



UNIUNEA EUROPEANĂ



Instrumente Structurale
2014-2020

Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

**UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCUREȘTI
FACULTATEA DE INGINERIA SISTEMELOR BIOTEHNICE
ȘCOALA DOCTORALĂ INGINERIA SISTEMELOR BIOTEHNICE**

Rezumat al Tezei de Doctorat

Cercetări privind optimizarea parametrilor constructivi și funcționali ai sistemului de compactare prin translație a deșeurilor, în amplasare staționară sau mobilă

Research on the optimization of the constructive and functional parameters of the waste translation compaction system, in a stationary or mobile locations

Autor : Ing. Mircea Bucur LAZEA

Conducător de doctorat: Prof. dr. ing. Gheorghe VOICU

București 2023

Rezumat

Încă de la generarea deșeurilor, apare problema volumului foarte mare ocupat, aceasta generând în afara disconfortului și costuri însemnate. Procesul de compactare este întâlnit în fiecare etapă din ciclul de viață al deșeurilor, atât în fazele intermediare de tratare, cât și în fazele finale înaintea reciclării sau eliminării. Obiectivul principal al tezei a fost crearea unui ansamblu de proceduri de cercetare și sisteme de măsurare, colectare și prelucrare/analiză date, privind comportamentul fizico-mecanic al deșeurilor în interacțiunea cu organele de lucru în sisteme de compactare prin translație. Teza de doctorat cuprinde o sinteză analitică a sistemelor de compactare a deșeurilor, selectate sau neselectate, atât în amplasare mobilă cât și staționară, factorii care influențează compactarea, precum și a stadiului actual al cercetărilor în domeniul compactării acestor deșeuri. În cadrul cercetărilor experimentale sunt prezentate unele aspecte privind modelarea fizico-matematică a procesului de compactare a deșeurilor în structuri paralelipipedice cu secțiune dreptunghiulară, o analiză cinematică și una cinetostatică a unor mecanisme de preluare a deșeurilor la sisteme de colectare a deșeurilor aflate în amplasare mobilă, precum și o simulare cu element finit a rezistențelor plăcii de compactare/evacuare de la sistemele mobile de colectare a deșeurilor municipale. Se face, totodată, analiza structurală cu elemente finite a pieselor de uzură din ghidajele plăcii de contrapresiune-compactare la aceleași sisteme de compactare aflate în amplasare mobilă.

În cadrul determinărilor experimentale s-a urmărit atât comportamentul fizico-mecanic al deșeurilor, cât și comportamentul sistemelor de compactare prin translație. În determinări s-au utilizat sisteme mecanice de tip prese cu flux vertical sau orizontal, în interacțiune cu diverse eșantioane de deșeuri: deșeuri din carton, recipiente din material plastic și altele. Pe parcursul experimentelor s-a determinat consumul de energie necesar pentru compactarea și balotarea deșeurilor, dar și comportamentul la compactare al sistemelor tehnologice de presare. Pentru colectarea datelor experimentale a fost conceput un sistem de achiziție a datelor folosind sisteme de senzori prin intermediul cărora datele au fost transmise și prelucrate informatic, construindu-se, astfel, o primă etapă de culegere și analiza date în timp real. S-a urmărit, în principal, determinarea rezistențelor la compactare (forțe, viteze, presiuni, deformații, energie specifică) a categoriilor de deșeuri amintite, compactare executată în mai multe etape, până la realizarea unui balot legat care să poată fi manipulat și transportat mai ușor la locurile de procesare și reciclare.

În acest mod sunt oferite specialiștilor noi date și metode de cercetare pentru soluționarea modelelor constructive și calcule de consum energetic.

Abstract

Since the generation of waste, there is the problem of the very large occupied volume, which generates, in addition to discomfort, significant costs. The compaction process is encountered at every stage of the waste life cycle, both in the intermediate stages of treatment and in the final stages before recycling or disposal. The main objective of the thesis was the creation of a set of research procedures and data measurement, collection and processing/analysis systems, regarding the physical-mechanical behavior of waste in the interaction with working bodies in translational compaction systems. The doctoral thesis includes an analytical synthesis of waste compaction systems, selected or unselected, both in mobile and stationary locations, the factors that influence compaction, as well as the current state of research in the field of compaction of these wastes. As part of the experimental research, some aspects are presented regarding the physico-mathematical modeling of the waste compaction process in parallelepiped structures with a rectangular section, a kinematic and a kinetostatic analysis of some waste collection mechanisms in mobile waste collection systems, as well as a finite element simulation of compaction/discharge plate strengths from mobile municipal waste collection systems. At the same time, the structural analysis with finite elements of the wear parts of the counter-pressure-compaction plate guides is done at the same compaction systems in mobile location.

As part of the experimental determinations, both the physical-mechanical behavior of the waste and the behavior of translational compaction systems were monitored. Mechanical systems such as vertical or horizontal flow presses were used in the determinations, in interaction with various waste samples: cardboard waste, plastic containers and others. During the experiments, the energy consumption required for the compaction and baling of waste was determined, as well as the compaction behavior of the technological pressing systems. For the collection of experimental data, a data acquisition system was designed using sensor systems through which the data were transmitted and computerized, thus building a first stage of real-time data collection and analysis. The aim was mainly to determine the compaction resistances (forces, speeds, pressures, deformations, specific energy) of the mentioned categories of waste, compaction carried out in several stages, until a tied bale is made that can be handled and transported more easily at processing and recycling sites. In this way, specialists are offered new data and research methods for solving constructive models and energy consumption calculations.

Mulțumiri

La încheierea acestei etape importante din viața mea, doresc să adresez respectuoase mulțumiri însoțite de un profund respect domnului prof. univ. dr. ing. Gheorghe Voicu, conducătorul științific al lucrării, pentru profesionalismul cu care m-a ghidat, pentru competența și permanenta îndrumare științifică, pentru sprijinul real acordat pe întreaga perioadă de desfășurare a stagiului de doctorat, la pregătirea rapoartelor științifice și a elaborării tezei de doctorat, dar și în perioada studenției.

Mulțumesc domnului prof. univ. emerit dr. ing. Ladislau David pentru toate sugestiile și recomandările prețioase. De asemenea, doresc să mulțumesc domnului prof. dr. ing. Edmond Maican, domnului ș.l. dr. ing. Gabriel-Alexandru Constantin și d-lui conf. dr. ing. George Ipate, atât pentru discuțiile utile și încurajările permanente acordate pe tot parcursul pregătirii tezei de doctorat, pentru ajutorul acordat la partea de experimentare și simulare, cât și pentru îndrumările necesare în toată această perioadă.

Adresez sincere mulțumiri întregului colectiv de cadre didactice din Departamentul de Sisteme Biotehnice, Facultatea de Ingineria Sistemelor Biotehnice, în special d-lui prof. univ. dr. ing. Sorin-Ștefan Biriș, pentru încurajările și sugestiile primite pe întreaga perioadă a studiilor de doctorat.

Mulțumesc distinșilor referenți și membri ai comisiei de evaluare a tezei de doctorat, prof. univ.dr. Razvan George Rapeanu, prof. univ. Dr. Ion Saracin, prof.univ.dr. Ilie Filip, pentru onoarea acordată de a face parte din comisie, pentru răbdarea cu care au analizat lucrarea și pentru sugestiile deosebit de utile în vederea încheierii cu succes a acestei etape din viața mea.

Cu această ocazie, mulțumesc conducerii societăților RLG Waste Management Systems, Rom Waste Solutions, Best Tools și Romprest Energy, care mi-au permis să realizez cercetările experimentale în incinta unității, dar și celor din aceste societăți care m-au ajutat la prelevarea probelor.

Și nu în ultimul rând doresc să-mi exprim recunoștința față de întreaga mea familie și toți prietenii apropiați pentru nenumăratele dovezi de dragoste și suport moral și fizic, pe această cale mulțumindu-le din suflet.

O parte a rezultatelor prezentate în această teză de doctorat au fost obținute cu sprijinul financiar al Ministerului Muncii, Familiei și Protecției Sociale prin Fondul Social European, Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013, Contract nr. POSDRU/107/1.5/S/76903.

București, Martie 2023

Mircea-Bucur Lazea

Cuprins	teza	rezumat
Cuvânt înainte	7	7
Lista de notații și simboluri	10	8
Capitolul 1. Importanța temei și obiectivele tezei de doctorat	14	9
Capitolul 2. Caracteristicile fizico-mecanice ale materialului de compactat	19	10
2.1. Noțiuni generale	19	
2.2. Generarea deșeurilor	20	
2.3. Clasificarea deșeurilor	23	
2.4. Caracteristicile fizico-mecanice ale deșeurilor de compactat	24	
2.5. Concluzii	27	
Capitolul 3. Sisteme de compactare a deșeurilor prin translație, în amplasare mobilă sau staționară	29	11
3.1. Factorii care influențează compactarea materialelor voluminoase	29	
3.2. Clasificarea sistemelor de compactare a deșeurilor	37	
3.2.1. Sisteme de compactare prin translație în amplasare staționară	38	
3.2.2. Sisteme de compactare prin translație în amplasare mobilă	43	
3.4. Concluzii	54	
Capitolul 4. Stadiul actual al cercetărilor privind compactarea deșeurilor municipale	55	16
4.1. Cerințe privind construcția vehiculelor de colectat și transportat deșeurilor	56	
4.2. Sinteza cercetărilor pe plan mondial privind procesul de compactare a deșeurilor în prese fixe sau mobile	59	
4.2.1. Modele matematice propuse pentru procesul de compactare a deșeurilor în prese fixe sau mobile	59	
4.2.2. Stadiul actual al cercetărilor experimentale privind compactarea deșeurilor municipale, folosind prese cu mișcare prin translație	68	
4.3. Concluzii privind sinteza cercetărilor asupra procesului de compactare	72	
Capitolul 5. Aspecte și contribuții teoretice privind procesul de compactare a deșeurilor prin translație	74	18
5.1. Aspecte privind modelarea fizico- matematică a procesului de compactare a deșeurilor în structuri paralelipipedice cu secțiuni dreptunghiulară	74	
5.2. Analiza cinematică a mecanismelor de preluare a deșeurilor la sistemele mobile de colectare a deșeurilor – în amplasare mobilă	77	
5.3. Analiza cinetostatică a mecanismului de preluare a deșeurilor la sistemele de colectare a deșeurilor - în amplasare mobilă, în vederea optimizării	88	
5.4. Simularea cu element finit a rezistențelor plăcii de compactare/evacuare de la sistemele mobile de colectare a deșeurilor municipale	95	
5.5. Analiza structurală cu elemente finite a pieselor de uzură din ghidajele plăcii de contrapresiune-compactare	102	
5.6. Modelarea și simularea în FLUIDSIM a sistemelor hidraulice a preselor staționare pentru deșeurilor	112	
5.7. Concluzii	121	
Capitolul 6. Cercetări experimentale privind compactarea deșeurilor în prese cu amplasare staționară sau mobilă	124	41
6.1. Obiectivele cercetărilor experimentale	124	
6.2. Aparatura și echipamentul de lucru pentru cercetări experimentale privind sistemele de compactare a deșeurilor.	125	
6.2.1. Prese fixe și sisteme de compactare mobile a deșeurilor municipale utilizate în determinările experimentale	125	
6.2.2. Sistemul de determinare și achiziție a datelor la compactarea deșeurilor	127	
6.3. Metodica cercetărilor experimentale privind compactarea deșeurilor	130	
6.4. Determinări experimentale privind compactarea cu ajutorul preselor fixe	130	
6.4.1. Determinarea rezistențelor la compactarea deșeurilor din material plastic	130	

Cercetări privind optimizarea parametrilor constructivi și funcționali ai sistemului de compactare prin translație a deșeurilor, în amplasare staționară sau mobilă

6.4.2. Determinarea rezistențelor la compactarea deșeurilor din carton	140	
6.5. Determinări experimentale privind compactarea deșeurilor folosind prese fixe cu flux pe orizontală	149	
6.5.1. Determinarea rezistențelor la compactarea deșeurilor din material plastic	149	
6.5.2. Determinarea rezistențelor la compactarea deșeurilor din carton .	153	
6.6. Aspecte privind optimizarea dimensională a pieselor de uzură ale sistemului de ghidare a plăcii de presare	155	
6.7. Concluzii rezultate în urma cercetărilor experimentale de compactare	162	
Capitolul 7. Concluzii generale. Contribuții. Perspective	162	57
7.1. Concluzii privind cercetările teoretice și experimentale	163	
7.2. Contribuții personale	166	
7.3. Direcții viitoare de cercetare	166	
Bibliografie	167	58
Anexe	176	

Cuvânt înainte

Teza de doctorat „*Cercetări privind optimizarea parametrilor constructivi și funcționali ai sistemului de compactare prin translație a deșeurilor, în amplasare staționară sau mobilă*” este structurată pe 7 (șapte) capitole, dezvoltate pe un număr de xxx pagini, cuprinzând xxx figuri și grafice, xxx tabele, relații matematice, precum și o listă bibliografică alcătuită din xxx referințe. Această lucrare mai conține o listă de notații și simboluri (x pagini), iar, la final, sunt prezentate o serie de anexe (xy pagini) ce prezintă materiale și date informative sub formă de tabele, grafice sau figuri referitoare la studiile și cercetările prezentate în lucrarea de față.

Obiectivul principal al cercetărilor teoretice și experimentale l-a reprezentat studiul sistemelor de compactare prin translație a deșeurilor, în amplasare staționară sau mobilă, și identificarea principalelor variabile implicate în acest proces, inclusiv identificarea unor corelații între parametrii procesului (forța rezistentă la compactare, deplasarea pistonului plăcii de presiune, timpul de acționare asupra materialului, energia specifică de compactare).

În *capitolul 1* al acestei lucrări „*Introducere. Importanța compactării deșeurilor. Obiectivele tezei de doctorat*” este prezentată importanța temei abordate și obiectivele principale și subsidiare urmărite în elaborarea tezei.

Capitolul 2 intitulat „*Caracteristicile fizico-mecanice ale materialului de compactat (deșeuri)*”, conține unele noțiuni generale referitoare la situația deșeurilor pe glob, clasificarea, compoziția și modul de generare a acestora, precum și caracteristicile de bază care intervin în procesul de sortare și compactare, împreună cu unele metode de determinare a acestora, pe alocuri fiind prezentate rezultate obținute de cercetători în domeniu.

În *capitolul 3*, denumit „*Sisteme de compactare a deșeurilor prin translație, în amplasare mobilă sau staționară*”, sunt prezentați factorii care influențează compactarea materialelor voluminoase (coeficienții de frecare, aderență și coeziune, modulul de elasticitate și coeficientul lui Poisson, legătura între presiune de compactare și densitate ș.a.), mai multe sisteme de compactare prin translație în amplasare staționară sau mobilă, precum și unele mecanisme de preluare și precompactare ale echipamentelor autonome de colectare și transport deșeuri.

În *capitolul 4*, intitulat „*Stadiul actual al cercetărilor privind compactarea deșeurilor municipale*” se face sinteza cercetărilor teoretice asupra procesului de compactare a deșeurilor în prese fixe sau mobile, precum și sinteza cercetărilor experimentale privind compactarea deșeurilor municipale, folosind prese cu mișcare prin translație, cerințele privind construcția vehiculelor de colectat și transport deșeuri, unele modelele matematice determinate pentru exprimarea legăturii fizice între parametrii procesului de presare /compactare prin translație.

Acest capitol se încheie cu unele concluzii referitoare la importanța cunoașterii factorilor ce influențează procesul de compactare a deșeurilor, dar și aspectele principale rezultate din analiza cercetărilor teoretice și experimentale asupra sistemelor de compactare.

Capitolul 5, denumit „*Aspecte și contribuții teoretice privind procesul de compactare a deșeurilor prin translație în structuri cu secțiune dreptunghiulară*” prezintă unele modele matematice determinate care exprimă legătura fizică între parametrii procesului de presare /compactare prin translație în structuri paralelipipedice cu secțiune dreptunghiulară, aspectele principale ale simulării solicitărilor în organele componente ale sistemelor cu compactare prin translație, analiza cinetică și cinetostatică a mecanismelor de preluare și precompactare a deșeurilor la sistemele mobile de colectare a deșeurilor în amplasare mobilă, precum și simularea cu element finit a rezistențelor plăcii de compactare/evacuare de la sistemele mobile de colectare a deșeurilor municipale. Se prezintă, inclusiv analiza structurală cu elemente finite a pieselor de uzură ale ghidajele plăcii de contrapresiune/compactare la sistemele de compactare ale mașinilor de colectare și transport deșeuri. Capitolul se încheie cu concluzii referitoare la aplicabilitatea și utilizarea acestor modele matematice.

Capitolul 6, intitulat „*Cercetări experimentale privind compactarea deșeurilor în prese cu amplasare staționară sau mobilă*” cuprinde obiectivele tezei și ale cercetărilor experimentale,

aparatura și echipamentul de lucru pentru cercetărilor experimentale privind sistemele de compactare a deșeurilor, respectiv sistemul de determinare și achiziție a datelor la compactarea deșeurilor în prese verticale fixe și caracteristicile de bază ale preselor utilizate în experimente. Se prezintă, de asemenea, metodică determinărilor experimentelor și relațiile care stau la baza calculului unor parametri de bază ai compactării (energia specifică la compactare) și a legăturii dintre aceștia prin analize de regresie în programul Microcal Origin 8.0.

Se prezintă rezultatele cercetărilor privind determinarea rezistențelor la compactarea deșeurilor din material plastic, respectiv a buteliilor PET de 2 litri în mai multe faze și încărcări succesive ale incintei de presare a presei verticale HSM-V 605, în corelație cu deplasarea plăcii de presiune a presei, precum și cu timpul de deplasare, respectiv viteza de deplasare a plăcii în funcție de rezistența întâmpinată în proces. Pe baza suprafețelor curbilor forță-deplasare trasate grafic s-a determinat energia consumată în procesul de compactare, respectiv energia specifică.

De asemenea, se prezintă rezultatele cercetărilor privind aceiași parametri la compactarea buteliilor PET de 0,5 litri în trei faze și trei încărcări diferite ale incintei de presare a presei, cu cel puțin două compactări succesive pentru fiecare fază, dar și energia de compactare, ca și în cazul precedent.

Au fost efectuate cercetări experimentale privind parametrii procesului (forțele rezistente, cursa plăcii de presiune, viteza de deplasare, energia specifică de compactare) în cazul compactării cartoanelor uzate folosind presa verticală fixă model PP-1207, Strautmann, de asemenea, în șapte faze independente cu încărcări succesive egale ale camerei de presare.

De asemenea, în acest capitol se prezintă unele aspecte privind optimizarea dimensională a pieselor de uzură ale sistemului de ghidare a plăcii de presare a plăcii de compactare de la mașinile de colectare și transport deșeurii menajere.

Capitolul se încheie cu o secțiune de concluzii cu privire la rezultatele cercetărilor experimentale și importanța cunoașterii parametrilor specificați.

În capitolul 7, „Concluzii generale. Perspective. Contribuții” se prezintă concluziile finale referitoare la cercetările teoretice și experimentale expuse în teză. Sunt expuse sintetic contribuțiile proprii, dar și direcțiile viitoare de cercetare în domeniul temei.

Ținând cont de cele prezentate, apreciez că tema tezei de doctorat este de actualitate și abordează un domeniu important, cel al colectării deșeurilor în vederea reciclării ca materiale reutilizabile și prezintă o deosebită importanță tehnico-științifică.

Lista de simboluri și notații

Capitolul 2. Caracteristicile fizico-mecanice ale materialului de compactat (deșeurii)

D – masa volumică, (kg/m^3)

w_1 - greutatea deșeurilor proaspete și a deșeurilor măsurate în container, (kg)

w_2 - greutatea containerului de măsurare a deșeurilor, (kg)

V - volumul de deșeu măsurat în container, (m^3)

W_t^i - umiditatea deșeurilor, (%).

Q_i^{mc} - căldura de ardere a deșeurilor raportată la starea de masă combustibilă (kJ/kg)

A^i - conținutul de cenușă al deșeurilor, (%).

Capitolul 3. Sisteme de compactare a deșeurilor prin translație, în amplasare mobilă sau fixă

G_d – masa deșeurilor, (kg);

V_d – volumul deșeurilor, (m^3).

D - densitatea deșeurilor (t/m^3)

W_t – umiditatea totală a deșeurilor, (%)

W_r – umiditatea relativă a deșeurilor, (%)

W_h - umiditatea higroscopică a deșeurilor menajere, (%)

T - temperatura din matrița preseii, (°C)

Capitolul 4 Stadiul actual al cercetărilor privind compactarea deșeurilor municipale

D - diametrul probei, (m)

L_s - lungimea probei, (m);

P_b - presiunea la baza camerei de comprimare, (MPa);

p –presiunea uleiului, (bar);

ρ - densitatea fluidului de lucru.

