitru (2010). Optimizarea costurilor calității. Editura Eurostampa, Timișoara
 42. Valentas Kenneth J., Rotstein Enrique, Singh R. Paul (1997). Handbook of food engineering practice. CRC press LLC
 43. Van Henten E J; Van Tuijl B A J; Hemming J; Kornet J G; Bontsema J (2002a). CUPID—an autonomous cucumber picking device. *Proceedings of the 8th Mechatronics Forum International Conference—Mechatronics 2002, 24–26th June 2002, Enschede, The Netherlands*, pp 633–642
 44. Van Henten E J; Hemming J; Van Tuijl B A J; Kornet J G; Meuleman J; Bontsema J; Van Os E A (2002b). An autonomous robot for automated harvesting of vegetable fruit in greenhouses. *Autonomous Robots*, 13, 241–258
 45. Van Henten E J; Hemming J; Van Tuijl B A J; Kornet J G; Bontsema J (2003a). Collision-free motion planning for a cucumber picking robot. *Biosystems Engineering*, 86, 135–144
 46. Van Henten E J; Van Tuijl B A J; Hemming J; Kornet J G; Bontsema J; Van Os E A (2003b). Field test of an autonomous cucumber picking robot. *Biosystems Engineering*, 86, 305–313

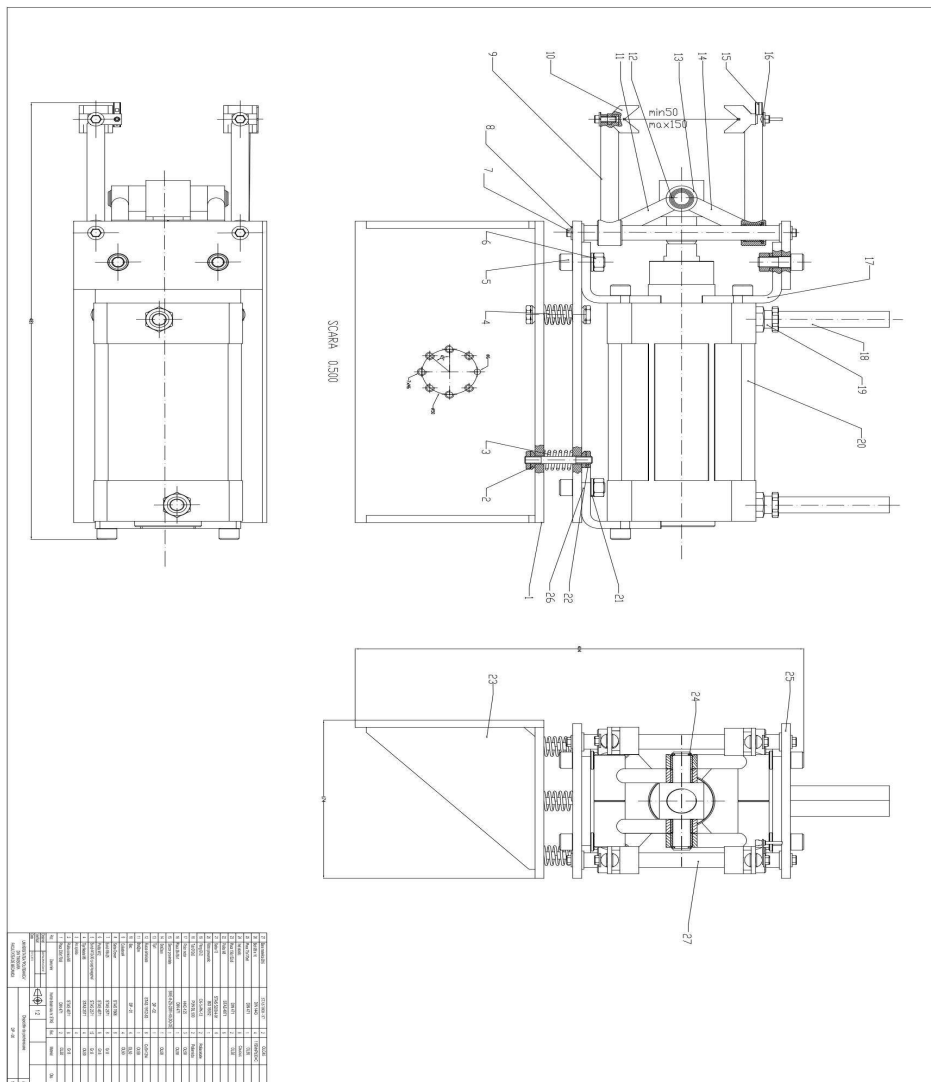
47. Van Tuijl B A J; Van Henten E J; Hoogakker G -J; Van der Weerd M J; Hemming J; Kornet J G; Bontsema J (2004). An information based systematic design method for robotics in greenhouses. *Acta Horticulturae*, 691, 859–866
48. Van Willigenburg L G; Hol CWJ; Van Henten E J (2004). Online near minimum-time path planning and control of an industrial robot picking fruits. *Computers and Electronics in Agriculture*, 44, 223–237
49. Van Henten E.J., Van Tuijl B.A.J., Hoogakker G.-J., Van Der Weerd M.J.; Hemming J., Kornet J.G., Bontsema J. , An Autonomous Robot for De-leafing Cucumber Plants grown in a High-wire Cultivation System, *Biosystems Engineering*, (2006) 94 (3), 317–323
50. Voda Mircea (2006). Analiza fiabilitatii sistemelor mecanice procesata in ANSYS. ISBN 978-973-638-303-8, Editura Orizonturi Universitare, Timisoara
51. Voicu Gheorghe (2003). Sisteme de dozare și ambalare. ISBN 973-8143-42-X, Editura BREN, București
52. Yam Kit L. (2009). The Wiley Encyclopedia of packaging technology. John Wiley & Sons Publication
53. Yu S.N., Lim S.J., Han C.S., Kang M.K., Kim S.R. (2008). Development of a robot simulator using a modified trajectory generation algorithm oriented towards the palletizing task, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers part C- Journal of mechanical engineering science*, vol. 222, issue 7, 1253-1264, published: JUL 2008
54. Zhang LA., Mei JP., Zhao XM., Gong JD., Gong Y., Jiang YZ., Sheng J., Sun L. (2008). Layout Analysis and Path Planning of a Robot Palletizing Production Line, 2008 IEEE International conference on automation and logistics, vols. 1-6, 2420-2425
55. <http://stud-mctr.mec.upt.ro/documentatie/data/omm/Reddy/23alegereatipuluidefilet.htm>
56. www.care-o-bot.de/english/Care-O-bot_3.php
57. www.roymech.co.uk/Useful_Tables/Tribology/co_of_frict.htm#coef
58. www.ina.de/content.ina.de/de/index.jsp
59. http://www.keller-kalmbach-shop.de/shop/kataloge/de_DE/49/articles/181/181.php
60. www.igus.de

61. http://www.bursaagricola.ro/Info-Materiale_plastice-47-24077-1.html
62. http://de.nanotec.com/schrittmotor_st4209.html
63. www.schunk.de
64. <http://www.shadowrobot.com/hand/competitors.shtml>
65. <http://stud-mctr.mec.upt.ro/documentatie/data/omm/Reddy/3suruburitipizate.htm>
66. <http://www.ipa.fraunhofer.de/>
67. <http://ro.wikipedia.org/wiki/Ambalaj>
68. http://www.ehow.com/about_5394986_different-types-food-packaging.html
69. http://www.masini-de-ambalat.ro/detalii_produce/aplink_lc_sv_87.html
70. http://www.123foodscience.com/food_packaging/food+packaging+labelling+type.htm
71. http://en.wikipedia.org/wiki/Packaging_and_labelling
72. <http://www.labelmaster.com/shop/shipping/damage-indicators/warmmark-time-temperature>
73. <http://marser.ro/hsv-52ahsv-52b/>
74. http://www.bursaagricola.ro/Info-Hartia_si_cartonul-47-24079-1.html
75. http://www.italdibipack.com/_eng/Macchine/scheda.cfm?IDLinea=7&IDMac=47
76. http://www.masini-de-ambalat.ro/detalii_produce/ecospir_a_id_56.html
77. http://www.italdibipack.com/_eng/Macchine/scheda.cfm?IDLinea=8&IDMac=41
78. <http://pdf.directindustry.com/pdf/italdibipack/pallet-wrapping-robot-leonardo/16686-118597-2.html>
79. http://www.masini-de-ambalat.ro/detalii_produce/leonardo_pbb_full_digit_105.html
80. http://www.italdibipack.com/_eng/Macchine/scheda.cfm?IDLinea=6&IDMac=36
81. http://robo.mech.gifu-u.ac.jp/jp/papers/pdf/P_2001/Gifu%20hand.pdf


82. http://www.shadowrobot.com/gallery.shtml?gallery=handC5r_061102&img=rest_pos.jpg
83. <http://www.leopard.t.u-tokyo.ac.jp/research/lee/lee1.html>
84. <http://www.graal.dist.unige.it/facilities/>
85. <http://er.jsc.nasa.gov/seh/Robotics/index.html>
86. http://www.dlr.de/rm/en/desktopdefault.aspx/tabid-3802/6102_read-8914/
87. http://www.schunk.com/schunk_files/attachments/SGH_EN.pdf
88. <http://www-lar.deis.unibo.it/past-activ/ubhand/index.html>
89. <http://www-robotics.cs.umass.edu/ARCHIVE/facilities.html>
90. <http://www.computerhistory.org/collections/accession/102693567>
91. <http://robotics.usc.edu/?l=Robots:Retired>
92. http://www.kuka-robotics.com/en/pressevents/productnews/nn_040630_edelstahlroboer.htm
93. <http://www.logismarket.es/ip/kuka-robots-iberica-robot-industrial-catalogo-robot-kuka-kr-15-sl-506083.pdf>

Anexa 1 – Dispozitiv de prehensiune pentru manipularea produselor de formă cilindrică sau paralelipipedică