L - lungimea, (m);

d – diametrul orificiului, (m);

v- viteza fluidului în distribuitor, (m/s);

Capitolul 5. Aspecte și contribuții teoretice privind procesul de compactare a deșeurilor prin translație

D – diametrul probei, (m);

L_s - lungimea probei, (m);

P_b - presiunea la baza camerei de comprimare, (MPa);

P - presiunea de comprimare (MPa);

γ_s - greutatea volumetrică a materialului (kg/m³);

CAPITOLUL 1. INTRODUCERE. IMPORTANȚA COMPACTĂRII DEȘEURILOR. OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT

Gestionarea deșeurilor municipale solide este rezolvată în mod diferit în multe țări din întreaga lume, având în vedere gradul de dezvoltare al acestora. Există nenumărate sisteme de colectare, transport și depozitare a deșeurilor colectate. Cele mai multe mașini de colectare a DSM sunt echipate cu sisteme de precompactare și compactare pentru a reduce volumul deșeurilor și a transporta o cantitate mai mare pe distanțe care de multe ori ajung la câteva zeci de kilometri, [60].

Compactarea sau balotarea deșeurilor reduc volumul deșeurilor și au beneficii similare în menținerea unui nivel de sanitație corespunzător. Procesul depinde de materialul care se reduce și de ce se întâmplă în continuare cu el. De exemplu, deșeurile din carton sau din polietilenă tereftalată (PET) pot fi atât balotate cât și compactate.

Obiectivul general al tezei de doctorat l-a constituit realizarea unor cercetări teoretice și experimentale privind compactarea prin translație a deșeurilor, în amplasare staționară sau mobilă, și identificarea principalelor variabile implicate în acest proces.

Prin intermediul acestor cercetări, s-a urmărit ca obiectiv principal, studiul parametrilor constructivi și funcționali ai sistemului de compactare prin translație a deșeurilor, în amplasare staționară sau mobilă, pentru identificarea factorilor care influențează procesul de compactare.

Pentru îndeplinirea obiectivului general al lucrării a fost necesară realizarea următoarelor obiective specifice:

- analiza stadiului actual al metodelor, tehnologiilor și echipamentelor utilizate în prezent în procesul de compactare a deșeurilor,
- studiul documentar privind factorii care influențează procesul de compactare,
- studiul și prezentarea sintetizată a unor sisteme constructive de compactare,
- studiul teoretic al procesului de compactare prin translație a deșeurilor în structuri cu secțiune dreptunghiulară,
- prezentarea sintetizată a caracteristicilor fizico-chimice ale categoriilor de deșeuri cel mai des pre-procesate prin compactare,
- simularea în programe informatice specifice a mișcărilor organelor active ale sistemelor de compactare mobile,
- simularea solicitărilor în organele de lucru ale sistemelor de compactare prin translație,

- studiul teoretic al procesului de lucru al preselor cu flux vertical sau orizontal, privind compactarea deșeurilor,
- cercetări experimentale privind compactarea mecanică a deșeurilor, în prese cu amplasare staționară sau mobilă,
- identificarea unor soluții viabile de optimizare a unor părți componente ale sistemelor de compactare, în amplasare mobilă,
- diseminarea pe scară largă a rezultatelor cercetărilor asupra procesului de compactare prin translație a deșeurilor, prin publicarea de lucrări științifice în reviste de profil și în volume ale unor conferințe de specialitate.

CAPITOLUL 2. CARACTERISTICILE FIZICO-MECANICE ALE MATERIALULUI DE COMPACTAT (DEȘEURI)

2.1. Noțiuni generale

Proprietățile deșeurilor reprezintă principalul factor de care depinde modul în care sunt realizate, dezvoltate și valorificate, precum și de suprafața de depozitare care este ocupată temporar.

La nivel mondial, conform unui raport pentru anul 2016 al Băncii Mondiale (fig.2.1), cea mai importantă pondere a deșeurilor municipale este reprezentată de alimente și deșeurii verzi (44%), urmată de o pondere de 38% a deșeurilor precum materialele plastice, hârtie și carton, metal și sticlă. Este important de reținut că aceste procente variază de la țară la țară, ținând cont că acestea depind de nivelul de dezvoltare economică națională, de caracteristicile culturale etc., [126].

2.2. Generarea deșeurilor

De la Revoluția Industrială, o cantitate mare de gunoi a fost generată de mai bine de 2 secole, iar cantitatea de gunoi a crescut dramatic în ultimii ani. Potrivit statisticilor Băncii Mondiale, în 2016, numai cantitatea de deșeurii municipale generată a ajuns la 2,01 miliarde de tone. Deși economia avansată găzduiește doar 16% din populația planetei, ea este responsabilă pentru 34% din generarea de deșeurii la nivel mondial. Cu toate acestea, contribuția țărilor în curs de dezvoltare la generarea de deșeurii a crescut semnificativ în ultimii ani, [130].

Se estimează că până în 2025, populația urbană va crește de la 3 miliarde la 4,3 miliarde. Aceasta înseamnă că cantitatea de deșeurii generată se va dubla până în 2025.

Politica UE de gestionare a deșeurilor necesită o abordare sistematică pe termen lung, care să includă investiții în sisteme regionale de colectare, reciclare și eliminare a deșeurilor, precum și închiderea depozitelor și incineratoarelor neconforme (fig. 2.4), [97].

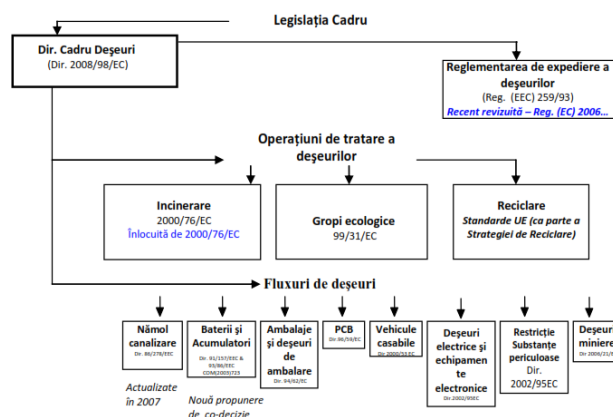


Fig.2.4. Privire de ansamblu asupra Legișlației UE cu privire la deșeurii, [125]

2.3. Clasificarea deșeurilor

Deșeul, conform legislației specifice din România este definit ca fiind orice substanță sau obiect pe care deținătorul îl aruncă ori are intenția sau obligația să îl arunce, dar acesta mai poate fi analizat/definit și din perspectiva de resursă, [124].

Identificarea proprietăților periculoase în deșeuri este considerată o prioritate pentru clasificarea și gestionarea corectă a acestora. În 2018, în secțiunea Comunicare și informare a *Jurnalului Oficial al Uniunii Europene*, Comisia a publicat o comunicare privind orientările tehnice privind clasificarea deșeurilor, care oferă diverse orientări tehnice privind stabilirea inventarelor de deșeuri, [118].

2.4. Caracteristicile fizico-mecanice ale materialului de compactat (deșeuri)

Caracteristicile deșeurilor reprezintă elementul principal de care depinde modul de realizare, de exploatare și de valorificare a lor, precum și suprafețele ocupate temporar pentru depozitare.

Caracteristicile fizice, chimice, mineralogice și geo-mecanice ale deșeurilor sunt determinate de mai mulți factori, printre care:

- caracteristicile naturale ale materialului înainte de utilizarea lui;
- procesul tehnologic din care provin;
- modul de transport și de depozitare;
- stabilitatea fizico-mecanică în timp, sub sarcini, în raport cu condițiile atmosferice, în contact cu apa și cu alte deșeuri sau materiale.

2.5. Concluzii

Deșeurile sunt un produs secundar inevitabil al majorității activităților de activității umane. Proprietățile deșeurilor reprezintă principalul factor de care depinde modul în care sunt realizate, dezvoltate și valorificate, precum și de suprafața de depozitare care este ocupată temporar.

În mod practic, în urma sortării deșeurilor apar diferite tipuri de materiale valoroase din punct de vedere al puterii calorice, iar acestea pot fi valorificate prin ardere în instalații din fabricile de ciment sau în instalații de ardere al căror prim rezultat este producerea de energie electrică. Pentru metoda de analiză imediată, s-a anexat un document de determinare a conținutului deșeurilor municipale solide în amestec, model care aduce o informații concludente asupra unor caracteristici fizico-chimice.

CAPITOLUL 3. SISTEME DE COMPACTARE A DEȘEURILOR PRIN TRANSLAȚIE, ÎN AMPLASARE MOBILĂ SAU STAȚIONARĂ

Scopul compactării este de a crește densitatea deșeurilor, adică de a reduce volumul ocupat de o anumită cantitate de deșeuri. Densitatea crește, în timpul compactării, de la 0,2–0,3 t/m³ la aproximativ 1 t/m³. Astfel, este posibilă creșterea capacităților de stocare, [98].

Compactarea se poate realiza atât prin intermediul compactoarelor mobile, cât și al preselor statice, care sunt echipamente indispensabile pentru micșorarea volumului deșeurilor. Unitatea de presare realizează compactarea deșeurilor până la 20% din dimensiunile inițiale. Capul orizontal de presare este acționat de un echipament electro-hidraulic care face față celor mai diverse tipuri de deșeuri. Construcția robustă a preselor, utilizarea materialelor cu rezistență sporită și sistemul hidraulic fiabil garantează raportul maxim de compresie și durata lungă de viață a întregului utilaj.

3.1. Factorii care influențează compactare materialelor voluminoase

În literatura de specialitate s-a pus accentul pe determinarea distribuției greutatei unitare și a conținutului de umiditate în funcție de adâncime și de vârsta deșeurilor. Chiar dacă compactarea controlează utilizarea eficientă a capacității de depozitare și stabilitatea unui depozit de deșeuri, nu sunt disponibile orientări bine elaborate pentru practicile de compactare pe teren, [42,88,114].

În mod similar, sunt disponibile informații limitate cu privire la compactarea în laborator a deșeurilor, în special pentru deșeurile proaspete. În cadrul a două studii au fost utilizate proceduri comune de testare a solului pentru deșeurile proaspete în cadrul investigațiilor geotehnice privind caracteristicile deșeurilor, [88,98]. Sistemele de compactare au evoluat pe parcursul ultimilor 30 de

ani. Acestea au fost proiectate pe modele experimentale și de aici au rezultat mai multe moduri și principii de funcționare.

Prin urmare, principalii factorii care influențează procesul de compactare/densificare pot fi proprietățile fizico-mecanice ale materialelor, și anume: conținutul de umiditate al materialului, coeficientul de frecare dintre material și pereții camerei de presare, rigiditatea materialului, modulul de elasticitate și coeficientul lui Poisson.

Coeficienții de frecare, aderența și coeziunea

Forța maximă de frecare (limită) este forța maximă necesară pentru a muta un corp, care este supus unei forțe normale împotriva altui corp aflat în repaus. Odată ce corpul începe să se miște, forța de frecare scade în comparație cu forța de frecare maximă. Această forță de frecare mai mică se numește *forța de frecare la alunecare*.

Experimente și determinări efectuate de cercetători asupra proceselor fizice de frecare

Deși, cea mai mare parte a cercetărilor se referă la coeficientul de frecare al materialelor agricole din zona semințelor, totuși s-au găsit și unele cercetări în ceea ce privește coeficientul de frecare statică a materialelor furajere. Prin asemănare putem expune unele concluzii ale cercetărilor.

Richter (1954) [89], de exemplu, a determinat coeficienții de frecare statici și la alunecare pentru diferite materiale furajere. Snyder, Roller și Hall (1967) [101] au studiat efectul presiunii normale și umiditatea relativă pe coeficientul de frecare la alunecare la boabele de grâu pe diferite suprafețe metalice. Thompson și Ross (1983) [15] au relatat că coeficientul de frecare la boabele de grâu pe oțel a fost afectat de către conținutul de umiditate a grâului. S-a descoperit că coeficientul de frecare a crescut odată cu creșterea umidității de la 8% la 20%, numai la 24% conținutul de umiditate, a scăzut. Lawton și Marchant (1980) [52] au proiectat și confecționat un dispozitiv pentru măsurarea coeficientului de frecare al semințelor culturilor agricole.

Modulul de elasticitate și coeficientul lui Poisson

Stroshine (2000) [27] propune ca modulul de elasticitate aparent să se calculeze pe baza a două definiții diferite denumite *definiția secantei* și *definiția tangentei*. Norris și Bilanski (1969) [76] au evidențiat faptul că modulul de elasticitate rezistent la rupere pentru tulpinile de lucernă a fost proporțional cu greutatea volumetrică a tulpinilor și a variat de la 0,9 la 6,8 GPa (1,3x10⁵ la 9,87x10⁵ psi). Aceste valori sunt foarte mari pentru materialele furajere și nu mai sunt de încredere. O'Dogherty, Huber, Dyson și Marshall (1995) [77] au studiat influența maturității plantelor, poziția internodurilor tulpinii și conținutul de umiditate din tulpină asupra proprietăților mecanice a paielor de grâu.

Raportul presiune-densitate

Există o dependență directă între presiunea aplicată și densitatea aparentă a materialului în timpul procesului de compactare. Hundtoft și Buelow (1971) [43] au studiat relația dintre tensiune și deformare în timpul compresiei lucernei în vrac. Rezultatele experimentale arată că deșeurile cu dimensiuni mai mari ale particulelor au proprietăți de propagare a presiunii mai mari, în timp ce materialele cu dimensiuni mai mici ale particulelor sunt mai puțin capabile să transfere presiunea, [115]. Îndeosebi s-au relatat mai multe modele pentru relația dintre presiune și densitate care sunt fie de funcție putere, fie forma funcției exponențiale.

Masa specifică a deșeurilor voluminoase

Masa specifică, stabilită în stare afânată, înainte ca deșeurile menajere să mai sufere o modificare, mai este definită și masa specifică de referință.

Timpul necesar compactării

Shrivastava și colab. (1990) folosesc următoarea relație (4.1) pentru determinarea timpului de retenție (reținere) a materialului de compactat, [96]:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 P + \alpha_2 T \quad (3.x)$$

Dimensiunea particulelor

Cunoașterea dimensiunilor particulelor de deșeuri este un factor important pentru selectarea metodei de compactare sau tratare biologică a deșeurilor. De asemenea, acest parametru este relevant la selectarea echipamentului de sortarea și reutilizare a deșeurilor.

3.2. Clasificarea sistemelor de compactare a deșeurilor

Sistemele de compactare sunt clasificate din punctul de vedere al mișcării organelor active în :

- sisteme de compactare prin mișcarea de translație a organelor active de lucru
- sisteme de compactare prin mișcarea de rotație a organelor de lucru

Sistemele de compactare prin translație se pot clasifica în:

- sisteme de compactare prin translație, în amplasare staționară - sistemele de acest gen sunt un ansamblu compact, poziționate în puncte fixe, acolo unde se colectează și compactează deșeuri, iar descărcarea acestora, se realizează la intervale regulate de timp, prin transportul cu vehicule specializate la locurile de tratare /procesare .
- sisteme de compactare prin translație, în amplasare mobilă - sistemele sunt montate definitiv pe un autoșasiu purtător, cu care se execută colectare și transport, prin deplasare din poarta în poarta.

3.2.1. Sistem de compactare prin translație în amplasare staționară

Tehnica de balotare s-a dovedit a fi cea mai economică cu o productivitate ridicată fiind o metodă promițătoare de depozitare a deșeurilor destinate tuturor instalațiilor de incinerare a deșeurilor.



Fig. 3.3. Instalație de balotare-împachetare

În special, tehnologia de balotare-împachetare a fost studiată în ceea ce privește procesele fizice, chimice și biologice, în principal cu privire la impactul asupra mediului al emisiilor de gaze și levigat (la depozitele finale de deșeuri). Până la o anumită dimensiune maximă, baloții înfășurați în plastic sunt o opțiune promițătoare din punct de vedere al mediului, care rezolvă problemele generării de levigat și biogaz.

Unele sisteme de compactare prin translație pot fi prevăzute cu sisteme auxiliare pentru formarea baloților deșeurilor reciclabile și legarea acestora. Sunt destinate utilizării în industria de reciclare, pentru deșeurile din hârtie /plastic sau carton .

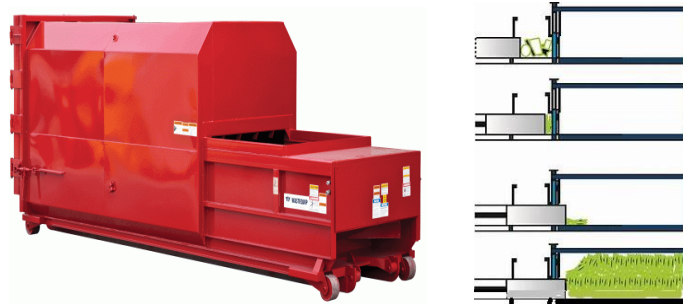


Fig.3.5. Sistem de compactare prin translație în amplasare staționară pentru deșeurile uscate

Construcția robustă cu cilindrul central de compactare permite repartizarea optimă a forțelor de compactare. Forța de compactare mare și capacitatea de funcționare sunt factorii care contribuie în mod important la reducerea costurilor transportului deșeurilor.



Fig. 3.8. Sisteme de compactare prin translație , cu amplasare fixă , pentru deșeurile din materiale de construcții și container detașabil

3.2.2. Sisteme de compactare prin translație în amplasare mobilă

Acestea sunt echipamente complexe, formate dintr-o structură paralelipipedică compactă și portantă, care conține sisteme auxiliare de comandă hidraulică, pneumatică și electrică. Acestea sunt amplasate pe autoșasiuri de diverse mase și configurații.

Scopul lor este de a colecta/compacta și transporta în mod economic și de siguranță sanitară, deșeurile menajere /municipal colectate.

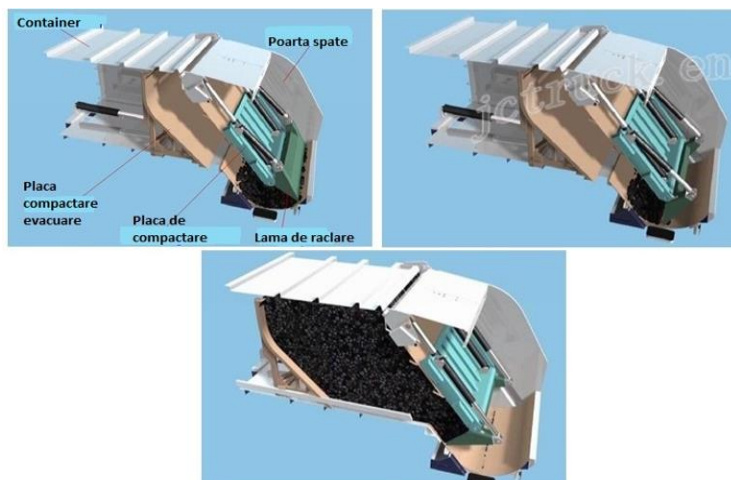


Fig. 3.12. Schema fluxului de alimentare și compactare /stocare deșeurilor într-un echipament de compactare prin translație

Sistem de compactare cu încărcare prin spate

La acest ansamblu putem observa 3 părți componente distincte din punct de vedere al rolului funcțional (fig.3.13):

- sistemul auxiliar de încărcare /descărcare recipiente poziționat în partea din spate
- sistemul de preluare /recepție/precompactare. Este atașat camerei de presare /compactare, cu funcționalități multiple, cum ar fi: capac de descărcare al camerei de presare /compactare, conține plăcile de preluare și precompactare și sistemele hidropneumatice de acționare /comanda mișcărilor.
- camera de compactare/presare a reziduurilor. Poate fi de mai multe capacități (metri cubi), pereții laterali, podeaua și tavanul împreună cu placa de compactare (lama de evacuare), constituie camera de compactare și implicit transport al reziduurilor.

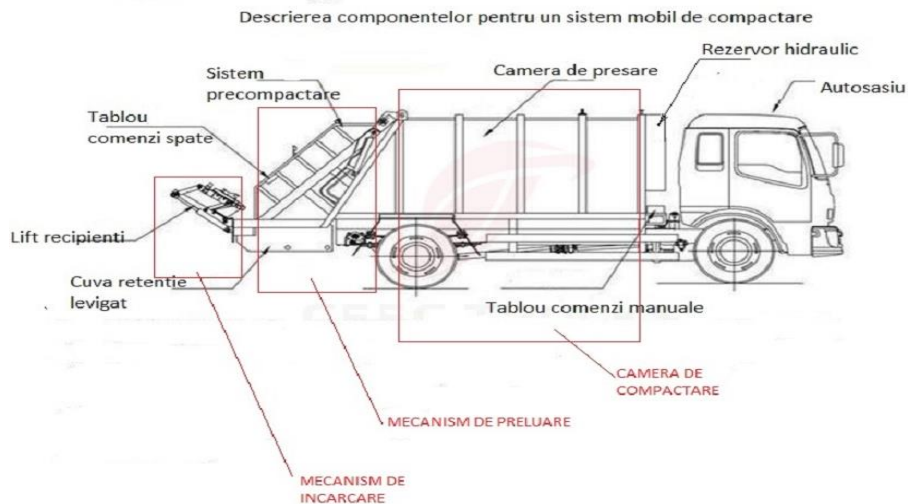


Fig. 3.13. Schema unui autovehicul specializat (echipat cu sistem de compactare în amplasare mobila)

B. Sistem de compactare în amplasare mobila – dispunerea cilindrilor hidraulici

În funcție de tipul de container, se disting :

- containerul de 4-7 metri cubi se prinde în dispozitiv și se ridică și răstoarnă cu ajutorul mecanismului acționat de cilindrul cu troliu
- containerul de dimensiuni mici (240 litri, 1100 litri), se prinde în mecanismul de ridicare /răsturnare, pus în mișcare de cilindrul de ridicare minicontainere.

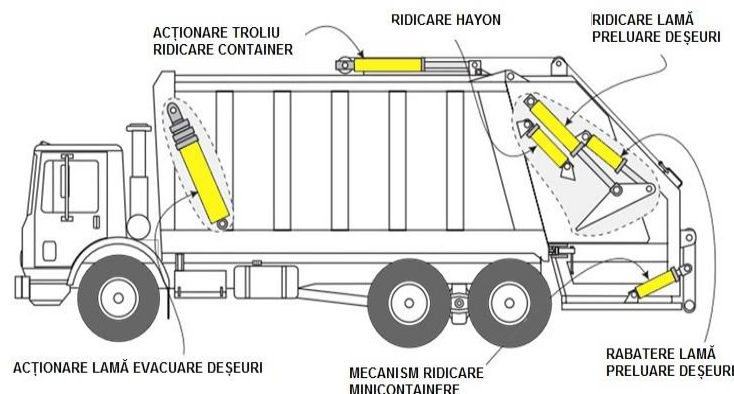


Fig. 3.14. Schema generală cu poziționarea cilindrilor hidraulici de acționare

C. Sistem de compactare cu încărcare laterală

Si la aceste sisteme se pot identifica cele 3 mecanisme principale:

- camera depozit de reziduuri compactate
- sistemul de recepție și compactare reziduuri
- sistemul auxiliar de încărcare -ridicare a recipientelor

Spre deosebire de sistemele cu încărcare prin spate, acestea nu au lama/plug de compactare în interiorul camerei depozit, ci presarea se face de o lama (berbec) poziționată în camera de recepție /compactare (fig.3.15). Descărcarea reziduurilor colectate, se face prin bascularea întregului ansamblu și deversarea reziduurilor pe platforma depozitului, prin capacul din spate.

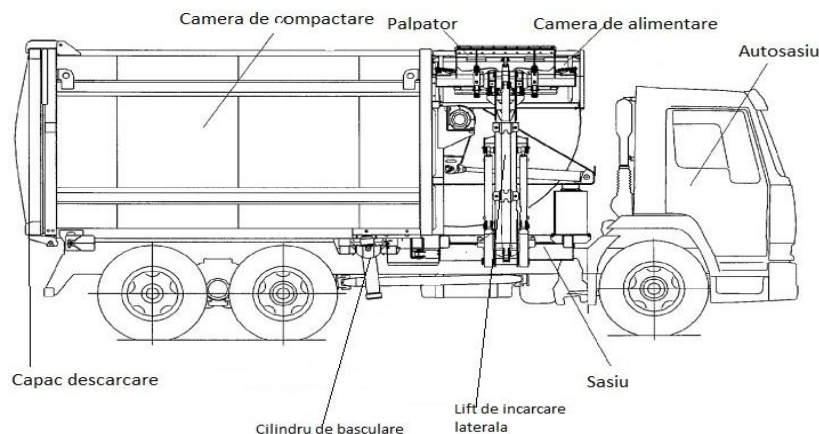


Fig. 3.15. Schema generală a unui autovehicul echipat cu un sistem de compactare prin translație, cu încărcare laterală

3.3. Concluzii

Comportarea mecanică a deșeurilor solide municipale poate fi descrisă analitic prin relații de legătură între parametrii procesului, precum presiunea axială aplicată și masa volumetrică, în limitele unor condiții inițiale estimate, dar apoi modelele determinate trebuie să fie validate prin cercetări experimentale. Din punct de vedere mecanic, sistemele de alimentare și precompactare a deșeurilor sunt niște mecanisme cu bare și pârghii articulate cu mișcare în planul longitudinal-vertical al mașinii, cu acționare hidraulică sau pneumatică.

Pentru analiza structurală a mecanismelor, acestea se descompun în elemente componente, se determină cuplele cinematice, elementele mobile și gradul de mobilitate ale mecanismului.

Prin analiza cinematică a mecanismului se pot determina pozițiile, vitezele și accelerațiile elementelor mobile, dar interesează în primul rând mișcarea elementelor de lucru ale acestuia.

CAPITOLUL 4. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR PRIVIND COMPACTAREA DEȘEURILOR MUNICIPALE

4.1. Cerințe privind construcția vehiculelor de colectat și transport deșeurii

Față de construcția autocamioanelor de colectat și transport deșeurii se impun unele cerințe sanitare, [25]:

- să asigure încărcarea cât mai lejeră, fără împrăștiere, degajare de praf și zgomot, transportul închis al deșeurilor și descărcarea lor rapidă;
- să permită obținerea unui factor util de încărcare, la o exploatare economică a mașinii și la o capacitate maximă de încărcare;
- să fie echipate cu mecanisme de deplasare continuă a materialului încărcat în interiorul mașinii, de compactare și repartizare uniformă a lor pe toată suprafața mașinii;

- să fie cât mai simple constructiv, fiabile și cu un coeficient de siguranță în exploatare convenabil;
- să aibă sisteme de pornire și frânare sigure, pentru că pornesc și opresc des;
- să corespundă prescripțiilor valabile privind circulația pe drumurile publice și siguranța circulației.

Fenomenul de compactare observat pentru deșeuri se explică prin creșterea greutateii unitare și a greutateii specifice G_s a solidelor din masa deșeurilor cu creșterea efortului de compactare. O creștere bruscă a greutateii unitare are loc cu o modificare relativ scăzută a conținutului de umiditate datorată parțial unei creșteri a greutateii unitare a solidelor. Potențiala zdrobire și reorganizare a structurii interne a componentelor solide ale diferitelor materiale prezente în masa de deșeuri sub solicitări mari, adică eforturi mari de compactare duce la creșterea densității materiei solide.

4.2. Sinteza cercetărilor pe plan mondial privind procesul de compactare a deșeurilor în prese fixe sau mobile

4.2.1. Modele matematice propuse pentru procesul de compactare a deșeurilor în prese fixe sau mobile

a) **Ferrero, Horabik și Molenda (1990)** [26] a propus următorul model analitic pentru calculul coeficientului de frecare al paielor dintre forma matriței, lungimea formei obținute și presiunea aplicată:

$$\mu = - \left(\frac{D}{4 \times P_r \times L_s} \right) \times \ln(P_b - P)$$

b) **O'Dogherty și Wheeler (1984)** [77] au introdus următoarele modele empirice pentru a demonstra legătura presiune – densitate la paiete de orz comprimate într-o matriță cilindrică:

$$P=0,000012 \gamma_s^2 \text{ pentru } 150 < \gamma < 400 \text{ kg/m}^3$$

$$\ln P=0,00226 * (\ln(\gamma_s))^4 - 2,32 \text{ unde } \gamma_s > 400 \text{ kg/m}^3$$

4.2.2. Stadiul actual al cercetărilor experimentale privind compactarea deșeurilor municipale, folosind prese cu mișcare prin translație

În lucrarea [49], **Pantic și colaboratorii** au studiat un nou mod de realizare a testului de compactare Proctor, care este adaptat la deșeurile solide municipale, iar rezultatele obținute au fost folosite pentru a efectua o analiză cu rezultatele obținute folosind ciocanul standard al testului de compactare Proctor.

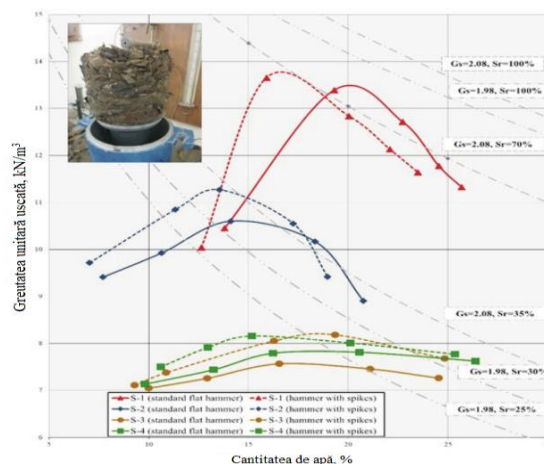


Fig. 4.12 Rezultatele obținute cu testul de compactare Proctor (ciocan standard și ciocan cu cramioane)

Rezultatele testului de compactare Proctor indică anumite modificări în comportamentul al deșeurilor municipale solide în timpul compactării cu ajutorul unui utilaj inovator non-standard.

Un alt studiu, [39], a avut ca scop evaluarea forajului de sondare a reziduurilor menajere ce a fost utilizată pentru a evalua proprietățile mecanice și biologice ale unei coloane de deșeurii în Lincoln Bluff Road Landfill, Nebraska, până la o adâncime de 28 m.

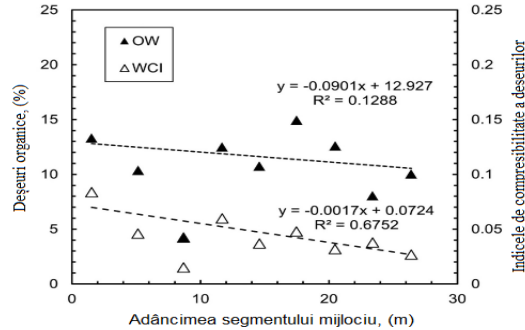


Fig.4.13 Deșeurile organice (OW) și indicele de compresibilitate al deșeurilor (WCI) în funcție de adâncimea în depozit

Compactarea este procesul de densificare a unui material prin reducerea golurilor de aer. Gradul de compactare se măsoară în funcție de densitatea sa uscată și depinde în principal de conținutul său de umiditate, de energia de compactare și de tipul de material.

CAPITOLUL 5. ASPECTE ȘI CONTRIBUȚII TEORETICE PRIVIND PROCESUL DE COMPACTARE A DEȘEURILOR PRIN TRANSLAȚIE

5.1. Aspecte privind modelarea fizico-matematică a procesului de compactare în structuri paralelipipedice cu secțiune dreptunghiulară

Afzalania [1,2] propune o altă relație presiune-densitate pentru presa de balotat cubică mare în cursul procesului de balotare a paielor de lucernă și orz, confirmată experimental, exprimată prin următorul model:

$$\gamma = \gamma_0 + (A + BP + CP^2)(1 - E^{DP})$$

Pentru descrierea mai pe înțeles a procesului de densificare într-o presă cu piston, *Ivanova și colab.* [47] au împărțit camera de presare în trei zone distincte și au făcut analiza forțelor și distribuția presiunii în timpul trecerii materialului prin aceasta.

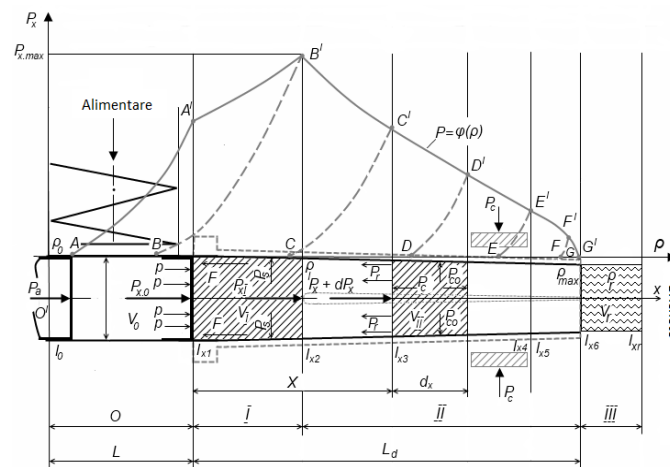


Fig.5.1. Modelul procesului de presare a biobrichetelor într-o presă hidraulică cu piston, [47]

Pentru justificarea teoretică a dependenței presiunii de presare P_x de masa volumică a materialului ρ în camera de presare, ca și în canale deschise, aproape toți cercetătorii preiau ipotezele dezvoltate până în acest moment [47], precum:

- masa volumică inițială ρ_0 este aceeași în tot materialul aflat în canalul de compactare;
- regulile de modificare a masei volumice în materialul balotului sunt liniare;
- tensiunile normale în fiecare punct al oricărei secțiuni transversale a canalului de presare sunt aceleași;
- masa volumică a materialului crește continuu în timpul procesului de comprimare;
- eforturile de presare nu depind de viteza de deformare.

5.2. Analiza cinematică a mecanismelor de preluare a deșeurilor la sistemele mobile de colectare a deșeurilor în amplasare mobilă, în scopul optimizării

În acest subcapitol se prezintă mai multe variante constructive de sisteme de alimentare și se face analiza comparativă a acestora, atât din punct de vedere constructiv, cât și funcțional. Se face de asemenea, analiza cinematică a unui mecanism cu bare și pârghii, utilizat la o gamă largă de mașini de colectare a deșeurilor cu compactare prin translație.

Pentru echipamentele prezentate în capitolele anterioare [61], pozițiile de lucru și părțile sistemului de alimentare și compactare sunt prezentate în fig.5.3. Aceste poziții sunt oarecum caracteristice pentru majoritatea unor astfel de mecanisme.

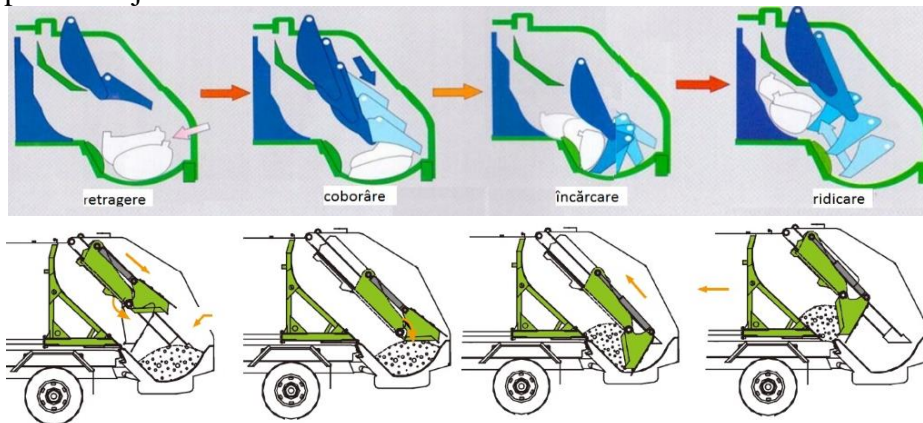


Fig.5.3. Mecanismul de compactare la o mașină de colectat deșeurii municipale (Value), [121]

La golire, piesa de primire a vehiculului este pliată, iar placa de golire acționată de cilindrul hidraulic telescopic deplasează materialul în spatele containerului și îl împinge spre descarcare.

Alte mecanisme de preluare și compactare pentru mașinile cu încărcare prin spate sunt prezentate în fig.5.5. Gradul de compactare realizat prin aceste mecanisme poate fi 1:3 – 1:4, aducând deșeurile la o densitate de 0,6 – 0,8 t/m³.

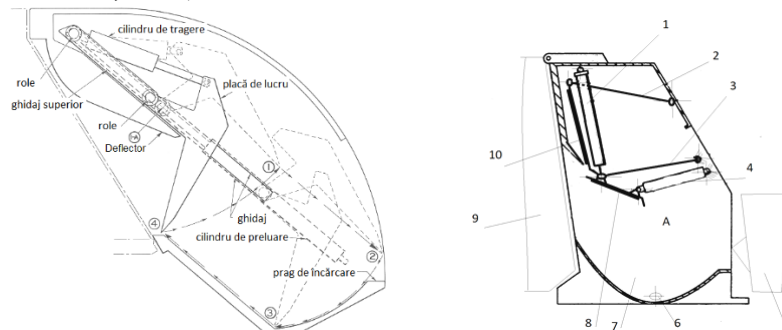


Fig.5.5. Unele mecanisme de compactare pentru mașini de colectare a MSW, [72, 111,b, 138]
1,4.cilindri hidraulici; 2,3.brățe pivotante; 5.container; 6,7.rezervor de recepție; 8.placă mobilă; 9.recipient de compactare; 10.placă de compactare

Sistemul de compactare din fig.5.3 a fost schematizat sub forma mecanismului din fig.5.6 pentru care a fost efectuată analiza cinematică. Punctele A, D, F și H reprezintă articulații fixe, în timp ce articulațiile C, E și G sunt mobile atunci când acționează asupra elementelor mecanismului prin intermediul cilindrilor hidraulici AC și HG. Cuplajele B și I sunt cupluri de translație, reprezentând pistoanele cilindrilor hidraulici.

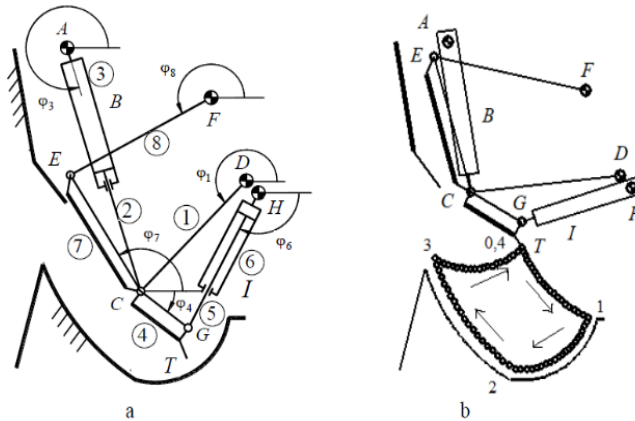


Fig.5.6. Schema cinematică a mecanismului de presare (a) și diagrama de mișcare a punctului trasor T (b), [5, 60, 61, 72, 72,a]

Pentru analiza numerică a cinematicii mecanismului din fig.5.6, au fost utilizate următoarele caracteristici constructive (în corelație cu dimensiunile reale ale unei mașini specifice):

1. dimensiunile elementelor și pozițiile cuplelor adiacente sunt: $CE = 0,76$ m, $CD = 0,86$ m, $CG = 0,33$ m, $EF = 0,89$ m, $GH = 0,83$ m, $XD = 1$ m, $YD = -0,73$ m, $XF = -0,8$ m, $YF = -0,27$ m, $XH = 1,07$ m, $YH = -0,8$ m;

2. poziția inițială a mecanismului: $S_{230} = AC = 0,66$ m, $S_{560} = GH = 0,83$ m;

3. cursa de lucru a pistoanelor cilindrului hidraulic: $C_{23} = 0,59$ m, $C_{56} = 0,39$ m;

4. vitezele relative dintre elementele 2 și 3, respectiv 5 și 6 (viteze relative în cuplele de translație B și I): $v_{23} = \pm 0,05$ m/s (semnul plus se consideră când tija pistonului iese din cilindru și semn minus când tija pistonului intră în cilindru), $v_{56} = \pm 0,05$ m/s;

5. accelerațiile relative dintre elementele 2 și 3, respectiv 5 și 6 (accelerații relative în cuplele de translație B și I): $a_{23} = 0$ m/s², $a_{56} = 0$ m/s².

Pentru analiza structurală a mecanismului au fost determinate cuplele cinematice, elementele mobile și gradul de mobilitate ale mecanismului.

Mecanismul prezentat în fig.5.6 este unul sincron în care plăcile de compactare CT și CE au mișcare sincronă determinată de cei doi cilindri hidraulici AC și respectiv HG. Poziția inițială a mecanismului este poziția de sus în care atât cilindrul AC, cât și cilindrul HG se află în poziția închisă astfel încât punctul T, numit trasor, se află în poziția 0.

Pentru fiecare dintre cei doi cilindri hidraulici, programul de calcul are 20 de poziții intermediare astfel încât prin deschiderea cilindrului hidraulic AC, punctul trasor T urmează traiectoria 0-1 din figură în care placa de preluare CT începe să preia, pe lățimea mașinii, volumul de deșeurii solide din partea de primire a mașinii, închizând conexiunea la exterior.