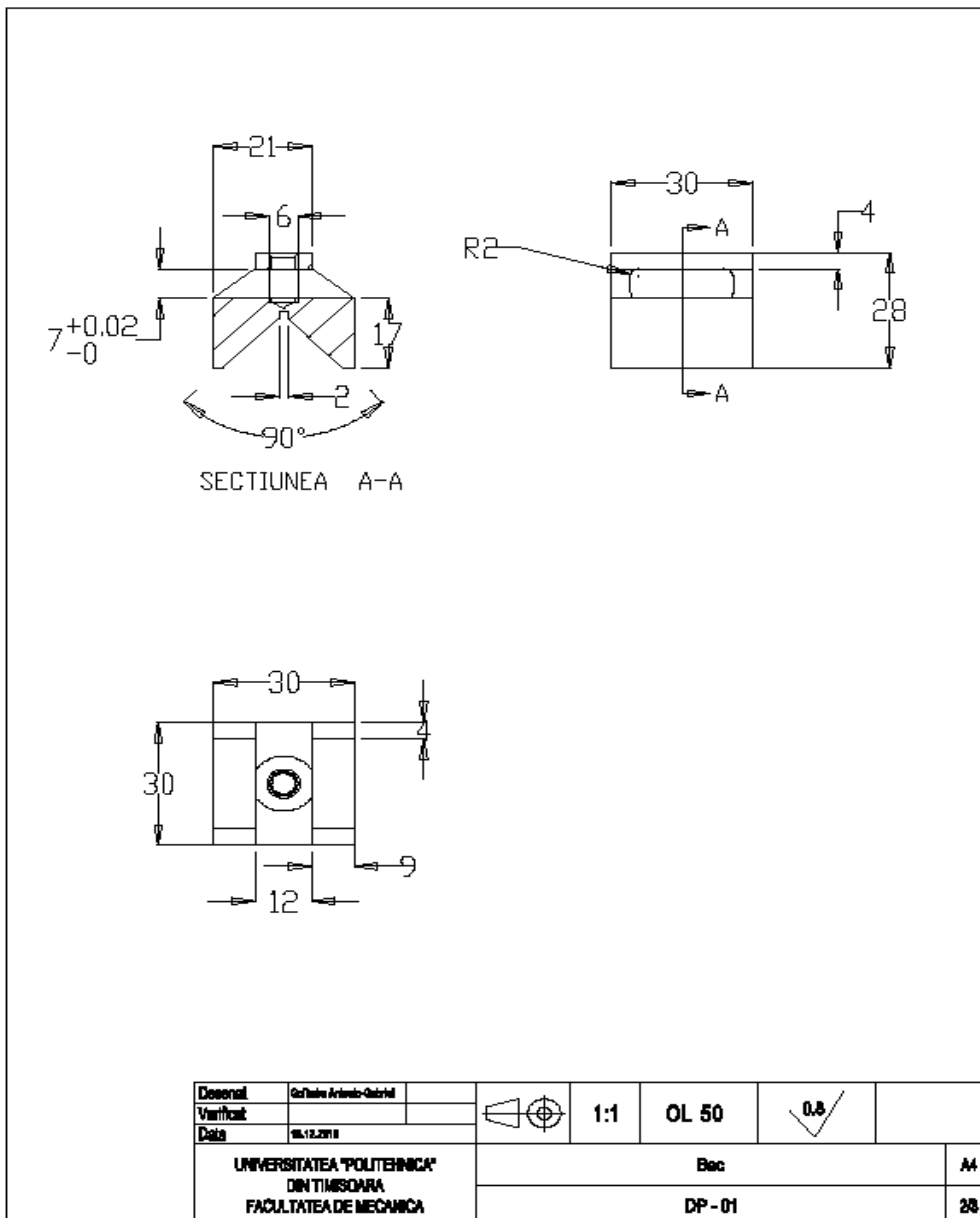
Desen de ansamblu



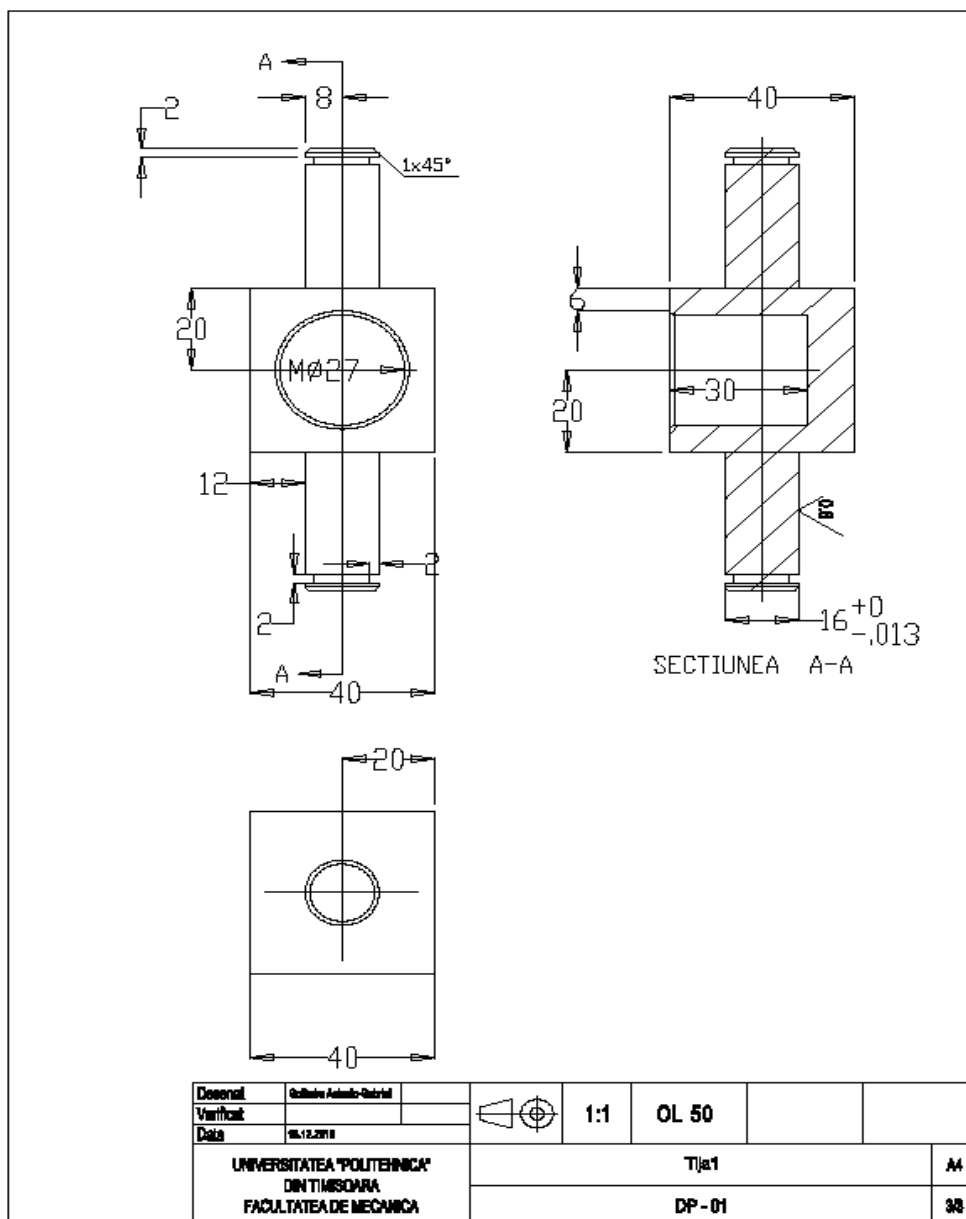
Tabel de componență

27	Bara matelica Ø16	STAS 1800 - 87	2	OLC45	
26	Bolt Ø8 x 16	DIN 1443	4	11SMnPb30+C	
25	Placa 75x170x8	DIN 471	1	OL50	
24	Inel elastic		6	Cauciuc	
23	Placa 156x152x8	DIN 471	2	OL50	
22	Piulita M8	STAS 4071	6		
21	Saiba 13	STAS 5200/4-91	6		
20	Motor pneumatic	ISO 15552	1		
19	Fiting G1/2	CK-½-PK-13	2	Poliacetate	
18	Tub Ø12x2	PUN BL 500	2	Poliamida	
17	Picior motor	HNC-125	3	OL50	
16	Placa 28x18x1	DIN 471	1	OL50	
15	Senzor proximitate	SME-8-ZS-230V-K5,0Q-OE	1		
14	Brat2sus		1	OL50	
13	Tija1	DP - 02	1		
12	Bucsa sinterizata	STAS 197/2-83	8	CuSn12Ni	
11	Brat2jos		1	OL50	
10	Bac	DP - 01	4	OL50	
9	Culisabrat4		4	OL50	
8	Saiba Grover	STAS 7666	8		
7	Surub M6x25	STAS 2571	8	Gr.8	
6	Piulita M12	STAS 4071	6	Gr.8	
5	Surub M12x30 cu cap hexagonal	STAS 2571	12	Gr.8	
4	Tija filetata M8	STAS 2571	4	OL50	
3	Arc spirala		4		
2	Piulita conica M8	STAS 4071	8	Gr.8	
1	Placa 330x170x8	DIN 471	2	OL50	
Poz.	Denumire	Numar desen sau nr. STAS	Buc.	Material	Obs.
Desenat	Golimba Antonio-Gabriel		1:2		
Verificat					
Data	18.12.2010				
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMISOARA FACULTATEA DE MECANICA		Dispozitiv de prehensiune			A2
		DP - 00			1/3

Desen de execuție: Bac de prindere a produselor



Desen de execuție: Tija centrală de conexiune cu motorul

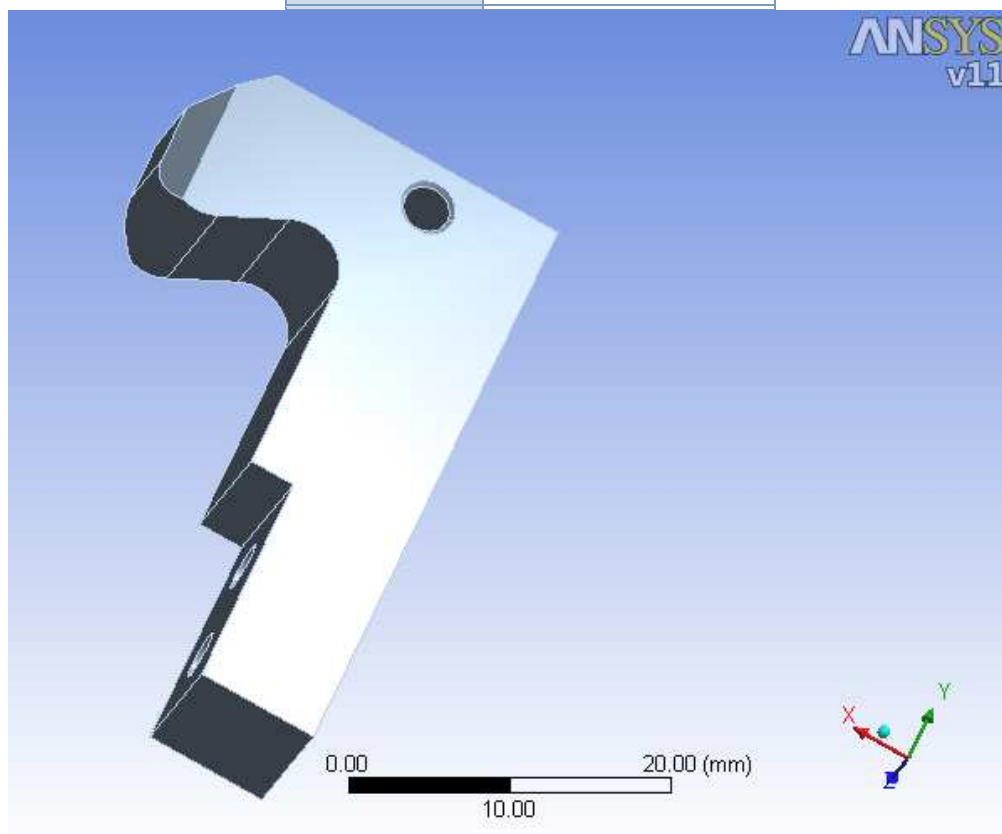


Anexa 2 - Dispozitiv de prehensiune flexibil pentru manipularea produselor de orice formă - simulări



Project simulation

First Saved	Tuesday, June 21, 2011
Last Saved	Tuesday, June 21, 2011
Product Version	11.0 Release



Contents

Model

[Geometry](#)

[Part 1](#)

[Mesh](#)

Static Structural

[Analysis Settings](#)

[Loads](#)

[Solution](#)

[Solution Information](#)

[Results](#)

[Convergence](#)

[Max Equivalent Stress](#)

[Results](#)

[Max Shear Stress](#)

[Results](#)

Material Data

[Structural Steel](#)

Units TABLE 1

Unit System	Metric (mm, kg, N, °C, s, mV, mA)
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s

Model - geometrie - discretizare

Geometry TABLE 2

Model > Geometry

Object Name	<i>Geometry</i>
State	Fully Defined
Definition	
Source	D:\Doctorat\Ansys Simulation\Finger.IGS
Type	Iges
Length Unit	Meters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Part Color
Bounding Box	
Length X	24. mm
Length Y	40. mm
Length Z	10. mm
Properties	
Volume	4912.4 mm ³
Mass	3.8562e-002 kg

Statistics	
Bodies	1
Active Bodies	1
Nodes	3056
Elements	1554
Preferences	
Import Solid Bodies	Yes
Import Surface Bodies	Yes
Import Line Bodies	Yes
Parameter Processing	Yes
Personal Parameter Key	DS
CAD Attribute Transfer	No
Named Selection Processing	No
Material Properties Transfer	No
CAD Associativity	Yes
Import Coordinate Systems	No
Reader Save Part File	No
Import Using Instances	Yes
Do Smart Update	No
Attach File Via Temp File	No
Analysis Type	3-D
Mixed Import Resolution	None
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

TABLE 3
Model > Geometry > Parts

Object Name	<i>Part 1</i>
State	Meshed
Graphics Properties	
Visible	Yes
Transparency	1
Definition	
Suppressed	No
Material	Structural Steel
Stiffness Behavior	Flexible
Nonlinear Material Effects	Yes
Bounding Box	
Length X	24. mm

Length Y	40. mm
Length Z	10. mm
Properties	
Volume	4912.4 mm ³
Mass	3.8562e-002 kg
Centroid X	7.9125 mm
Centroid Y	24.701 mm
Centroid Z	-4.2072e-005 mm
Moment of Inertia Ip1	5.6383 kg·mm ²
Moment of Inertia Ip2	1.3461 kg·mm ²
Moment of Inertia Ip3	6.3316 kg·mm ²
Statistics	
Nodes	3056
Elements	1554

Mesh TABLE 4
Model > Mesh

Object Name	<i>Mesh</i>
State	Solved
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	0
Advanced	
Relevance Center	Coarse
Element Size	Default
Shape Checking	Standard Mechanical
Solid Element Midside Nodes	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Low
Transition	Fast
Statistics	
Nodes	3056
Elements	1554

Structuri statice - setări pentru analiză - încărcări - convergență - tensiuni maxime echivalente - tensiuni maxime la forfecare

TABLE 5
Model > Analysis

Object Name	<i>Static Structural</i>
State	Fully Defined
Definition	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Options	
Reference Temp	22. °C

TABLE 6
Model > Static Structural > Analysis Settings

Object Name	<i>Analysis Settings</i>
State	Fully Defined
Step Controls	
Number Of Steps	1.
Current Step Number	1.
Step End Time	1. s
Auto Time Stepping	Program Controlled
Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Program Controlled
Large Deflection	Off
Inertia Relief	Off
Nonlinear Controls	
Force Convergence	Program Controlled
Moment Convergence	Program Controlled
Displacement Convergence	Program Controlled
Rotation Convergence	Program Controlled
Line Search	Program Controlled
Output Controls	
Calculate Stress	Yes
Calculate Strain	Yes
Calculate Results At	All Time Points
Analysis Data Management	

Solver Files Directory	D:\Doctorat\Ansys Simulation\Finger Simulation Files\Static Structural\
Future Analysis	None
Save ANSYS db	No
Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No