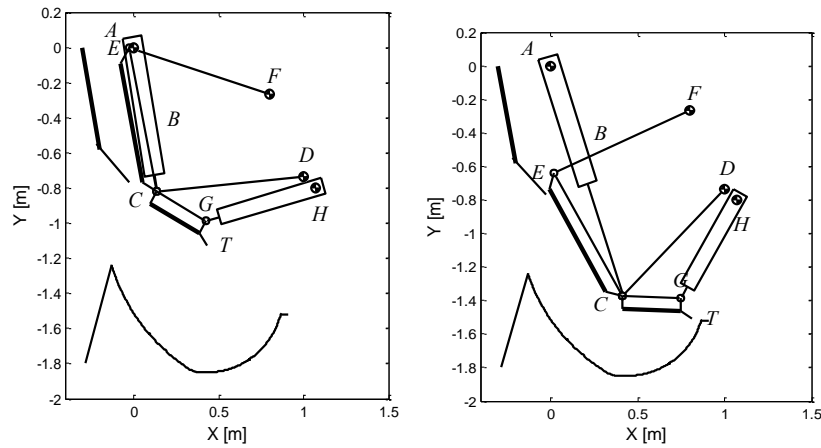


Fig.5.7. Primele poziții intermediare ale elementelor mecanismului de presare din fig.5.6, [111,d]

În fig.5.9 sunt prezentate diagramele cinematice ale grupelor structurale, pe baza cărora au fost selectați parametrii formali ai procedurilor de calcul.

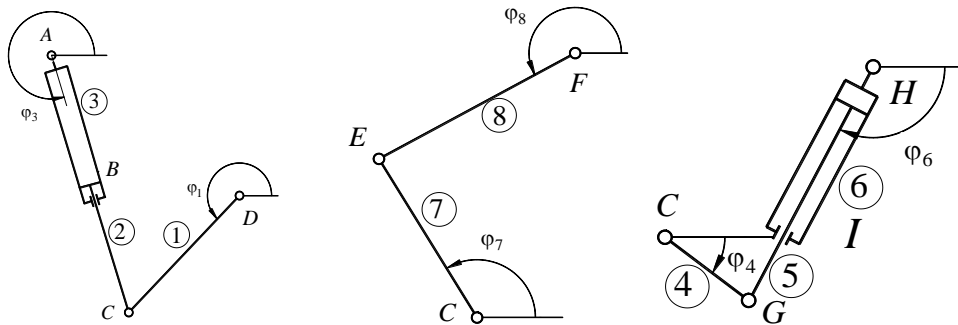


Fig.5.9. Diagramele cinematice ale grupelor structurale din compunerea mecanismului

- a) grupa motoare RRTaR(1,2,3); b) diada RRR(7,8); c) grupa motoare RRTaR(4,5,6)

Tabelul 5.2 prezintă valorile numerice ale parametrilor cinematici ai pozițiilor pentru elementele mecanismului, pentru valori din 45° în 45°.

Tabelul 5.2

Poz.	φ_1	φ_2	φ_3	φ_4	φ_5	φ_6
0	-3.0390	-1.4085	-0.3369	-2.9437	1.8536	-3.3513
1	-3.0385	-1.4086	-0.3366	-2.9431	1.8538	-3.3507
2	-3.0346	-1.4088	-0.3347	-2.9388	1.8553	-3.3465
3	-3.0244	-1.4093	-0.3297	-2.9277	1.8593	-3.3355
4	-3.0055	-1.4100	-0.3204	-2.9071	1.8667	-3.3152
5	-2.9764	-1.4103	-0.3061	-2.8753	1.8778	-3.2842
.....						
24	-2.3151	-1.2802	-0.0358	-2.1222	2.1090	-2.6285
25	-2.3151	-1.2802	-0.0935	-2.1095	2.1090	-2.6285
26	-2.3151	-1.2802	-0.1695	-2.0958	2.1090	-2.6285
27	-2.3151	-1.2802	-0.2618	-2.0836	2.1090	-2.6285
28	-2.3151	-1.2802	-0.3671	-2.0749	2.1090	-2.6285
29	-2.3151	-1.2802	-0.4819	-2.0713	2.1090	-2.6285
30	-2.3151	-1.2802	-0.6023	-2.0732	2.1090	-2.6285
31	-2.3151	-1.2802	-0.7241	-2.0803	2.1090	-2.6285
.....						
70	-3.0390	-1.4085	-1.0760	-2.7729	1.8536	-3.3513
71	-3.0390	-1.4085	-0.9535	-2.7820	1.8536	-3.3513
72	-3.0390	-1.4085	-0.8326	-2.7978	1.8536	-3.3513
73	-3.0390	-1.4085	-0.7171	-2.8198	1.8536	-3.3513
74	-3.0390	-1.4085	-0.6106	-2.8465	1.8536	-3.3513
75	-3.0390	-1.4085	-0.5169	-2.8752	1.8536	-3.3513
76	-3.0390	-1.4085	-0.4402	-2.9023	1.8536	-3.3513
77	-3.0390	-1.4085	-0.3847	-2.9239	1.8536	-3.3513
78	-3.0390	-1.4085	-0.3520	-2.9373	1.8536	-3.3513
79	-3.0390	-1.4085	-0.3388	-2.9429	1.8536	-3.3513
80	-3.0390	-1.4085	-0.3369	-2.9437	1.8536	-3.3513

Pe baza rezultatelor din tabelul 5.2, în fig.5.9 se prezintă diagrama de variație a unghiurilor $\varphi_1, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_6, \varphi_7, \varphi_8$.

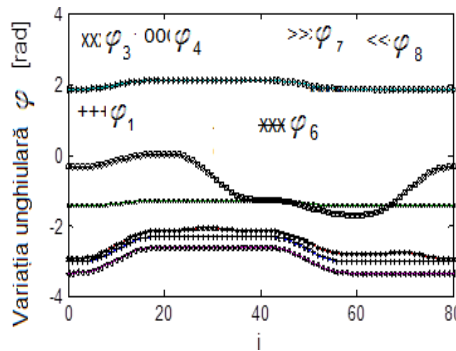


Fig.5.10. Diagrama de variație a unghiurilor $\varphi_1, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_6, \varphi_7, \varphi_8$

Fig.5.11 prezintă diagramele vitezelor unghiulare ale elementelor mecanismului și în fig.5.6, diagramele accelerațiilor unghiulare corespunzătoare.

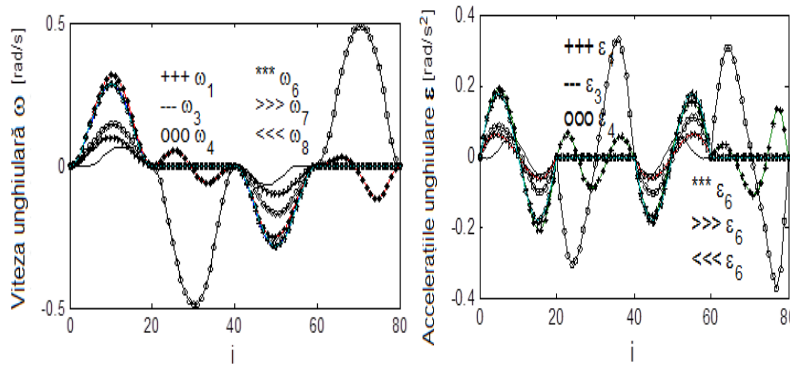


Fig.5.11. Diagrama de variație a vitezelor unghiulare ω (a) și accelerațiilor unghiulare ε (b), corespunzătoare unghiurilor φ_i

Din analiza hodografelor vitezelor unghiulare (fig.5.11,b) ale elementului de lucru 4 (fig.5.8) se observă că aceasta urmează o variație ciclică cu valori maxime (circa 0,5 rad/s) pentru pozițiile 30 și respectiv 70 ale element de antrenare (adică cilindrul de antrenare hidraulic), pe cursa de împingere, respectiv pe cursa de retragere. Aceeași variație ciclică se observă și pentru accelerația unghiulară a elementului de lucru 4 (vezi fig.5.12), valori maxime pentru aceasta fiind notate pentru patru poziții ale mecanismului (respectiv cilindrul hidraulic de acționare).

Pentru verificarea rezultatelor obținute prin analiza cinematică s-au determinat forțele motoare în cilindrii hidraulici și metoda exponenților virtuali, iar rezultatele au fost identice cu cele din calculele cinetostatice. În funcție de forțele motoare din cilindrii hidraulici, se pot alege cilindrii din oferta constructivă a producătorilor. Pentru colectarea și compactarea deșeurilor, forma constructivă a elementelor cinematice poate fi aleasă de proiectanții de mașini.

Fig.5.12 prezintă graficele vitezei și accelerației unghiulare ale elementelor mecanismului pentru cele 20 de poziții ale cilindrilor hidraulici în procesul normal de lucru (traiectoriile paralelogramului curbiliniu din fig.5.6,b). Se constată că pentru pozițiile traiectoriilor 0-1 și 2-3, vitezele unghiulare ale elementului 4 (placa de preluare) sunt relativ constante, în timp ce pentru traiectoriile 1-2 și 3-4, vitezele unghiulare sunt foarte diferite de celelalte, cu sens pozitiv (cursa de închidere a cilindrului hidraulic HG) sau negativ (cursa de deschidere a cilindrului hidraulic HG).

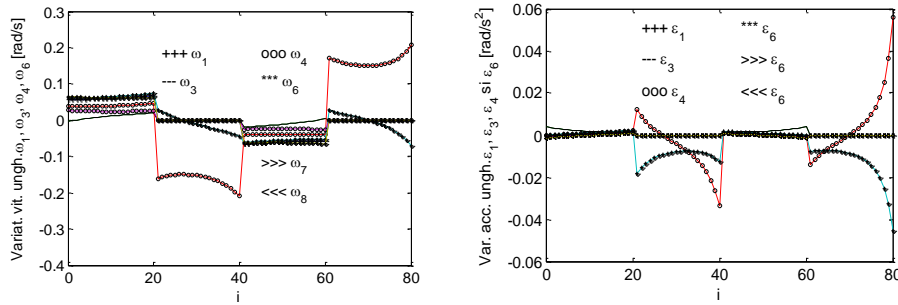


Fig.5.12. Viteze unghiulare și accelerații unghiulare ale elementelor mecanismului pentru un ciclu de lucru complet, [5, 60, 61, 72, 111,d]

Pentru o lege de variație sinusoidală a mișcării celor două tije ale cilindrului hidraulic, olografele de viteză și accelerație ale punctului trasor T (partea superioară a plăcii de preluare și compactare) sunt prezentate în fig.5.13. Există o distribuție ciclică a vitezelor punctului T pe axa orizontală și verticală necesară pentru o bună preluare a materialului din paletă fără pierderi semnificative și o distribuție a accelerațiilor bicicletei care imprimă diferite forțe de-a lungul traiectoriei punctului.

Accelerația maximă în punctul T ($0,202598 \text{ m/s}^2$) se înregistrează în zona 2-3 a traiectoriei, unde forțele de rezistență sunt maxime.

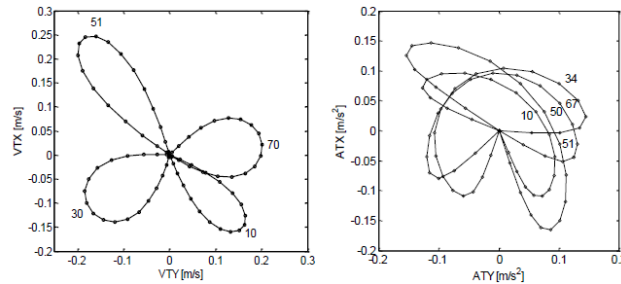


Fig.5.13. Vitezele și accelerațiile hodografului punctului trasor T al mecanismului de preluare și precompactare a deșeurilor la mașinile cu alimentare prin spate, [72, 111,d]

Pentru echipamentul mașinii pentru colectare reziduuri ValuE Pack, pozițiile de lucru și părțile sistemului de alimentare și compactare sunt prezentate în fig.5.14.

Notă: Aceste poziții sunt oarecum caracteristice pentru majoritatea acestor mecanisme.

Astfel, în poziția (a), placa de colectare și presare a deșeurilor se află într-o poziție înaltă, iar consolele sale laterale sunt într-o poziție retrasă, permițând alimentarea cu deșeuri proaspete din buncăr. Mișcarea ulterioară a plăcii de presiune trebuie să urmeze conturul buncărului, acesta fiind vizibil în pozițiile (b, c, d) din fig.5.14. Prin urmare, poziția (b) (fig.5.14), arată jugul în poziție coborâtă, spre spatele întregului utilaj, cu placa de presiune al cărei capăt exterior trece de traiectoria 2

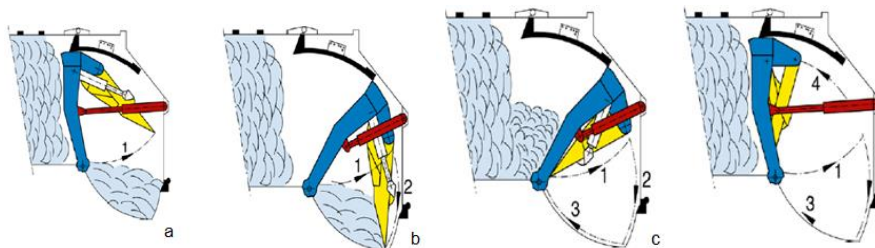


Fig.5.14. Mecanismul de compactare al mașinii de colectare a deșeurilor ValuE, [111,c]
a.cilindrii panoului de presare împing panoul de presare în exterior; b.cilindrii jugului trag jugul înapoi; c.cilindrii panoului de presare trag panoul de presare spre jug; d.cilindrii jugului împing jugul spre interior

În următoarea poziție (c), cilindrii hidraulici pentru acționarea plăcii de presiune sunt închiși și placa urmează traiectoria 3 din figură, ridicând deșeură buncăr peste deșeurile depuse anterior, iar în ultima poziție a mecanismului (d), jugul presează deșeurile mari (prin traiectoria 4) și face ca placa de compactare verticală din sistemul camioanelor să se miște ușor sub presiunea deșeurilor. După aceasta, placa de presiune a mecanismului de putere va fi retrasă în poziția inițială prin traiectoria 1 și procesul de alimentare și compactare se va relua până la umplerea întregului depozit.

Sistemul de compactare din fig.5.14 a fost schematizat sub forma mecanismului din fig.5.15 pentru care a fost efectuată analiza cinematică. Punctele A și D reprezintă articulațiile fixe, în timp ce articulațiile B, E, F și G sunt mobile, atunci când acționează asupra elementelor mecanismului prin intermediul cilindrilor hidraulici C și H.

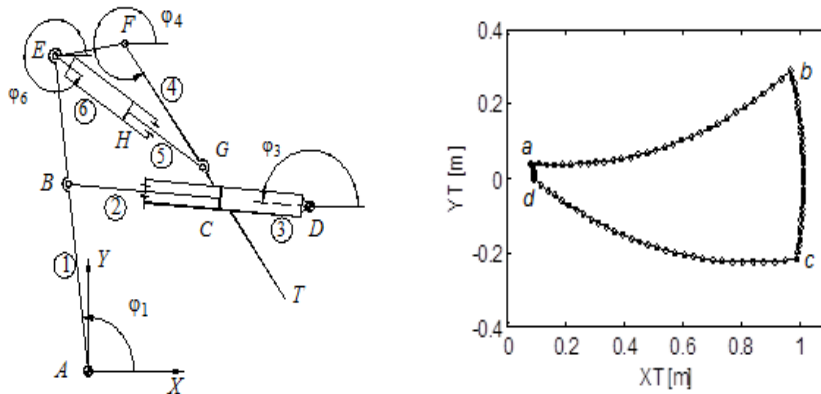


Fig.5.15. Schema cinematică a mecanismului de presare (a) și diagrama de mișcare a punctului de parcurgere T (b), [72, 111,c]

Pentru analiza numerică a cinematicii mecanismului din fig.5.14 s-au folosit următoarele caracteristici constructive:

1. dimensiunile elementelor și pozițiile cuplelor adiacente sunt: $AB=0,8$ m, $AE=1,35$ m, $BE=0,55$ m, $EF=0,35$ m, $AF=1,4$ m, $FG=0,65$ m, $GT=0,700$ m, $FT=1,35$ m, $XA=0$, $YA=0$, $XD=1,1$ m, $YD=0,7$ m, $\alpha=0,252648$ rad, $\alpha \leq (AE, AF)$;
2. poziția inițială a mecanismului: $S_{230} = BD = 0,8$ m, $S_{560} = EG = 0,67$ m;
3. cursa de lucru a pistoanelor cilindrului hidraulic: $C_{23} = 0,4$ m, $C_{56} = 0,2$ m;
4. vitezele relative dintre elementele 2 și 3, respectiv 5 și 6 (viteze relative în cuplurile de translație C și H): $v_{23} = \pm 0,05$ m/s (semnul plus se consideră când tija pistonului iese din cilindru și semn minus când tija pistonului intră în cilindru), $v_{56} = \pm 0,05$ m/s;
5. accelerațiile relative dintre elementele 2 și 3, respectiv 5 și 6 (accelerații relative în cuplurile de translație C și H): $a_{23} = 0$ m/s², $a_{56} = 0$ m/s².

Pentru analiza structurală a mecanismului au fost determinate cuplele cinematice, elementele mobile și gradul de mobilitate a mecanismului.

Analiza cinematică a mecanismului constă în determinarea parametrilor de poziție, viteză și accelerație corespunzători tuturor elementelor. Evidențierea unghiurilor realizate de vectorii atașați elementelor cinematice în direcția pozitivă a axei AX sunt prezentate în fig.5.16 (a), iar în fig.5.16 (b) este prezentată diagrama de mișcare a punctului trasor T al mecanismului.

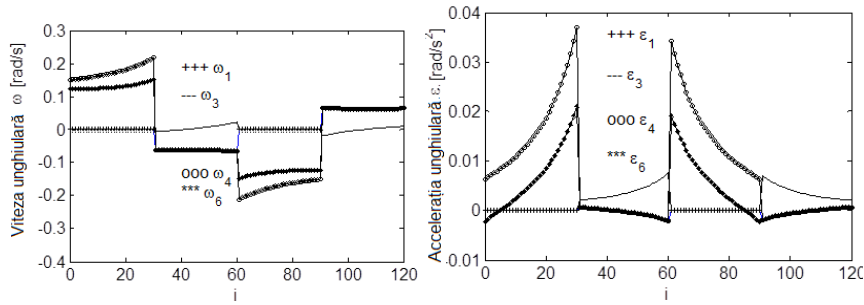


Fig.5.16. Viteze unghiulare și accelerații unghiulare ale elementelor mecanismului pentru un ciclu de lucru complet, [111,c]

Mișcarea elementelor mecanismului trebuie să fie bine stabilită astfel încât placa de presare să poată ridica deșeurile din buncărul de primire, să le ridice pe placa de presiune din coșul vehiculului și să o preseze peste deșeurile depuse anterior.

Mecanismele cu bare și pârghii se pot utiliza într-o gamă largă de variante de sisteme și mașini cu sisteme de precompactare a deșeurilor. Elucidarea mișcării organelor de lucru ale acestor mecanisme este necesară pentru o bună înțelegere a funcționării acestora, dar mai ales pentru reproiectarea și îmbunătățirea parametrilor funcționali pentru o funcționare cu energie redusă.

În concluzie, mecanismele plăcilor de compactare ale mașinilor pentru deșeurii sunt de obicei mecanisme plane cu bare articulate antrenate de cilindri hidraulici. Mișcarea elementelor mecanismului trebuie să fie corelată cu mișcarea plăcii de preluare a deșeurilor din partea de primire a mașinii astfel încât să se preia materialul din pâlnia de descărcare, să-l ridice și să-l împingă peste deșeurile colectate anterior în recipientul de colectare. Astfel, partea superioară a plăcii de preluare urmează traiectorii predeterminate de-a lungul traiectoriei, traiectorii care pot fi determinate prin analiza cinematică a mecanismului de antrenare. Viteza sau accelerația plăcii sau a plăcilor de preluare și a plăcilor de compactare urmează, de asemenea, distribuții predefinite în funcție de mișcarea cilindrilor hidraulici și de presiunea din sistemul hidraulic.

5.3. Analiza cinetostatică a mecanismului de preluare a deșeurilor la sistemele mobile de colectare a deșeurilor în amplasare mobilă, în vederea optimizării

Analiza cinetostatică a mecanismului prezentat la subcapitolul anterior începe din poziția inițială, adică din poziția în care cilindrii hidraulici 2-3 și 5-6 se află în poziția inițială, [55, 72,a].

Pentru analiza cinetică a mecanismului se procedează la reducerea forțelor aplicate și inerțiale în centrele de greutate ale elementelor, după care se folosesc funcțiile corespunzătoare fiecărei grupe structurale. Se observă că analiza cinetostatică se face în analiză cinematică inversă, adică din ultimul grup structural analizat cinematic (diada motorie RRTaR (4,5,6)) și se termină cu primul grup (grupa motoare RRTaR (1,2,3)).