TABLE 7
Model > Static Structural > Loads

Object Name	<i>Fixed Support</i>	<i>Force</i>	<i>Force 2</i>
State	Fully Defined		
Scope			
Scoping Method	Geometry Selection		
Geometry	2 Faces	1 Face	
Definition			
Type	Fixed Support	Force	
Suppressed	No		
Define By		Vector	
Magnitude		45. N (ramped)	
Direction		Defined	

FIGURE 1
Model > Static Structural > Force

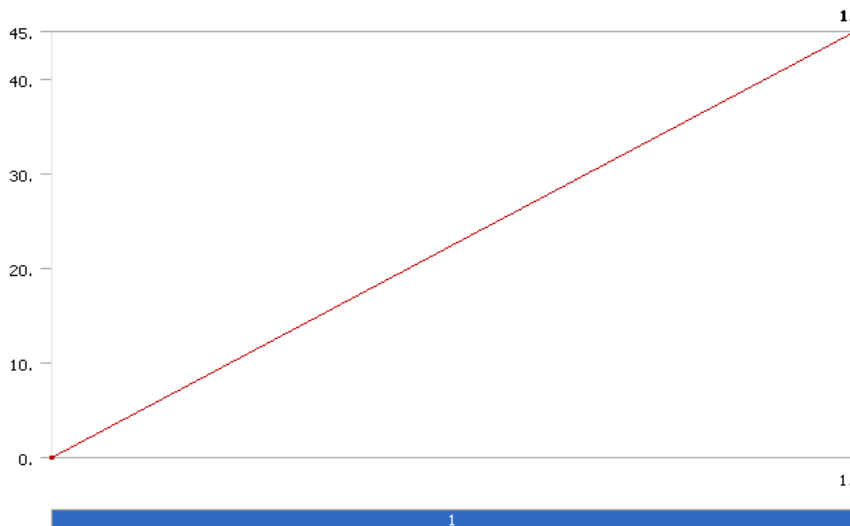
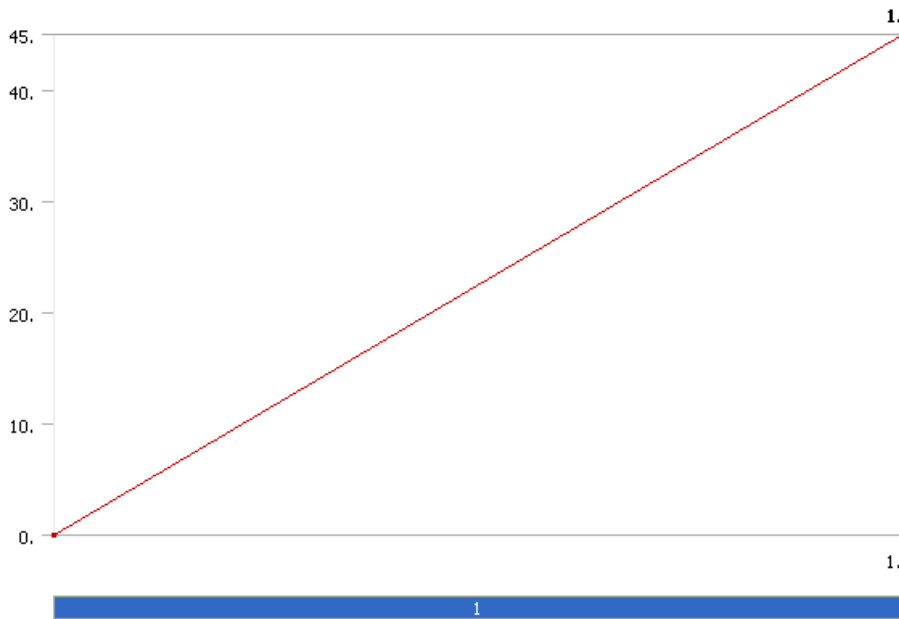


FIGURE 2
Model > Static Structural > Force 2



Solution TABLE 8
Model > Static Structural > Solution

Object Name	<i>Solution</i>
State	Solved
Adaptive Mesh Refinement	
Max Refinement Loops	2.
Refinement Depth	2.

TABLE 9
Model > Static Structural > Solution > Solution Information

Object Name	<i>Solution Information</i>
State	Solved
Solution Information	
Solution Output	Solver Output
Newton-Raphson Residuals	0
Update Interval	2.5 s
Display Points	All

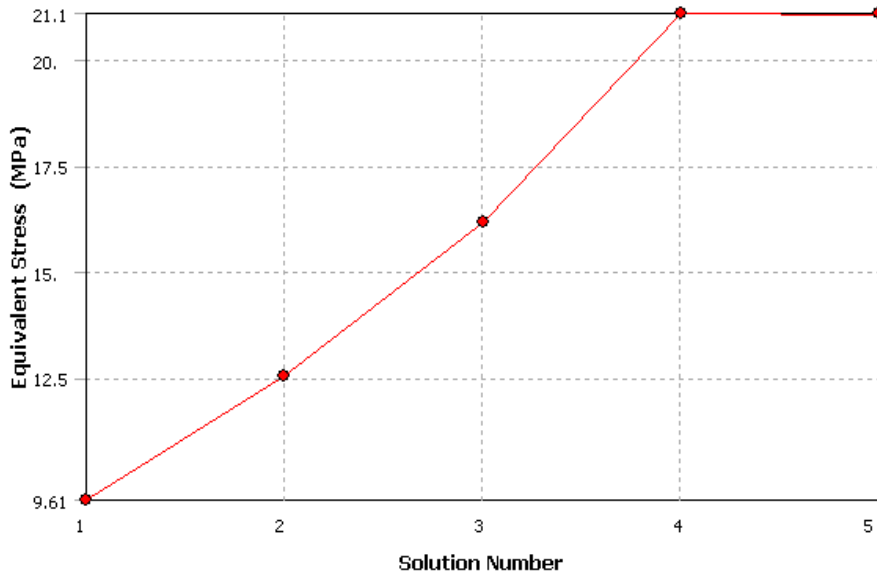
TABLE 10
Model > Static Structural > Solution > Results

Object Name	<i>Equivalent Stress</i>	<i>Maximum Shear Stress</i>	<i>Total Deformation</i>
State	Solved		
Scope			
Geometry	All Bodies		
Definition			
Type	Equivalent (von-Mises) Stress	Maximum Shear Stress	Total Deformation
Display Time	End Time		
Results			
Minimum	6.4249e-003 MPa	3.4426e-003 MPa	0. mm
Maximum	21.112 MPa	11.174 MPa	3.1151e-003 mm
Information			
Time	1. s		
Load Step	1		
Substep	1		
Iteration Number	1		

TABLE 11
Model > Static Structural > Solution > Equivalent Stress > Convergences

Object Name	<i>Convergence</i>
State	Solved
Definition	
Type	Maximum
Allowable Change	5. %
Results	
Last Change	4.0464e-002 %
Converged	Yes

FIGURE 3
Model > Static Structural > Solution > Equivalent Stress > Convergence



Model > Static Structural > Solution > Equivalent Stress > Convergence

	Equivalent Stress (MPa)	Change (%)	Nodes	Elements
1	9.6098		3056	1554
2	12.523	26.328	17897	11005
3	16.193	25.557	78931	53663
4	21.103	26.331	164739	114794
5	21.112	4.0464e-002	349651	247021

TABLE 12
Model > Static Structural > Solution > Stress Safety Tools

Object Name	Max Equivalent Stress
State	Solved
Definition	
Theory	Max Equivalent Stress
Stress Limit Type	Tensile Yield Per Material

TABLE 13
Model > Static Structural > Solution > Max Equivalent Stress > Results

Object Name	Safety Factor	Safety Margin
-------------	---------------	---------------

State	Solved	
Scope		
Geometry	All Bodies	
Definition		
Type	Safety Factor	Safety Margin
Display Time	End Time	
Results		
Minimum	> 10	> 9
Information		
Time	1. s	
Load Step	1	
Substep	1	
Iteration Number	1	

TABLE 14
Model > Static Structural > Solution > Stress Safety Tools

Object Name	<i>Max Shear Stress</i>	
State	Solved	
Definition		
Theory	Max Shear Stress	
Factor	0.5	
Stress Limit Type	Tensile Yield Per Material	

TABLE 15
Model > Static Structural > Solution > Max Shear Stress > Results

Object Name	<i>Safety Factor</i>	<i>Safety Margin</i>
State	Solved	
Scope		
Geometry	All Bodies	
Definition		
Type	Safety Factor	Safety Margin
Display Time	End Time	
Results		
Minimum	> 10	> 9
Information		
Time	1. s	
Load Step	1	
Substep	1	
Iteration Number	1	

Materiale

Structural Steel

TABLE 16
Structural Steel > Constants

Structural	
Young's Modulus	2.e+005 MPa
Poisson's Ratio	0.3
Density	7.85e-006 kg/mm ³
Thermal Expansion	1.2e-005 1/°C
Tensile Yield Strength	250. MPa
Compressive Yield Strength	250. MPa
Tensile Ultimate Strength	460. MPa
Compressive Ultimate Strength	0. MPa
Thermal	
Thermal Conductivity	6.05e-002 W/mm·°C
Specific Heat	434. J/kg·°C
Electromagnetics	
Relative Permeability	10000
Resistivity	1.7e-004 Ohm·mm

FIGURE 4
Structural Steel > Alternating Stress

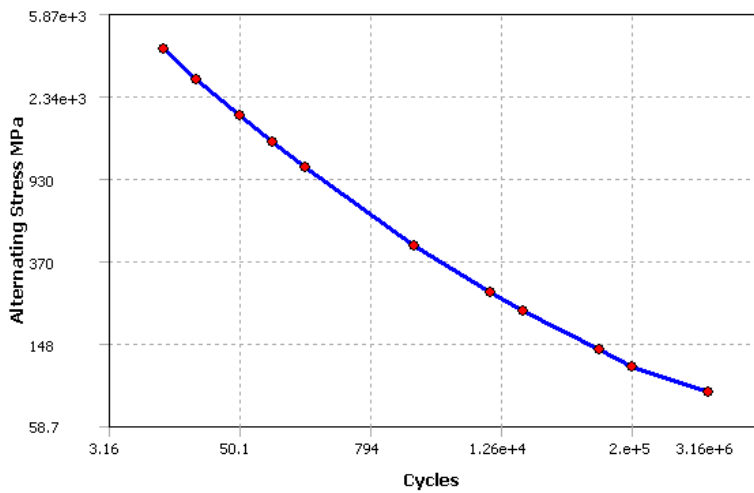


TABLE 17
Structural Steel > Alternating Stress > Property Attributes

Interpolation	Log-Log
Mean Curve Type	Mean Stress

TABLE 18
Structural Steel > Alternating Stress > Alternating Stress Curve Data

Mean Value MPa
0.