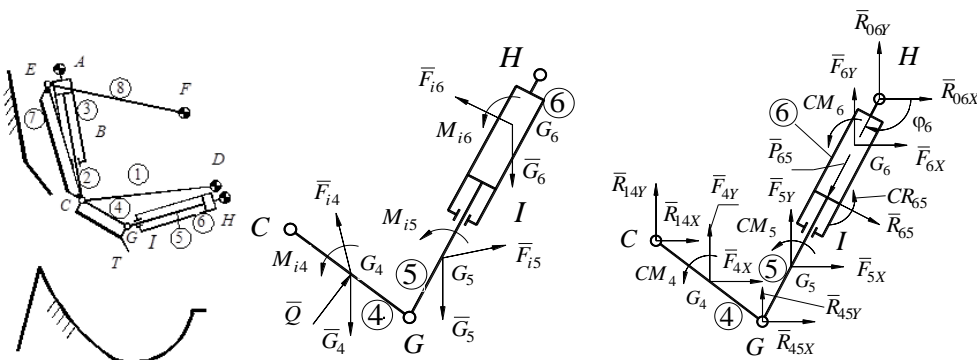


Fig.5.10. Poziția inițială a mecanismului și elementele grupeii motoare RRTaR(4,5,6), [55, 72,a]
a) poziția inițială; b) evidențierea forțelor și momentelor care acționează asupra elementelor grupeii structurale; c) schema cinetostatică a grupului motor RRTaR (4,5,6)

a. Grupa motoare RRTaR (4,5,6)

Pe elementul diadei motoare RRTaR(4,5,6) acțiuni (fig.5.10,b):

- forțe gravitaționale::

$$\bar{G}_4 = -m_4 \bar{g}, \bar{G}_5 = -m_5 \bar{g}, \bar{G}_6 = -m_6 \bar{g} \quad (5.19)$$

- forțe de inerție:

$$\bar{F}_{i4} = -m_4 \bar{a}_{G4}, \bar{F}_{i5} = -m_5 \bar{a}_{G5}; \bar{F}_{i6} = -m_6 \bar{a}_{G6}; \quad (5.20)$$

- momentele rezultante ale forțelor de inerție

$$\bar{M}_{i4} = -IG_4 \cdot \bar{\varepsilon}_4, \bar{M}_{i5} = -IG_5 \cdot \bar{\varepsilon}_6, \bar{M}_{i6} = -IG_6 \cdot \bar{\varepsilon}_6 \quad (5.21)$$

- forțele tehnologice: Q.

Sistemele de puncte de reducere a forțelor vor fi considerate în centrele de greutate G_4, G_5 și G_6 , corespunzătoare elementelor 4, 5 și 6. Parametrii cinematici ai punctelor G_4, G_5 și G_6 se calculează folosind procedura A1R, [84, 85].

Reacțiile din cuplajele cinematice ale grupelor de motoare, împreună cu forța care acționează în cilindrul hidraulic, formează datele existente ale procedurii A2RC.

b) Diada RRR (7,8)

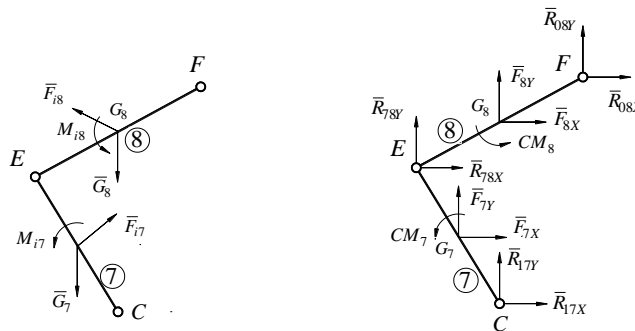


Fig.5.11. Diada RRR(7,8)

- a) evidențierea forțelor și momentelor care acționează asupra elementelor grupei structurale;
- b) schema cinetostatică a diadei RRR(7,8), [55, 72,a]

c) Grupa motoare RRTaR (1,2,3)

Asupra elementelor diadei motoare RRTaR (1,2,3) acționează (fig.5.13,a):

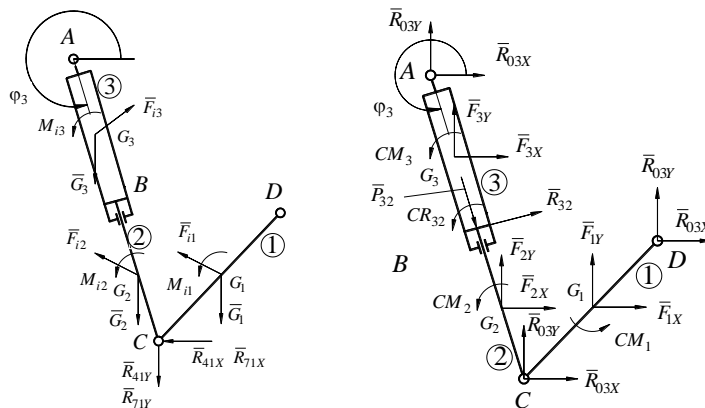


Fig.5.12. Elementele grupei motoare RRTaR (1,2,3), [55, 72, 72,a]

- a) evidențierea forțelor și momentelor care acționează asupra elementelor grupei structurale;
- b) schema cinetostatică a grupului motor RRTaR (1,2,3)

S-au luat în considerare punctele de reducere a forțelor sistemului în centrele de greutate G_1 , G_2 și G_3 , corespunzătoare elementelor 1, 2 și 3. Parametrii cinematici ai punctelor G_1 , G_2 și G_3 se calculează folosind procedurile A1R și A1RALFA, [59,61,84,85].

Aplicând metoda teoretică descrisă mai jos, prin simularea procesului de lucru al unei mașini destinate colectării reziduurilor municipale, pentru dimensiuni constructive corespunzătoare în corelație cu cele de pe mașină, au rezultat elementele prezentate mai jos.

Pentru analiza cinetostatică a mecanismului s-au folosit:

- a) schema cinematică a mecanismului (fig.5.10,a);
- b) pozițiile cuplajului adiacent bazei și dimensiunile elementelor, după cum urmează:
 $XA = 0$ m, $YA = 0$ m, $XD = 1.0$ m, $YD = -0.733$ m, $XF = 0.800$ m, $YF = -0.270$ m, $XH = 1.1$ m, $YH = -0,800$ m, $CE = 0,770$ m, $CD = 0,870$ m, $EF = 0,900$ m; $CG = 0,330$ m;
- c) timpuri de lucru în fază: $t_1 = t_2 = t_3 = t_4 = 5$ sec,
- d) poziția inițială a mecanismului: $S_{230} = 0,833$ m, $S_{560} = 0,667$ m;
- e) pistonul cilindrului hidraulic: cursa 23 = 0,600 m, cursa 56 = 0,400 m;
- f) lungimea drumului pistonului cilindrului hidraulic: $d_2 = 0,700$ m, $d_5 = 0,550$ m;
- g) funcția matematică utilizată pentru acționarea cilindrului hidraulic: funcție sinusoidală I_{sin} ;
- h) masele elementelor mecanismului: $m_1 = 10,0$ kg, $m_2 = 5,0$ kg, $m_3 = 10,0$ kg, $m_4 = 20,0$ kg, $m_5 = 5,0$ kg, $m_6 = 10,0$ kg, $m_7 = 20$ kg; $m_8 = 20$ kg;
- i) poziția centrelor de masă: $DG_1 = CD/2$, $CG_2 = d_2/2$ m, $AG_3 = 0,4$ m, $CG_4 = CG/2$ m, $CG_5 = d_5 / 2$ m, $AG_6 = AD/2$ m, $FG_7 = 0,3$ m, $EG_8 = 0,3$ m;
- j) momentele de inerție ale elementelor: $IG_1 = 0,6$ kgm², $IG_2 = 0,2$ kgm², $IG_3 = 1,1$ kgm², $IG_4 = 0,2$ kgm², $IG_5 = 0,3$ kgm²; $IG_6 = 0,35$ kgm², $IG_7 = 1,0$ kgm²; $IG_8 = 0,9$ kgm²;
- k) rezistențele tehnologice:
 - $Q = 1000$ N, pentru ramurile cb și cd ale diagramei din fig.5.11;
 - $Q = 0$ N, pentru ramurile ab și da ale diagramei din fig.5.11;

În fig.5.13 și fig.5.14 sunt prezentate hodografele reacțiunilor în articulațiile D și A.

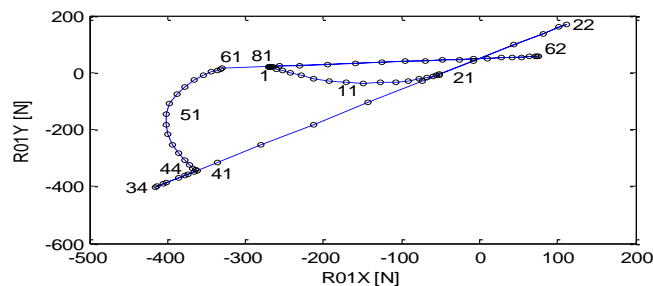


Fig.5.13. Hodograful de reacție în articulația D, [55, 72,a]

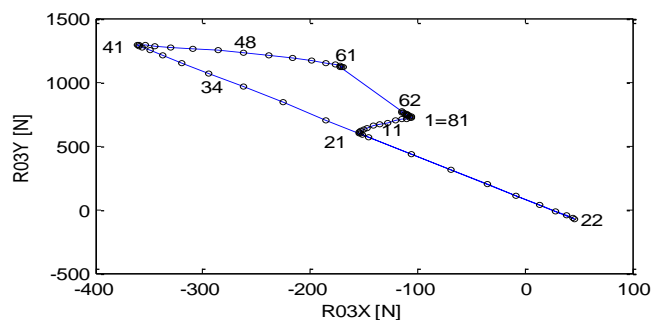


Fig.5.14. Hodograful de reacție în articulația A, [55, 72,a]

Diagramele forțelor de acționare în cilindrii hidraulici formați cu elementele 2 și 3, respectiv 5 și 6, în funcție de poziția mecanismului, sunt prezentate în fig.5.15,a,b.

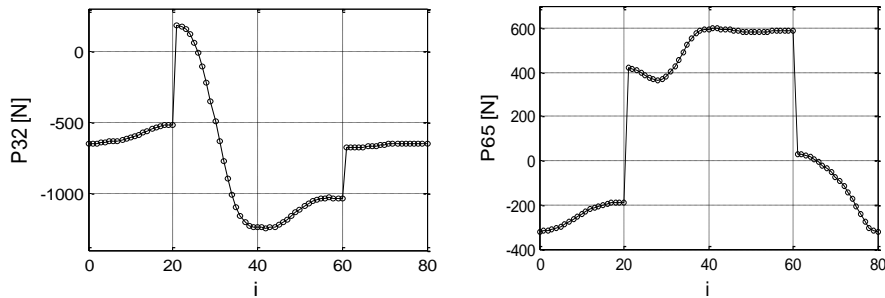


Fig.5.15. Diagrama forțelor motoare, [55, 72,a]
(a) de la cilindrul hidraulic 2-3; (b) de la cilindrul hidraulic 5-6

Tabelul 5.1 prezintă dimensiunea componentelor pe axele de coordonate ale reacțiilor din cuplele cinematice D și H, în funcție de poziția mecanismului.

Tabelul 5.1

POZ	R03X	R03Y	R01X	R01Y	R06X	R06Y
0	-109.94	741.26	-270.33	21.23	319.51	133.34
1	-109.47	738.49	-269.12	21.12	318.27	133.21
2	-108.83	735.68	-267.31	20.18	316.04	134.08
3	-107.95	732.80	-264.33	17.71	311.97	136.80
4	-106.91	729.80	-259.54	13.26	305.42	141.96
5	-106.03	726.56	-252.32	6.71	296.07	149.74
6	-105.84	722.86	-242.13	-1.57	283.88	159.90
7	-106.92	718.33	-228.63	-10.84	269.10	171.86
8	-109.70	712.50	-211.86	-20.03	252.22	184.80
9	-114.27	704.89	-192.29	-27.98	233.84	197.85
10	-120.37	695.14	-170.84	-33.67	214.68	210.20
11	-127.38	683.21	-148.70	-36.45	195.53	221.19
12	-134.53	669.45	-127.21	-36.18	177.19	230.38
59	-171.60	1118.15	-329.85	14.84	-550.33	-111.01
60	-172.11	1121.07	-329.41	15.15	-550.80	-110.73
61	-114.07	766.47	75.80	56.85	-21.98	72.42
62	-114.00	766.04	74.42	56.71	-20.20	72.94
79	-109.81	740.44	-267.56	21.52	316.33	132.87
80	-109.94	741.26	-270.33	21.23	319.51	133.34

Din analizele efectuate, valorile obținute pentru forțele de reacțiune prin analiza cinematică a mecanismului, permit trecerea la etapa următoare, adică proiectarea reală a elementelor cinematice.

Pentru verificarea rezultatelor obținute prin analiza cinematică s-au determinat forțele motrice în cilindri hidraulici și metoda exponenților virtuali, iar rezultatele au fost identice cu cele din calculele cinetostatice. În funcție de forțele motrice din cilindrii hidraulici, se pot alege cilindrii din oferta constructivă a producătorilor. Pentru colectarea și compactarea deșeurilor, forma constructivă a elementelor cinematice poate fi aleasă de proiectanții de mașini.

5.4. Simularea cu elemente finite a rezistențelor plăcii de compactare/ evacuare de la sistemele mobile de colectare a deșeurilor municipale

În cazul solicitărilor mecanice cea mai uzuală metodă de analiză este analiza cu elemente finite. În literatura de specialitate se găsesc multe astfel de analize, chiar și în cazul mașinilor pentru colectarea deșeurilor municipale, [56].

Prin această simulare numerică 3D cu element finit se dorește, de fapt, simularea comportării structurii plăcii de comprimare a unei mașini de colectare și transport deșeuri Valu€ Pak Lift 1000 în urma solicitărilor care iau naștere în timpul procesului de compactare a deșeurilor menajere, considerând că placa este executată din trei materiale diferite (oțeluri Hardox 400, Hardox 450 și S355J2).

Sistemul de compactare a deșeurilor al unei astfel de mașini este alcătuit din două piese de bază, o placă metalică cu suport articulată care preia materialul din zona de alimentare a mașinii, având o mișcare complexă, și o placă de contrapresiune dispusă în containerul paralelipipedic de colectare.

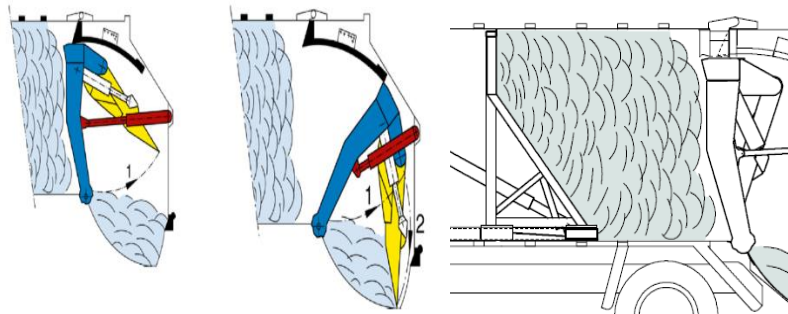


Fig.5.16. Sistem de compactare a deșeurilor la mașinile de deșeurii Valu€ Pak 1000, [56]

În ambele piese apar solicitări importante în timpul procesului de colectare și compactare, dar mult mai mari în piesa de împingere și preluare la alimentarea containerului. La descărcare, placa de contrapresiune prezintă solicitări mari deoarece trebuie să împingă întreaga cantitate de material din container, cu atât mai neuniforme cu cât materialul este mai neomogen pe secțiunea transversală a containerului de colectare.

În prima etapă a analizei s-a realizat modelul geometric tridimensional al componentelor ansamblului (placă de comprimare, placă de contrapresiune, piesa de uzură și bena autogunoierei).

În acest scop, a fost utilizat un laptop ASUS model K55V, ce conține un procesor Intel Core i5-3210M, 2,5 GHz, o placă video NVIDIA GeForce GT 630M cu memorie proprie de 2 Gb, memoria RAM a laptopului fiind de 8 Gb. Modelarea 3D a fost realizată cu ajutorul programului de proiectare parametrizată Solid Works Premium 2016 S.P. 0.0.

Modelarea tridimensională a componentelor ansamblului a fost realizată în modulul “Parts” al programului de proiectare, în fig.5.17 fiind prezentată vederea izometrică a plăcii de compactare, precum și interfața programului Solid Works.

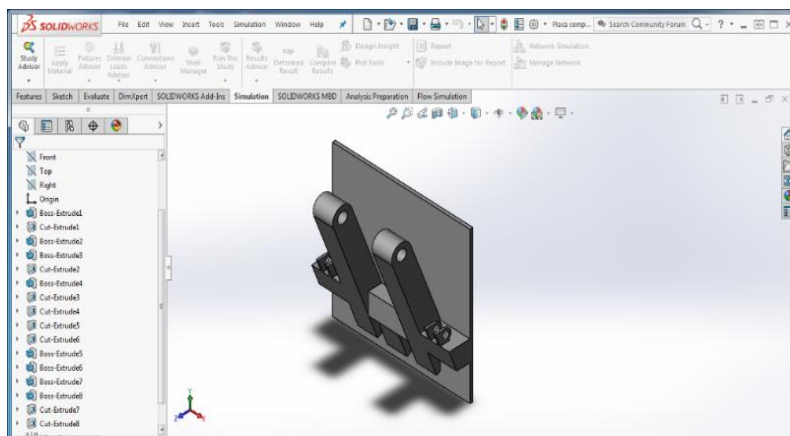


Fig.5.17. Vederea izometrică a plăcii de comprimare, [56]

Piesele au fost introduse în modulul Assembly al programului unde au fost poziționate prin adăugarea de relații geometrice între entitățile lor (relații de concentricitate, coincidență și paralelism între muchii și fețe). Pentru simularea dinamică a procesului de compactare a gunoiului menajer, între cele două plăci (de compactare și de contrapresiune) a fost modelat parametrizat și materialul de compactat. Pentru acesta s-a ales o grosime la partea inferioară de aproximativ 580 mm, vezi fig.5.18.

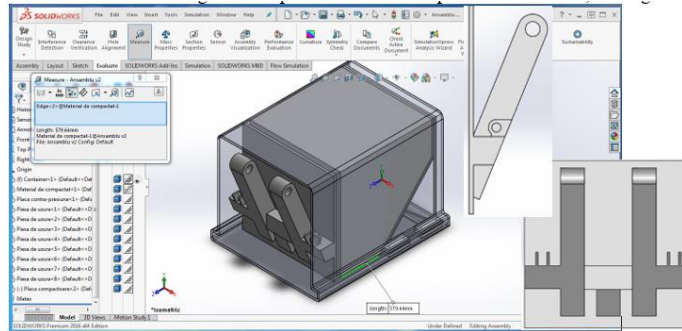


Fig.5.18. Ansamblul introdus în modulul Motion Study, [56]
(cu vedere din lateral și din spate a plăcii de presiune)

Întregul ansamblu din fig.5.18 a fost introdus în modulul Motion Study pentru a se realiza simularea dinamică a procesului de compactare a gunoiului menajer. În acest scop s-a considerat că placa de contrapresiune este fixă, împreună cu materialul de compactat, iar placa compactoare se deplasează spre aceasta. Conform Manring N et al. [56] viteza de deplasare a plăcii de compactare fără sarcină este de maxim 150 mm/s, la începutul procesului de compactare viteza de deplasare este de 75 mm/s și ajunge la sfârșitul compactării la 20 mm/s. Astfel, plăcii de compactare i s-a atașat un motor liniar cu viteză variabilă (vezi fig.5.19). Mai trebuie menționat că perioada de calcul (simulare dinamică) a fost de 12 s.

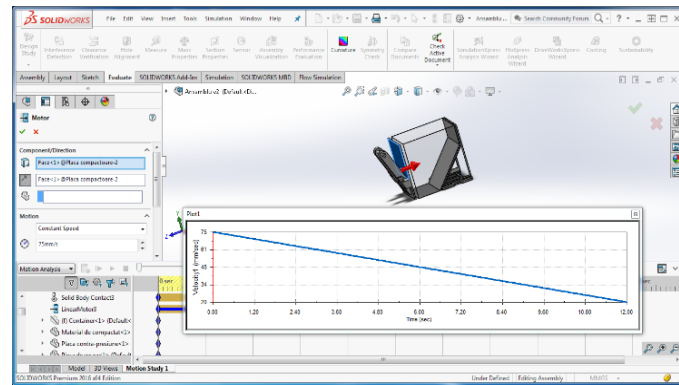


Fig.5.19. Motorul liniar atașat plăcii compactoare, [56]

După realizarea acestei etape, s-a trecut la următoarea etapă care a constat la importarea solicitărilor pentru modelul geometric 3D al plăcii de compactare în modulul "Simulation" al programului de proiectare Solid Works.

Conform fișelor tehnice ale fabricanților materialele folosite cel mai adesea la fabricarea plăcilor de comprimare sunt oțelurile Hardox 400, Hardox 450 și S355J2. În fig.5.20 sunt prezentate curbele de rezistență la oboseală a celor trei materiale.

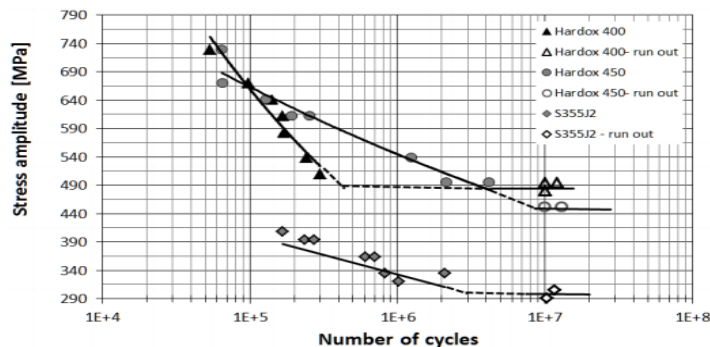


Fig.5.20. Curbele de oboseală pentru oțelurile Hardox 400, Hardox 450 și S355J2, [56,66]

Modelul discretizat cu elemente finite al plăcii de comprimare este prezentat în fig.5.21. După discretizarea rețelei de element finit a fost rulată simularea, rezultatele acesteia fiind prezentate în cele ce urmează. Trebuie menționat faptul că simularea a fost efectuată cu opțiunea „Large displacement” selectată.

În urma simulării, programul de proiectare a furnizat rezultatele obținute sub formă grafică; modelul geometric este împărțit în zone de o anumită culoare, fiecare zonă cuprinzând regiunea modelului geometric în care mărimea analizată are valoarea precizată în legenda cromatică din partea dreaptă a ecranului. Trebuie menționat că au fost rulate trei simulări, câte una pentru fiecare dintre cele trei oțeluri alese (Hardox 400, Hardox 450 și S355J2).

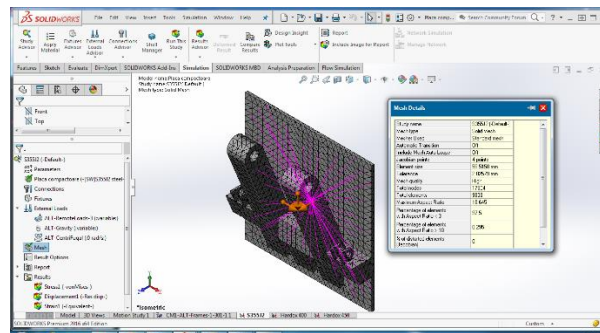


Fig.5.21 Discretizarea cu elemente finite a modelului geometric, [56]

Pentru modelul de placă de comprimare modelată și analizată, sunt prezentate în continuare rezultatele obținute în urma simulării în Solid Works. Astfel, în fig.5.22 sunt prezentate valorile deplasărilor ce apar în placa de comprimare în timpul solicitărilor definite anterior.

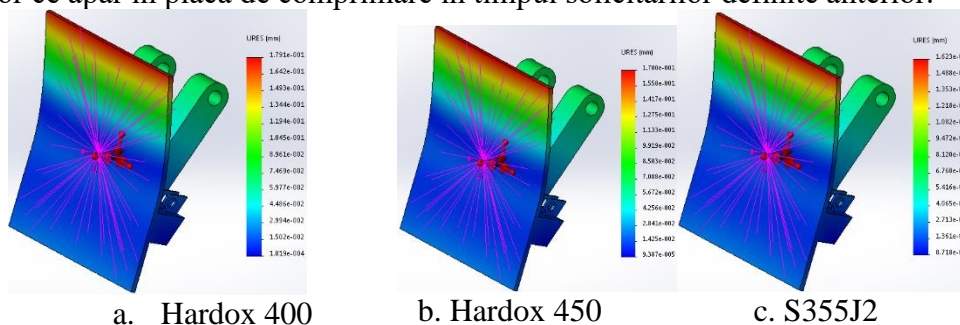


Fig.5.22. Valorile deplasărilor apărute în placa de comprimare, [56]

Analizând aceste date, se poate observa că valorile deplasărilor sunt apropiate (179 μm pentru Hardox 400, 170 μm pentru Hardox 450 și 162 μm pentru S355J2). Deși oțelul S355J2 nu este un material neapărat mai dur decât Hardox 450, are deplasarea cea mai mică în timpul procesului de compactare. Pentru toate cele trei materiale, deplasarea maximă apare la partea superioară a plăcii de compactare.

În fig.5.23 sunt prezentate valorile tensiunilor echivalente din placa de compactare pentru cele două cazuri analizate, tensiuni calculate după criteriul von Mises.

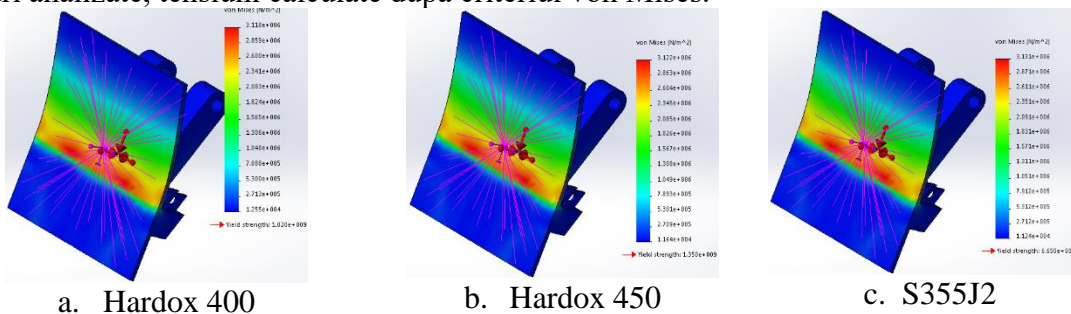


Fig.5.23. (a,b,c) Valorile tensiunilor echivalente după criteriul von Mises, [56]

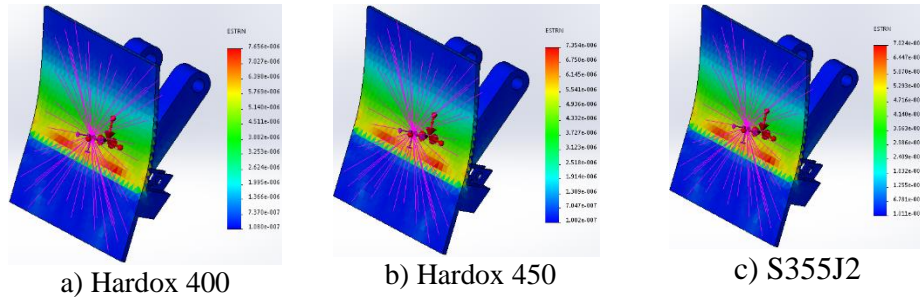


Fig.5.24. Valorile deformațiilor echivalente apărute în placa de comprimare, [56]

Analizând fig.5.23 se poate observa că cele mai mari tensiuni echivalente apar în zona mediană a structurii plăcii de comprimare, iar valorile lor sunt cu mult sub tensiunile de rupere ale celor trei materiale. Din analiza fig.5.24 putem observa valorile deformațiilor echivalente ce apar în placa de comprimare în urma solicitării la care este supus. Astfel, deformația echivalentă maximă ia naștere tot în zona mediană a plăcii de comprimare, valoarea deformațiilor pentru cele trei materiale considerate fiind prezentate în figură.

În fig.5.25 este prezentată oscilația coeficientului de siguranță în placa de comprimare pentru cele trei materiale considerate.

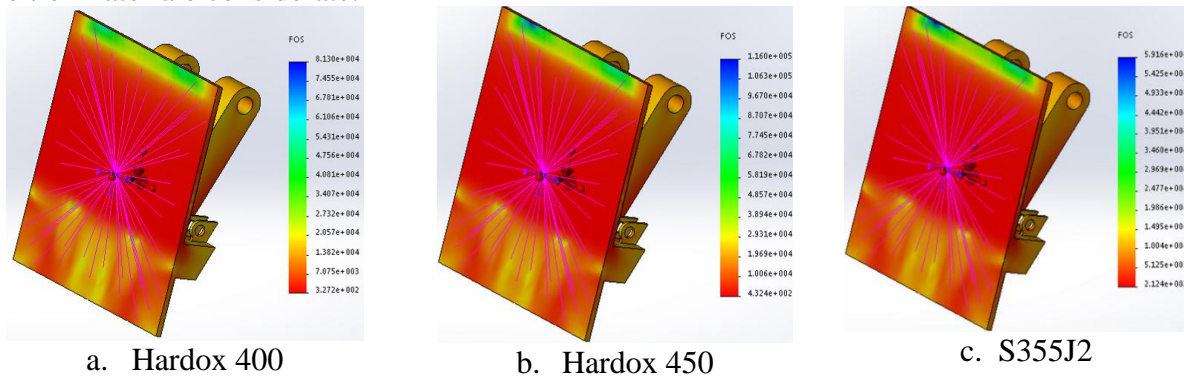


Fig.5.25. Variația coeficientului de siguranță pentru cele trei materiale considerate, [56]

În concluzie, valorile minime ale coeficientului de siguranță sunt de 327 pentru Hardox400, 432 pentru Hardox 450 și 212 pentru S355J2. Se poate spune că această placă de comprimare este fie supradimensionată, fie este făcută să lucreze în condiții mult mai grele decât cele prevăzute de această analiză, sau să reziste chiar la suprasarcini (impact cu materiale greu de compactat, frecări excesive, etc.). Din analiză a mai rezultat că în structura plăcii de comprimare apar puncte concentratoare de tensiuni, situate în zonele în care este sudată placa de suporturile ce fac legătura cu jugul (sistemul) de acționare. Valorile maxime tensiunilor echivalente calculate cu criteriul von Mises sunt de $3.118 \cdot 10^6$ MPa pentru Hardox 400, $3.122 \cdot 10^6$ MPa pentru Hardox 450 și de $3.131 \cdot 10^6$ MPa pentru S355J2, valori aflate undeva la jumătate din limita de rupere a acestor materiale.

5.5. Analiza structurală cu elemente finite a pieselor de uzură din ghidajele plăcii de contrapresiune/compactare

În acest subcapitol se prezintă analiza structurală a acestor piese de uzură. În prima fază a analizei s-a realizat modelarea parametrizată tridimensională a fiecărei piese a ansamblului (placă de compactare, benă, material de compactat, placă de contrapresiune și piese de uzură). După asamblare, a fost efectuată o simulare dinamică a procesului de compactare a deșeurilor menajere în interiorul benei, iar solicitările mecanice din piesele de uzură, rezultate în urma simulării dinamice, au fost importate în modulul de analiză cu elemente finite Simulation al software-ului SolidWorks 2016. Aici s-a

realizat analiza propriu-zisă, rezultând valorile și dispersia pentru tensiunile echivalente (calculate cu criteriul von Mises), deplasările, coeficientul de siguranță și deformările relative pentru aceste piese de uzură.

Scopul analizei de simulare numerică 3D cu elemente finite a fost acela de a stabili comportarea mecanică a celor opt piese de uzură pe care se sprijină placa de contrapresiune în partea inferioară, în urma solicitărilor care apar în timpul procesului de compactare a deșeurilor menajere la un camion de deșuri solide municipale Valu€ Pak 1000 (Norba, Suedia), având în vedere pentru aceasta că piesele de uzură sunt realizate din două materiale plastice diferite (Nyaltron GSM și Nylon 101).

În prima etapă a analizei s-a realizat modelul geometric tridimensional al componentelor ansamblului (placă de compresie, placă de contrapresiune, piesă de uzură și container camion de gunoi). În acest scop a fost folosit un laptop cu procesor Intel Core i5-3210M, 2,5 GHz, o placa video NVIDIA GeForce GT 630M cu 2 Gb memorie proprie, RAM-ul laptopului fiind de 8 Gb. Modelarea 3D a fost realizată folosind programul de proiectare parametrizată SolidWorks Premium 2016 S.P. 0.0.

Modelarea tridimensională a componentelor de ansamblu a fost realizată în modulul „Parts” din programul de proiectare, din fig.5.27 prezentând vederea izometrică a piesei de uzură, precum și interfața programului Solid Works.

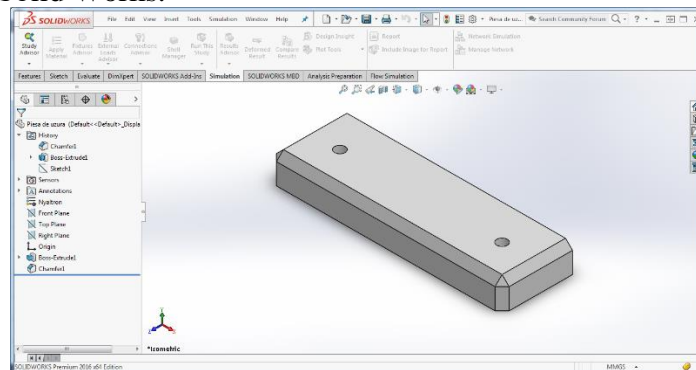


Fig.5.27. Vedere izometrică a piesei de uzură precum și a interfeței software-ului utilizat, [54]

Piesele au fost introduse în modulul *Assembly* al programului unde au fost poziționate prin adăugarea de relații geometrice între entitățile lor (relații de concentricitate, coincidență și paralelism între muchii și fețe). De remarcat că piesa de uzură a fost introdusă de opt ori în *Assembly*, deoarece atâtea piese sunt de fapt la modelul de mașină analizat. Pentru simularea dinamică a procesului de compactare a deșeurilor menajere, între cele două plăci (compactare și contrapresiune) a fost parametrizat și materialul de compactat, fig.5.28. Pentru aceasta s-a ales o grosime la fund de aproximativ 580 mm.

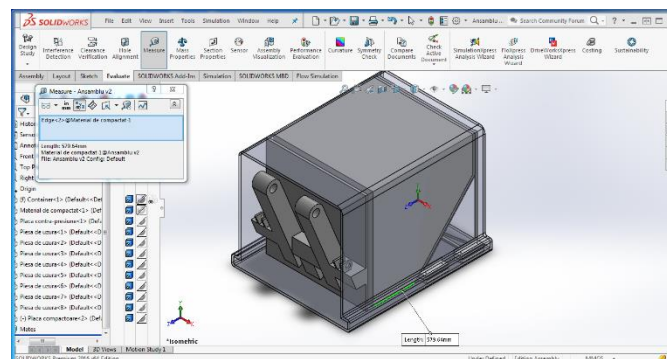


Fig.5.28. Ansamblul introdus în modulul *Motion Study*, [54]

Întregul ansamblu din fig.5.28 a fost introdus în modulul *Motion Study* pentru a realiza simularea dinamică a procesului de compactare a deșeurilor.

În acest scop s-a considerat că placa de contrapresiune este fixată, împreună cu materialul de compactat, iar placa de compactare se deplasează spre aceasta. Conform [64,RRM] viteza de deplasare a plăcii compactoare fără sarcină este de maxim 150 mm/s, la începutul vitezei de compactare este de 75 mm/s și ajunge la sfârșitul compactării la 20 mm/s. Astfel, pe placa de compactare a fost atașat un motor liniar cu turație variabilă (vezi fig.5.29). De asemenea, trebuie menționat că perioada de calcul (simularea dinamică) a fost de 12 s.

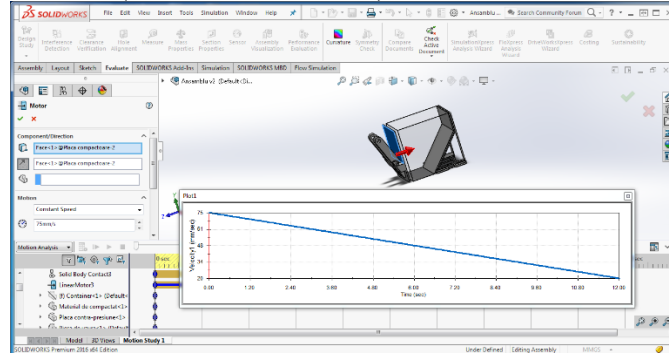


Fig.5.29. Motor liniar atașat plăcii compactoare, [54]

În urma simulării dinamice s-au obținut valorile tensiunilor din piesele de interes (piese de uzură). Deci, în fig.5.30 este prezentată curba de variație a forței de reacție dintre material și placa de contrapresiune. Pe curba de variație a forței de reacție se observă vârfuri datorită compactării neuniforme a materialului.

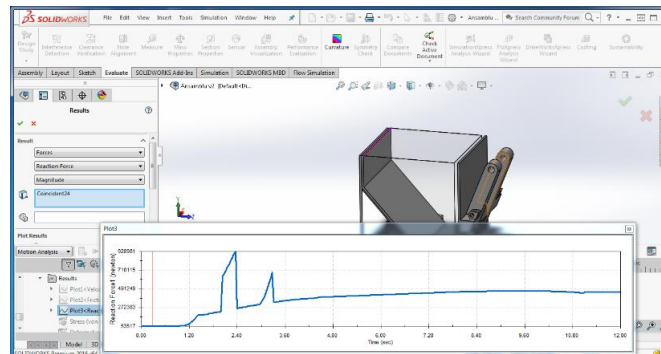


Fig.5.30. Variația forței de reacțiune din placa de contrapresiune, [54]

După finalizarea acestui pas, s-a trecut la pasul următor care a fost importarea tensiunilor pentru modelele geometrice 3D ale celor opt piese de uzură în modulul „Simulation” al programului de proiectare Solid Works.

Conform fișelor tehnice ale producătorilor, materialele cele mai des folosite la fabricarea pieselor de uzură sunt poliamidele Nyaltron GSM și Nylon 101. În fig.5.31 este prezentată curba de oboseală a acestor materiale plastice, iar tabelul 5.4 prezintă caracteristicile materialului.

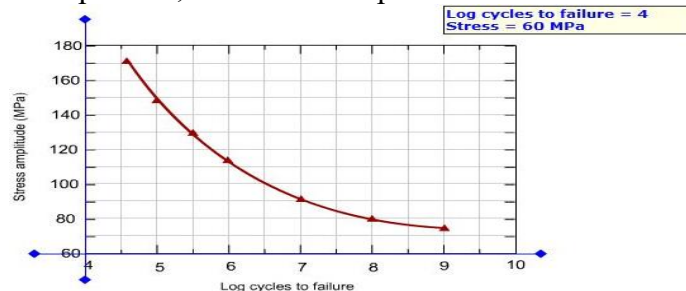


Fig.5.31. Curba de oboseală pentru cele două materiale plastice folosite la execuția piesei de uzură, [54]

Înainte de analiza cu elemente finite, s-a făcut numerotarea și poziționarea pieselor de uzură analizate. Au fost în total opt, pe acestea sprijinindu-se placa de contrapresiune în deplasarea acesteia în interiorul recipientului de colectare, atât la încărcarea containerului cu deșuri menajere, cât și la descărcarea acestuia. Acestea sunt fixate cu șuruburi de partea inferioară a plăcii de contrapresiune și sunt dispuse patru pe o parte și alte patru pe cealaltă parte. În spatele plăcii de contrapresiune se află cabina șoferului, așa că se poate spune că piesele de uzură 5, 6, 7 și 8 sunt pe partea stângă a mașinii de gunoi și piesele de uzură 1, 2, 3 și 4 sunt pe partea dreaptă.

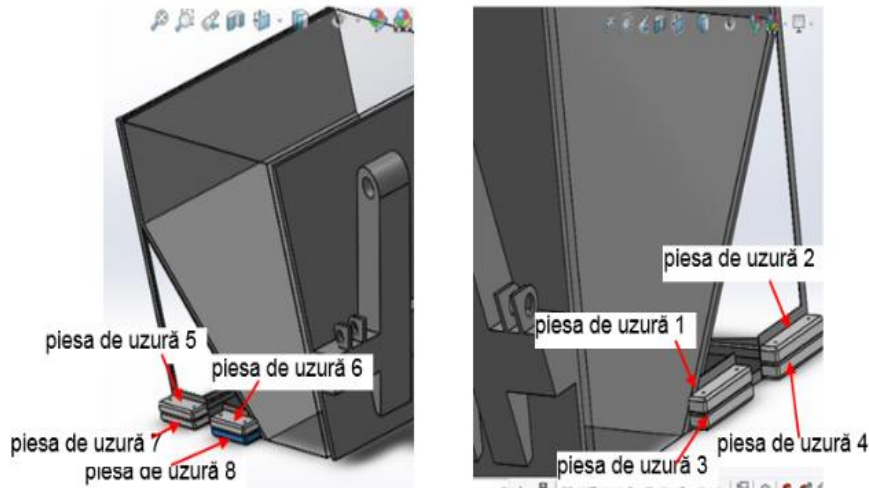


Fig.5.32. Dispunerea pieselor de uzură, [54]

Înainte de prezentarea rezultatelor analizei trebuie menționat că au fost efectuate 16 analize pentru cele opt piese de uzură (pentru solicitări din simularea dinamică pentru fiecare dintre cele două tipuri de materiale luate în considerare - Naltron GSM și Nylon 101).