TABLE 19
Structural Steel > Alternating Stress > Alternating Stress vs. Cycles

Cycles	Alternating Stress MPa
10.	3999.
20.	2827.
50.	1896.
100.	1413.
200.	1069.
2000.	441.
10000	262.
20000	214.
1.e+005	138.
2.e+005	114.
1.e+006	86.2

FIGURE 5
Structural Steel > Strain-Life Parameters

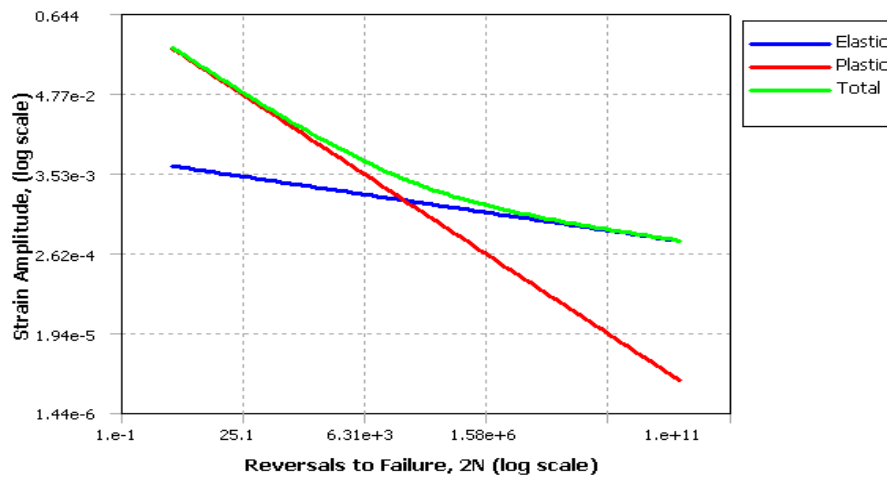


TABLE 20

Structural Steel > Strain-Life Parameters > Property Attributes

Display Curve Type	Strain-Life
--------------------	-------------

TABLE 21

Structural Steel > Strain-Life Parameters > Strain-Life Parameters

Strength Coefficient MPa	920.
Strength Exponent	-0.106
Ductility Coefficient	0.213
Ductility Exponent	-0.47
Cyclic Strength Coefficient MPa	1000.
Cyclic Strain Hardening Exponent	0.2

Lista lucrărilor proprii la care face referire teza de doctorat

Nr. crt.	Titlul lucrării	Autorii	<p style="text-align: center;">Lucreare Publicată</p> <p>Revista: Nume revistă, ISSN, editură, localitate, țară, vol., nr., lună an, nr. pagini.</p> <p>Proceedings: Nume conferință, acronim, localitate, țară, ISBN (ISSN), vol., lună an, nr. pagini.</p>
1.	Metode pentru optimizarea costurilor calității în fabricația agroalimentară	Dumitru Țucu, Antonio-Gabriel Golîmba , Dumitru Mnerie	<i>Buletinul AGIR Management Calitate-Mediu</i> , ISSN: 1224-7928, Editura AGIR, Timișoara, Romania, nr. 2-3, aprilie-septembrie 2009, pp. 215-218.
2.	Considerations about integrated engineering principles in design and manufacturing of grippers for food industry	Antonio-Gabriel Golîmba , Dumitru Țucu	<i>Proceedings of The 6th International Conference „Integrated Systems for Agri-food Production”, SIPA’09</i> , ISBN: 978-963-9909-40-3, Editura Bessenyei György, Nyíregyháza, Ungaria, noiembrie 2009, pp. 207-212.
3.	About optimization of quality costs in integrated systems for agri-food production	Dumitru Țucu, Antonio-Gabriel Golîmba , Bohuslav Čermák	<i>Proceedings of The 6th International Conference „Integrated Systems for Agri-food Production”, SIPA’09</i> , ISBN: 978-963-9909-40-3, Editura Bessenyei György, Nyíregyháza, Ungaria, noiembrie 2009, pp. 439-444.
4.	Grippers design integrated in handling system destined to agriculture mechanization	Dumitru Țucu, Antonio-Gabriel Golîmba , Dumitru Mnerie	<i>Proceedings of The 38th International Symposium on Agricultural Engineering „Actual Tasks on Agricultural Engineering”</i> , ISSN: 1333-2651, Editura Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, HINUS, Miramarska 13 b, Zagreb, Opatija, Croatia, februarie 2010, pp. 447-454.

5.	Fuzzy methods in renewable energy optimization investments	Dumitru Ţucu, Antonio-Gabriel Golimba , Titus Slavici	<i>Proceedings of The 38th International Symposium on Agricultural Engineering „Actual Tasks on Agricultural Engineering”,</i> ISSN: 1333-2651, Editura Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, HINUS, Miramarska 13 b, Zagreb, Opatija, Croatia, februarie 2010, pp. 455-462.
6.	Considerations on optimizing the palletizing systems of agricultural products using robotics elements	Antonio-Gabriel Golimba , Dumitru Ţucu	<i>Proceedings of The 39th International Symposium on Agricultural Engineering „Actual Tasks on Agricultural Engineering”,</i> ISSN: 1333-2651, Editura Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, HINUS, Miramarska 13 b, Zagreb, Opatija, Croatia, februarie 2011, pp. 367-373.