Modelul cu elemente finite discrete al uneia din piesele de uzură este prezentat în fig.5.33.

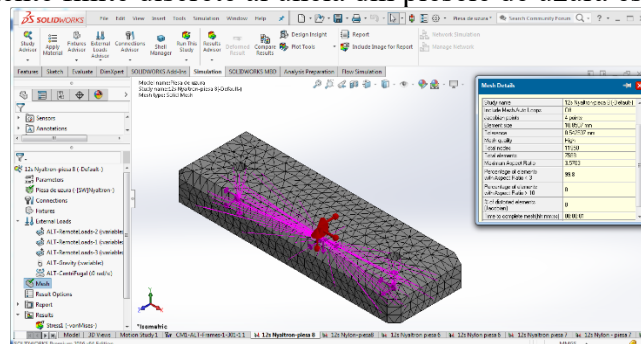


Fig.5.33. Discretizarea cu elemente finite a modelului geometric, [54]

În urma simulării în SolidWorks, programul de proiectare a furnizat rezultatele obținute în formă grafică; modelul geometric este împărțit în zone de o anumită culoare, fiecare zonă cuprinzând regiunea modelului geometric în care dimensiunea analizată are valoarea specificată în legenda culorii din partea dreaptă a ecranului. Pentru o piesă de uzură modelată și analizată, în fig.5.34 sunt prezentate valorile deplasărilor care apar în structura acesteia în timpul solicitărilor definite anterior.

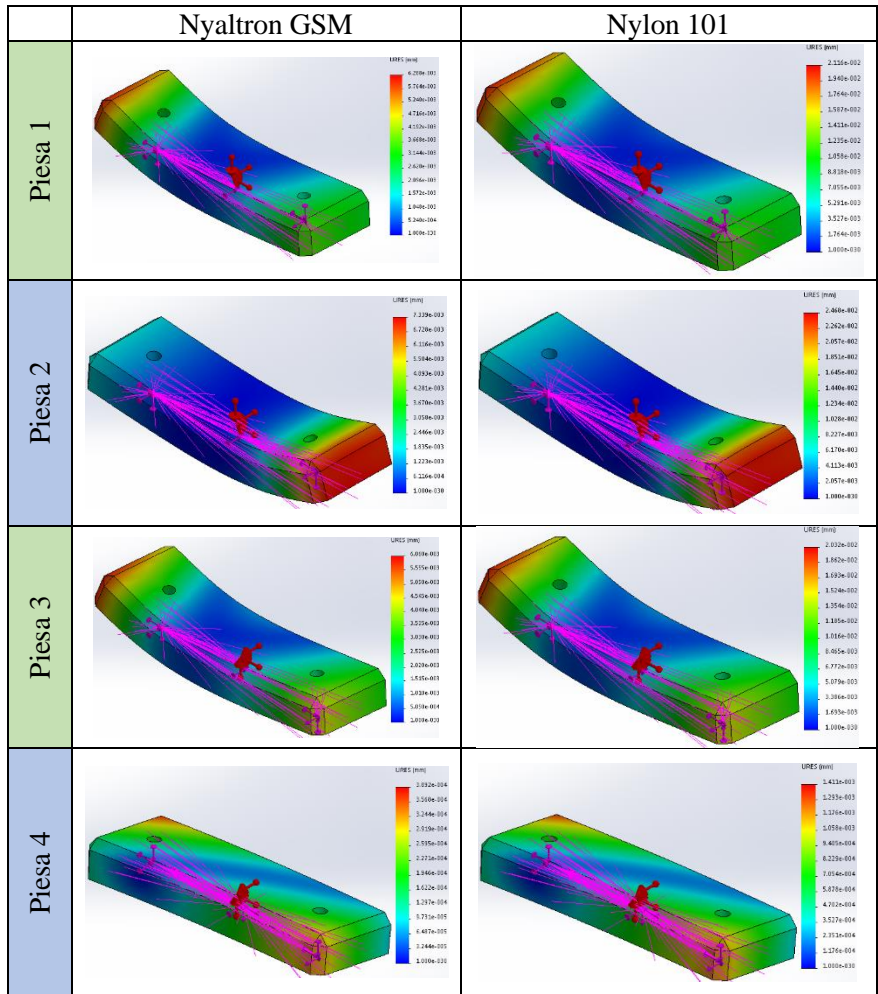


Fig.5.34. Valorile deplasărilor apărute în primele patru piese de uzură, [54]

Valorile minime ale factorului de siguranță sunt 454 pentru Nyaltron GSM și 340 pentru Nylon 101, rezultând astfel că piesele de uzură funcționează în condiții destul de dificile, iar rata de defectare a acestora este destul de mare.

Analiza a mai arătat că în structura pieselor de uzură apar puncte de tensiune, situate în general în zonele în care se realizează ansamblul șurubului și piuliței pe placa de contrapresiune. Valorile maxime ale tensiunii echivalente calculate cu criteriul von Mises sunt atinse în cazul piesei 1, $1,77 \cdot 10^{-1}$ MPa pentru Nyaltron GSM și $1,76 \cdot 10^{-1}$ MPa pentru Nylon 101, valori sub limita de curgere a acestor materiale. După obținerea acestor valori, se poate face în continuare o analiză de proiectare, cu același software utilizat în analiză, pentru a reduce tensiunile din piesele de uzură și, astfel, a crește durata de viață.

Analizând aceste date (fig.5.34), se poate observa că valorile deplasărilor sunt apropiate și mici, pentru cele două tipuri de materiale considerate valoarea maximă a deplasării se regăsește în cazul piesei 2, $7,34 \cdot 10^{-3}$ mm pentru Nyaltron GSM și $2,47 \cdot 10^{-2}$ pentru Nylon 101. În fig.5.35 sunt prezentate valorile tensiunilor echivalente din cele opt piese de uzură pentru cele două materiale considerate, tensiuni calculate după criteriul von Mises.

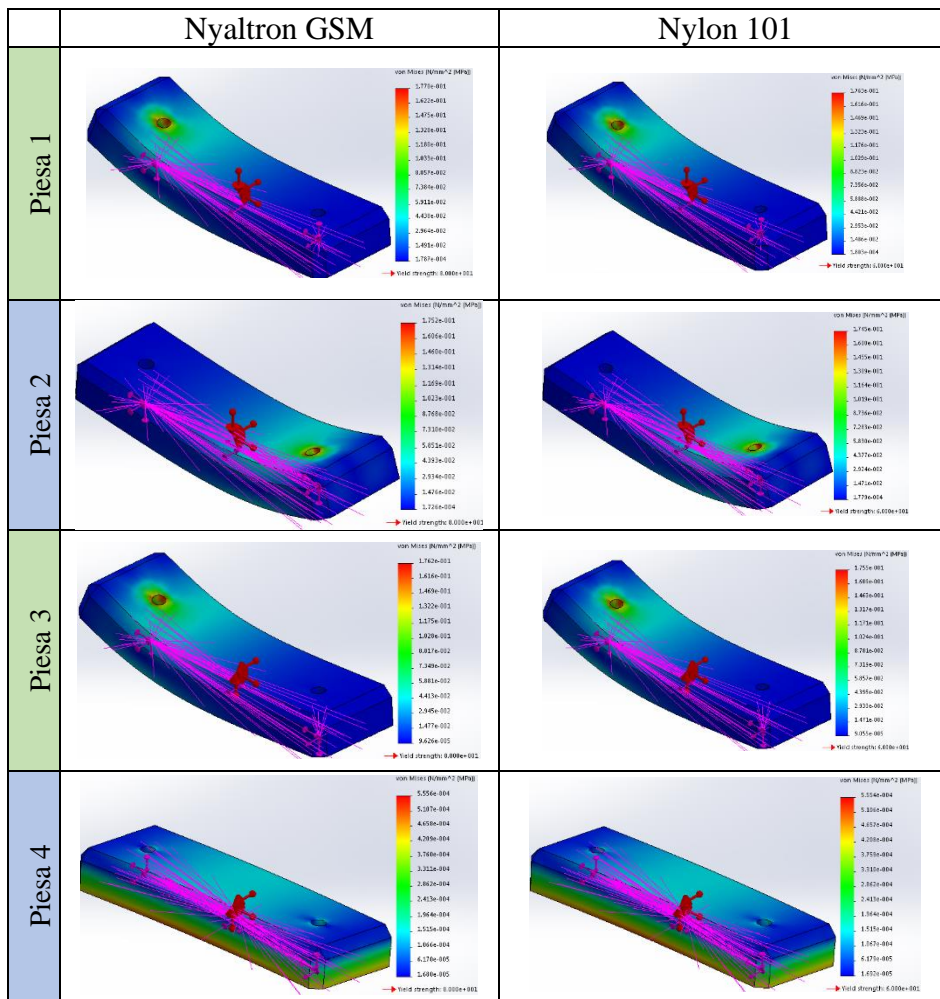


Fig.5.35. Tensiunile echivalente după criteriul von Mises în primele patru piese de uzură, [54]

Analizând fig.5.35 (și Anexa corespunzătoare) se poate observa că toate cele opt piese se comportă diferit în același regim, iar valorile tensiunilor sunt mult sub tensiunile de rupere ale celor două materiale. Valoarea maximă echivalentă a tensiunii este atinsă pentru prima piesă de uzură, respectiv $1,77 \cdot 10^{-1}$ MPa pentru Nyaltron GSM și $1,76 \cdot 10^{-1}$ MPa pentru Nylon 101.

Astfel se atinge valoarea minimă a factorului de siguranță pentru piesa 1, prezentat în fig.5.37. Prin comparație, pentru mașinile agricole destinate arăturii, factorul de siguranță ia valori în intervalul 1,8-2,2, [21,54].

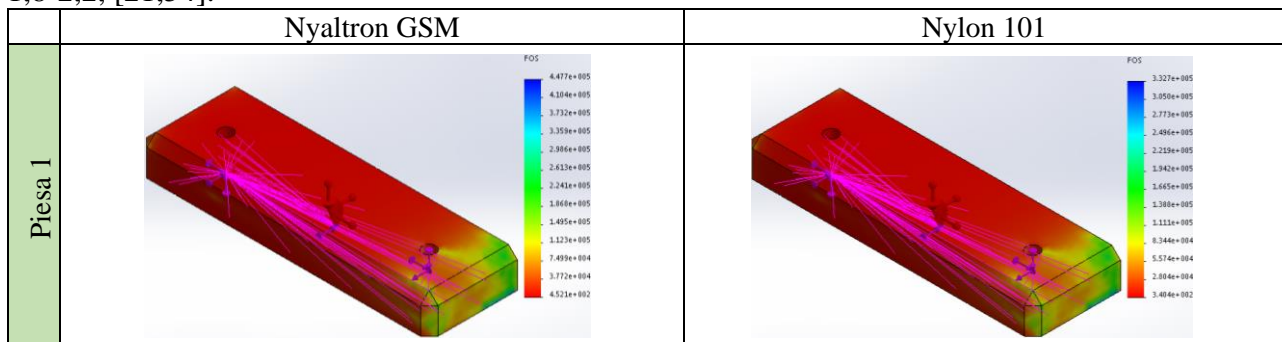


Fig.5.37. Valorile minime ale coeficientului de siguranță, [54]

În concluzie, valorile minime ale factorului de siguranță sunt 454 pentru Nyaltron GSM și 340 pentru Nylon 101. Deducem de aici că piesele de uzură funcționează în condiții destul de dificile, de unde și rata mare de defectare a acestora. Pe lângă faptul că trebuie să susțină greutatea plăcii de contrapresiune la care se adaugă o greutate suplimentară de deșuri menajere care se sprijină pe această placă, piesele de uzură trebuie să reziste și la frecarea dată de alunecarea plăcii de contrapresiune (la compactarea gunoiului și la golire) a mașinii.

5.6. Modelarea și simularea în FLUIDSIM a sistemelor hidraulice a preselor staționare pentru deșuri, [53]

Sistemele de acționare ale acestor prese de balotat cu compactare sunt sisteme hidraulice.

Un sistem de acționare hidraulică reprezintă un sistem tehnic format din mai multe elemente care transformă energia mecanică în energie hidraulică și pe care o transmite în diverse locuri prin transformarea ei din nou în energie mecanică de acționare. Transmiterea energiei hidraulice se poate face direct sau în urma unei comenzi manuale sau automate.

Sistemele de acționare hidraulică (fig.5.38) sunt constituite în general dintr-o pompă, care transformă energia mecanică a unui motor termic sau electric în energie hidraulică, din diferite elemente de comandă (diverse supape, distribuitoare hidraulice, etc.) care dirijează pe diverse trasee fluidul de lucru, din unul sau mai multe motoare hidraulice care transformă energia hidraulică în energie mecanică de acționare și din diferite elemente auxiliare (precum filtre, rezervor de ulei, conducte, racorduri, acumulatori hidraulice, elemente de măsură, etc.).

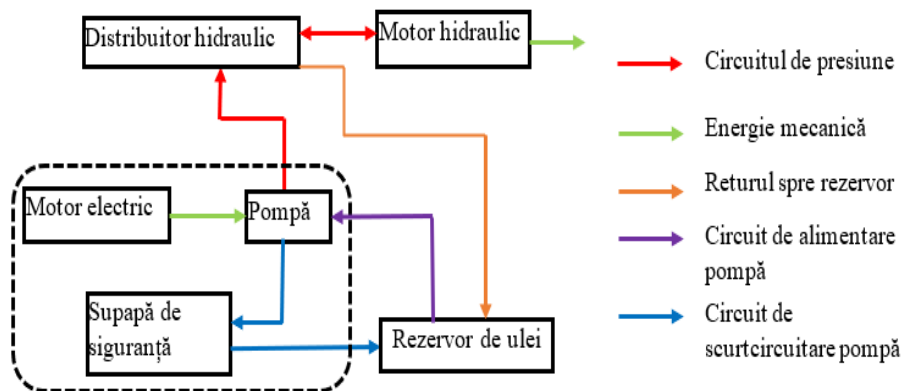


Fig.5.38. Schema simplificată a unui circuit hidraulic, [10]

Unul dintre cele mai folosite software-uri pentru simulări și modelări a sistemelor hidraulice și pneumatice este FESTO FluidSIM. Ecuațiile matematice ce stau în spatele simulărilor în FluidSIM sunt prezentate în mai multe lucrări din literatura de specialitate, [80].

În acest subcapitol este prezentată modelarea și simularea sistemelor hidraulice a două prese staționare (HSM V-605 și Strautmann PP-1208), precum și validarea experimentală a rezultatelor obținute în urma simulărilor. Pentru presa HSM V-605 forța maximă a fost calculată în simulare cu o eroare de 0.53 % față de forța maximă reală, iar pentru presa Strautmann PP-1208 forța maximă a fost calculată în simulare cu o eroare de 1.15 % față de forța maximă reală. Totodată, a fost stabilit și profilul curbelor de presiune a uleiului hidraulic pentru cele două prese, precum și legile matematice ce reprezintă cel mai bine variația forței cu deplasarea pistonului.

Sistemul hidraulic al presei staționare HSM V-605 (realizat în FluidSIM) este prezentat în fig.5.50. Acesta este compus dintr-o unitate de acționare (formată din rezervor de ulei, o pompă hidrostatică cu un debit teoretic de 3.9 l/min acționată de un motor electric de 1.5 kW alimentat în

380 V și o supapă de siguranță ce se deschide la 290 bar), un distribuitor hidraulic cu trei poziții și patru căi, o supapă de sens și un cilindru hidraulic cu dublă acțiune, [120].

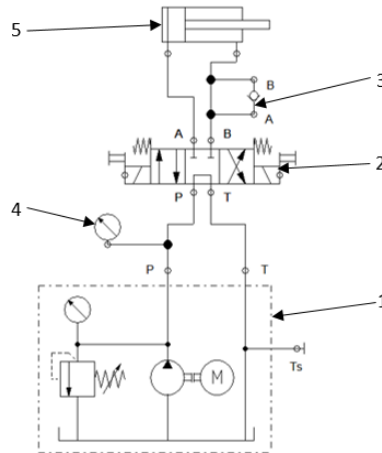


Fig.5.39. Schema hidraulică a presei staționare HSM V-605
1. unitate de acționare; 2. distribuitor hidraulic; 3. supapă de sens; 4. manometru;
5. cilindru hidraulic cu dublă acțiune

Distribuitorul hidraulic este unul cu comandă electrică prin electromagnet (cu o bobină) și revenire cu arc. În poziția din stânga va conduce uleiul hidraulic de la pompă la camera din fața pistonului și uleiul din spatele pistonului către rezervor, astfel că pistonul va ieși din cilindru. În poziția din dreapta va conduce uleiul de la pompă în spatele pistonului și uleiul din fața pistonului către rezervor, astfel că pistonul va intra în cilindru.

În fig.5.40 este prezentat sistemul hidraulic al presei staționare Strautmann PP-1208 (realizat, de asemenea, în FluidSIM). Acesta este compus din două unități de acționare (fiecare formată din rezervor de ulei, o pompă hidrostatică, acționată de un motor electric de 4 kW alimentat în 380 V și o supapă de siguranță), un distribuitor hidraulic cu trei poziții și patru căi, două supape de sens și un cilindru hidraulic cu dublă acțiune.

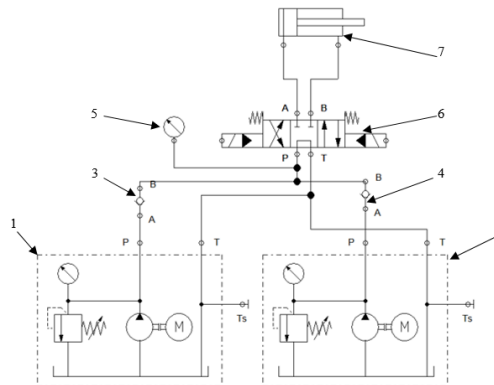


Fig.5.40. Schema hidraulică a presei staționare Strautmann PP-1208
1. unitate de acționare 1; 2. unitate de acționare 2, 3, 4. supapă de sens; 5. manometru;
6. distribuitor hidraulic; 7. cilindru hidraulic cu dublă acțiune

Distribuitorul hidraulic din acest sistem hidraulic este unul cu comandă externă indirectă cu distribuitor pilotat, acționat prin creșterea presiunii, iar revenirea este și aici cu arc. În poziția din stânga va conduce uleiul hidraulic de la pompă/pompe la camera din spatele pistonului și uleiul din fața pistonului către rezervor, astfel că pistonul va intra în cilindru. În poziția din dreapta va conduce uleiul de la pompă în fața pistonului și uleiul din spatele pistonului către rezervor, astfel că pistonul va ieși din cilindru.

Din fig.5.40 se observă că această presă staționară are două unități de acționare ce lucrează în paralel. Unitatea de acționare 1 are o pompă cu debitul de 11,2 l/min și o supapă de siguranță de 230

bari, iar unitatea de acționare are o pompă cu debitul de 38 l/min și o supapă de siguranță de 60 bari. Inițial, ambele unități de acționare pompează ulei către cilindrul hidraulic în aceeași conductă (de legătură la pompă) a distribuitorului hidraulic. În momentul în care presiunea uleiului la ieșirea pe conducta de evacuare a pompei din unitatea de acționare 2 atinge (și depășește) valoarea de 60 bari, supapa de siguranță va scurtcircuita uleiul către rezervor. Astfel, în continuare va introduce ulei în sistem doar unitatea de acționare 1 (cu supapa de siguranță de 230 bari).

În modelarea prezentă s-a determinat variația forței cu deplasarea pistonului, condițiile de experimentare fiind prezentate în capitolul de cercetări experimentale împreună cu datele experimentale complete. În simulări, cilindrul hidraulic al presei HSM V-605 a fost setat să deplaseze o masă de 7,75 kg, iar cel al presei Strautmann PP-1208 să deplaseze o masă de 80,5 kg, pentru a respecta condițiile experimentale efectuate.

După modelarea celor două sisteme hidraulice a fost rulată simularea, rezultatele fiind prezentate în fig.5.41 și fig.5.42. Rezultatele simulării sunt prezentate sub formă grafică, din cele două figuri putându-se vizualiza variația în timp a poziției, vitezei și accelerației pistonului, a forței exercitate de acesta la deplasarea sarcinii, poziția distribuitorului și presiunea uleiului hidraulic la intrarea în distribuitor dinspre pompa hidraulică.

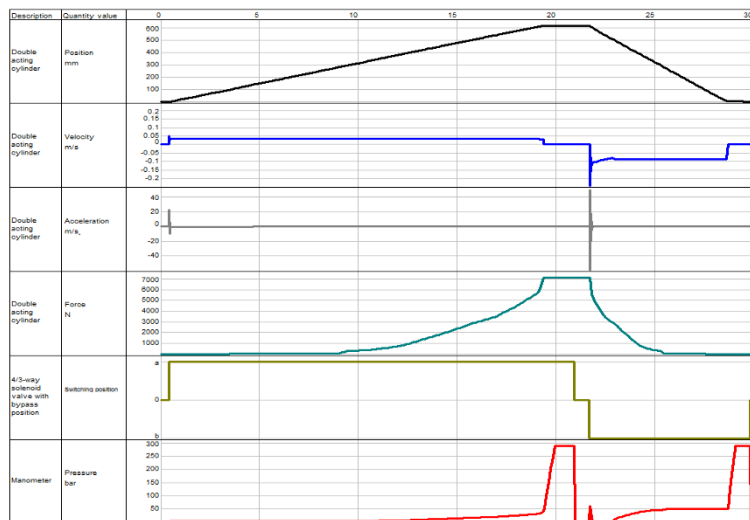


Fig.5.41. Rezultate simulare presă staționară HSM V-605

Din fig.5.41 se observă că viteza la ieșirea pistonului din cilindru este mai mică (0,03 m/s) decât viteza la intrarea în cilindru (0,09 m/s) pentru presa HSM V-605. Aceasta se datorează, în principal, materialului compactat care tinde să se destindă împingând pistonul în cilindru și măbind astfel viteza acestuia la retragere. Dimpotrivă, la presa Strautmann PP-1208 (fig.5.53) cele două viteze sunt egale și considerabil mai mici decât la prima presă (0,01 m/s).

Extrăgând cele trei viteze (maximă, minimă și medie) din graficul de variație a vitezei în timp (fig.5.41 și fig.5.42) s-a calculat neuniformitatea debitului de ulei. Astfel, la ieșirea pistonului din cilindru neuniformitatea este de maxim 86,2%, iar la intrarea pistonului în cilindru este de 93,1% pentru presa HSM V-605, iar la presa Strautmann neuniformitatea este pe ambele curse de 70%.

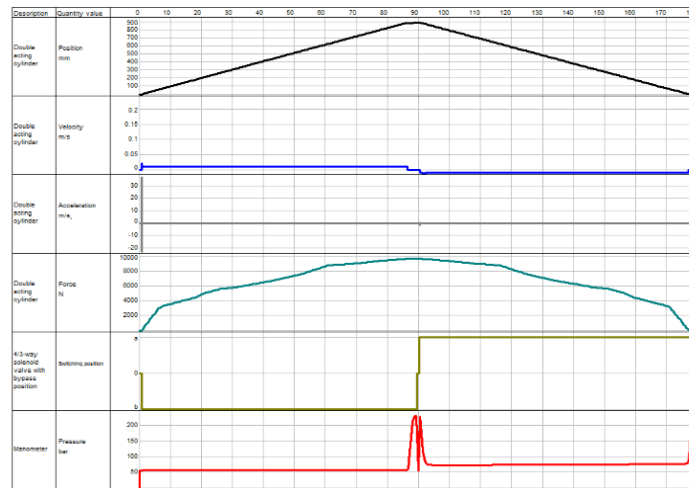


Fig.5.42. Rezultate simulare presă staționară Strautmann PP-1208

Trebuie menționat că această neuniformitate a debitului durează maxim 1,5 s la începutul fiecărei curse a pistonului (fie de ieșire, fie de retragere din/în cilindru), urmând apoi a deveni uniform, iar viteza constantă. Se întâmplă acest lucru, în general, datorită pornirilor în sarcină.

Graficele de variație a forței în timp pentru cele două prese, pe ambele curse ale pistonului prezintă variații exponențiale până la forța maximă de 7118,2 N pentru presa HSM V-605 și de 9702,1 N pentru presa Strautmann PP-1208 (valori simulate).

După cum s-a menționat anterior, datele din simulare au fost validate prin experimentele prezentate la capitolul 6 al tezei [57] În tabelul 5.4 sunt prezentate datele din experimente și cele extrase din simulare pentru variația forței corelat cu cursa pistonului pentru cele două prese.

Tabelul 5.4

Variația forței față de cursa pistonului la presele staționare HSM V-605 și Strautmann PP-1208

HSM V-605	Experiment	Deplasare piston, mm	275	294	323	351	383	419	463	502	537	575	605	620
		Forța, N	51,7	147,1	283,8	455,9	787,6	1191,1	2006,6	2884,5	3473,2	4258,0	5690,3	7156,2
	Simulare	Deplasare piston, mm	281	300	326	363	391	420	468	504	541	575	612	620
		Forța, N	60	327,3	347,3	572,7	818,2	1309,1	2127,3	2863,6	3436,6	4418,2	5727,3	7118,2
Strautmann PP-1208	Experiment	Deplasare piston, mm	42	120	188	254	325	401	462	544	613	693	782	890
		Forța, N	4021,8	4690,5	5193,2	5714,6	5900,6	6337,5	6874,7	7669,1	8757,7	8960,3	9325,7	9591,3
	Simular	Deplasare piston, mm	63	186	210	264	317	386	451	538	627	703	801	890
		Forța, N	3201,5	4498,6	5003,8	5600,3	5834,7	6340,4	6807,4	7623,7	8821,9	8998,1	9436,5	9702,1

Utilizând MS Office Excel au fost trasate curbele de variație a forței cu deplasarea pistonului, corelate experimente / simulare, pentru cele două prese staționare, cu diverse legi matematice pentru a stabili care este legea matematică care reprezintă cel mai bine procesul de presare al fiecăreia din cele două prese staționare analizate. Astfel, în fig.5.43 și fig.5.44 sunt prezentate aceste curbe de variație pentru cele două prese, împreună cu funcțiile care reprezintă cel mai bine variația forței cu deplasarea pistonului pentru date experimentale și date din simulări.

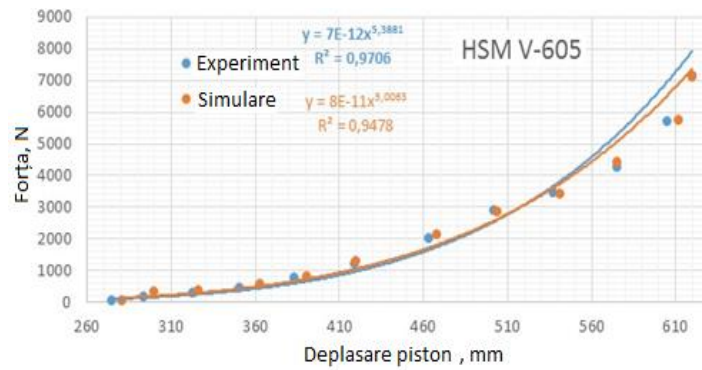


Fig.5.43. Graficul de variație a forței cu deplasarea pistonului la presa HSM V-605

Se poate observa că la presa HSM V-605 cel mai bine reprezintă datele o lege exponențială, atingându-se valori ale coeficientului de corelație (R^2) de 0,971 pentru datele experimentale și 0,948 pentru datele din simulare, în timp ce la presa Strautmann PP-1208 legea matematică care reprezintă cel mai bine datele este funcția liniară, obținându-se valori ale coeficientului de corelație de 0,978 pentru datele experimentale și de 0,975 pentru datele din simulare.

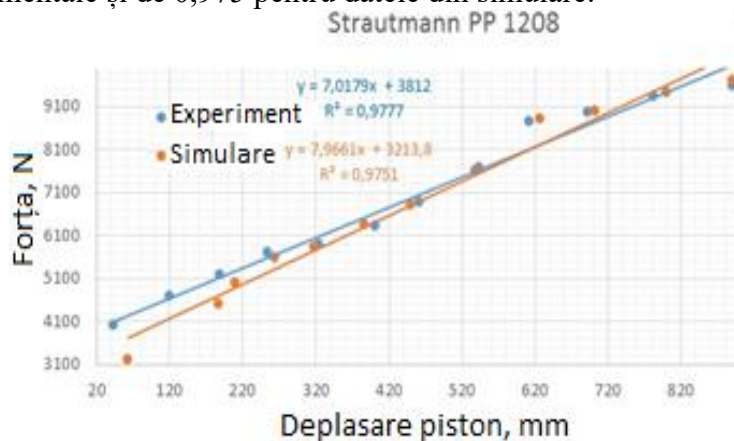


Fig.5.44. Graficul de variație a forței cu deplasarea pistonului la presa Strautmann PP-1208

Ținând cont de cele prezentate în acest subcapitol se poate spune că simularea în FluidSIM pentru cele două prese staționare se apropie foarte mult de realitate, pentru presa HSM V-605 forța maximă a fost calculată în simulare cu o eroare de 0,53 % față de forța maximă reală, iar pentru presa Strautmann PP-1208 forța maximă a fost calculată în simulare cu o eroare de 1,15 % față de forța maximă reală. Astfel, se poate concluziona că modelarea și simularea în software-ul FluidSIM pentru sistemele hidraulice se poate folosi cu încredere.

5.7. Concluzii

Simulare numerică 3D cu element finit a comportării structurii plăcii de comprimare a unei mașini de colectare și transport deșeuri Valu€ Pak Lift 1000 s-a efectuat considerând că placa este executată din trei materiale diferite (oțeluri Hardox 400, Hardox 450 și S355J2).

Se poate spune că placa de comprimare analizată este fie supradimensionată, fie este făcută să lucreze în condiții mult mai grele decât cele prevăzute de această analiză, sau să reziste chiar la suprasarcini (impact cu materiale greu de compactat, frecări excesive, etc.). Totuși, în structura plăcii de comprimare apar unele puncte concentratoare de tensiuni, situate în zonele în care placa este sudată de suporturile care fac legătura cu jugul (sistemul) de acționare. Valorile maxime tensiunilor echivalente calculate cu criteriul von Mises sunt de $3,118 \cdot 10^6$ MPa pentru Hardox 400, $3,122 \cdot 10^6$

MPa pentru Hardox 450 și de $3,131 \cdot 10^6$ MPa pentru S355J2, valori aflate la aproximativ jumătate din limita de rupere a acestor materiale.

Analiza de simulare numerică 3D cu elemente finite a fost utilizată și pentru a stabili comportarea mecanică a pieselor de uzură pe care se sprijină placa de contrapresiune în partea de jos, datorată solicitărilor care apar în timpul procesului de compactare a deșeurilor menajere la o mașină ValuE Pack, considerând două materiale plastice diferite (Nyaltron GSM și Nylon 101).

Valorile minime ale factorului de siguranță sunt 454 pentru Nyaltron GSM și 340 pentru Nylon 101, rezultând astfel că piesele de uzură funcționează în condiții destul de dificile, iar rata de defectare a acestora este destul de mare.

Modelarea și simularea sistemelor hidraulice în FluidSIM ale preselor staționare HSM V-605 și Strautmann PP-1208, utilizate în cercetările experimentale, a constatat prezența unor forțe maxime în sistem, prin această analiză fiind stabilit și profilul curbelor de presiune a uleiului hidraulic, precum și legile matematice care reprezintă cel mai bine variația forței cu deplasarea pistonului.

CAPITOLUL 6. CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND COMPACTAREA DEȘEURILOR ÎN PRESE CU AMPLASARE STAȚIONARĂ SAU MOBILA

6.1. Obiectivele cercetărilor experimentale

Obiectivul general al tezei este crearea unui ansamblu de proceduri de cercetare și sisteme de măsurare, colectare și prelucrare/analiză date, privind comportamentul fizico-mecanic al deșeurilor în interacțiunea cu organele de lucru în sistemele de compactare prin translație. În baza datelor putem determina modele matematice pentru procesul de compactare în funcție de fiecare sistem.

Obiectivele secundare sunt orientate spre studiul organelor în mișcare sau statice a sistemelor de compactare prin translație, prin culegerea/analiza și interpretarea datelor și identificarea unor soluții de îmbunătățire.

În lucrare au fost configurate sisteme de măsurare, culegere date și interpretare /analiza pentru sisteme de presare prin translație (presa cu flux vertical), s-a proiectat și realizat a un sistem de măsurare și colectare date pentru sisteme de compactare mobile și s-a tratat simularea prin metoda cu element finit al rezistența mecanică a unor organe active ale compactoarelor mobile (autogunoiere).

6.2. Aparatura și echipamentul de lucru pentru cercetări experimentale privind sistemele de compactare a deșeurilor

6.2.1. Prese fixe și sisteme de compactare mobile a deșeurilor municipale utilizate în determinările experimentale

Sistemele de compactare prin translație pot avea un flux de alimentare cu deșeuri de tip continuu (cu banda de alimentare) sau cu alimentare discontinua, iar fluxul de funcționare poate fi poziționat vertical sau orizontal și sunt aspecte importante în identificarea și poziționarea sistemelor de măsurare și colectare date.

Pentru determinări experimentale s-au folosit următoarele: presa staționară din laboratorul facultății ISB – Politehnica, de tipul HSM VPress – 605, sistemul de determinare și achiziție a rezistențelor la compactarea deșeurilor,

6.3. Metodica cercetărilor experimentale privind compactarea deșeurilor

Determinările în practică arată ca la deșeurile de recipiente PET există o masă specifică de 25-35 kg/m³, deșeurile de hârtie au o masă specifică de 100-150 kg/m³, iar la deșeurile solide urbane au o greutate specifică de 250-350 kg/m³. Deci, un container de 40 m³ conține 1-1,2 t de PET sau 10-14 t de deșeu solid urban.

Pentru înregistrarea datelor la o umplere a camerei de compactare se procedează la sortarea deșeurilor colectate din timp, astfel încât acestea să fie de același tip și să nu existe diferențe care să influențeze rezultatele. Se verifică sistemul hidraulic al presei pentru o funcționare corectă a acesteia și sistemul electronic de înregistrare a datelor (cursa plăcii de presare și forța rezistentă la presare).

În continuare se verifică, în gol, funcționarea presei, iar apoi cu ușa de alimentare deschisă se face alimentarea cu material, cântărit eventual anterior, până la partea de sus a incintei presei. Cu ușa de alimentare închisă, se coboară încet placa de presiune până la momentul atingerii materialului. Practic de aici încep înregistrarea și colectarea datelor care urmează să fie prelucrate ulterior.

Dacă înregistrările se fac la intervale regulate de 1 secundă, practic numărul înregistrării coincide cu intervalul de timp dintre două înregistrări (1 s).

Sistemul achiziționează forța de compactare în kgf, care ulterior trebuie transformată în N sau daN. Cursa plăcii de presiune este înregistrată în milimetri, astfel că la final pentru calculul energiei consumate la compactare este necesar să se facă transformările de rigoare.

6.4. Determinări experimentale privind compactarea cu ajutorul preselor fixe

6.4.1. Determinarea rezistențelor la compactarea deșeurilor din material plastic

Acest subcapitol prezintă aspecte și rezultate experimentale privind compactarea recipientelor PET de aceeași capacitate, legate de variația forței de compactare cu deplasarea plăcii de presiune, în mai multe comprimări succesive, precum și energia consumată în procesul de comprimare, pentru fiecare comprimare-recomprimare, dar și totalul acestui consum de energie.

Experimentele privind caracteristicile fizico-mecanice ale materialului compactat și forțele rezistente la compactare s-au făcut pe o presă cu flux vertical de tip HSM-V 605 (GmbH, Germany) fig.6.1. Determinarea datelor s-a făcut prin montarea echipamentului echipament de colectare, înregistrare și transmitere la distanță a datelor, indicat în fig.6.3 și fig.6.4.

Fluxul experimental privind determinarea caracteristicilor fizico-mecanice și comportamentul deșeurilor de recipiente din plastic s-a făcut prin:

- cântărirea și numărarea recipientelor din eșantioanele introduse;
- introducerea de material în mod succesiv, sortat pe criteriul uniformității dimensionale (recipiente de 2 litri) în camera de presare;
- măsurarea deformațiilor volumului de deșuri din recipiente de plastic;
- scalarea caracteristicilor fizice obținute (forță, timp, lungimea pistonului de presare).

Au fost utilizate, în prima etapă, recipiente PET de 2 litri (cu capac, dar înțepate cu vârful unui cuțit în zona mediană), nedeformate, cântărite atât individual cât și în grup, care au fost compactate până la limita cea mai de jos la care a ajuns placa de presare.

Procesul de presare a decurs în modul următor: au fost încărcate în camera de presare suficiente recipiente încât să acopere volumul camerei (77 recipiente, 3.696 kg), după care a urmat o presare continuă, până la atingerea limitei inferioare detectată de sistem și ridicarea automată a plăcii de presiune, urmată de o recomprimare și revenirea plăcii de presiune la punctul superior, completarea volumului rămas liber cu alte 52 recipiente (26 recipiente - 1,620 kg + 26 recipiente - 1.280 kg) și o nouă comprimare până la limita detectată de sistem, apoi o recomprimare pentru o mai bună compactare. A urmat, apoi, o altă completare a volumului liber al camerei de presare (cu 26 recipiente - 1.180 kg) și o compactare în trei etape, pentru o așezare compactă a balotului în vederea legării ulterioare. Placa de presiune a avut o deplasare liberă până la atingerea nivelului de sus al recipientelor, după care deplasarea acesteia a urmat o variație curbilinie, în funcție de mărimea forței de compactare în momentul respectiv.

Datele experimentale obținute au fost stocate în forma tabelară, acestea fiind generate cu continuitate atâta timp cât presa a fost în funcțiune (Tabelul 6.2). În tabel sunt prezentate variațiile forței de compactare în funcție de distanța de deplasare a plăcii de compactare față de un punct superior fix de pe capacul presei, dar și numărul de recipiente PET de 2 litri existente în camera de presare în fiecare din cele trei grupe de compactări, respectiv masa acestora. Prelucrarea datelor poate aduce rezultate favorabile în vederea modelării procesului de presare a deșeurilor de recipiente din plastic.

Tabelul 6.2. Variația forțelor de presiune cu deplasarea pistonului de compactare

Compactare succesivă a recipientelor PET de 2 litri													
P01.01		P01.02		P02.01		P02.02		P03.01		P03.02		P03.03	
77 recipiente / 3.696 kg				129 recipiente / 6.596 kg				155 recipiente / 7.776 kg					
Deplasare (mm)	Forță (daN)	Deplasare (mm)	Forță (daN)	Deplasare (mm)	Forță (daN)	Deplasare (mm)	Forță (daN)	Deplasare (mm)	Forță (daN)	Deplasare (mm)	Forță (daN)	Deplasare (mm)	Forță (daN)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
462	4,76	459	1,71	0	0,52	98	6,09	272	1,03	0	0,89	275	5,17
493	17,44	488	13,53	0	0,65	120	21,00	291	2,24	4	0,94	294	14,71
544	37,87	527	39,52	0	3,01	140	40,03	321	15,82	49	0,95	323	28,38
581	73,95	561	75,87	17	8,64	180	59,26	347	39,85	80	1,02	351	45,59
615	127,74	596	122,23	46	15,76	210	75,14	383	75,74	106	1,12	383	78,76
651	139,14	638	179,21	79	26,26	243	89,32	415	125,68	130	1,13	419	119,11
				123	46,52	267	91,94	457	204,53	164	1,13	463	200,66
				163	70,54	295	136,73	512	287,70	205	1,16	502	288,45
				193	98,63	336	215,26	539	382,13	232	1,20	537	347,32
				227	120,62	381	257,95	582	504,94	260	1,43	575	425,80
				249	150,03	413	361,58	615	651,47	287	4,11	605	569,03
				280	192,17	511	600,85	659	567,11	315	9,96	646	715,62
				325	246,07	608	730,64			343	27,37	675	219,37
				367	277,63	657	518,07			375	46,65	595	29,10
				416	348,68					405	73,08		
				470	380,30					436	108,35		
				512	421,80					482	138,99		
				553	500,86					524	205,23		
				619	586,82					565	406,97		
										602	521,61		
										639	700,23		
										670	170,92		
131,553 J		134,065 J		1471,718 J		1729,953 J		1009,440 J		856,255 J		857,403 J	

Tabelul 6.3. Detalii suplimentare la proba P03.01

Cod probă	Recipiente	Masa	ID înregistrare	Δt	Timp	Cursa	Forță
	buc	kg		s	s	mm	daN
P03.01	155	7,776	10111	34	12	659	567,11
			10110	34	11	615	651,47
			10109	33	10	582	504,94
			10108	32	9	539	382,13
			10107	32	8	512	287,70
			10106	31	7	457	204,53
			10105	30	6	415	125,68
			10104	30	5	383	75,74
			10103	29	4	347	39,85
			10102	28	3	321	15,82
			10101	28	2	291	2,24
			10100	27	1	272	1,03
	0	0	0	0	0	0	0

Pe baza graficelor trasate în programul MS Office Excel, au fost determinate suprafețele de sub curba forță-deplasare (prin metoda trapezelor) care reprezintă energia consumată în fiecare etapă a procesului de compactare, iar valorile acestora sunt prezentate la partea de jos a tabelului 6.2.

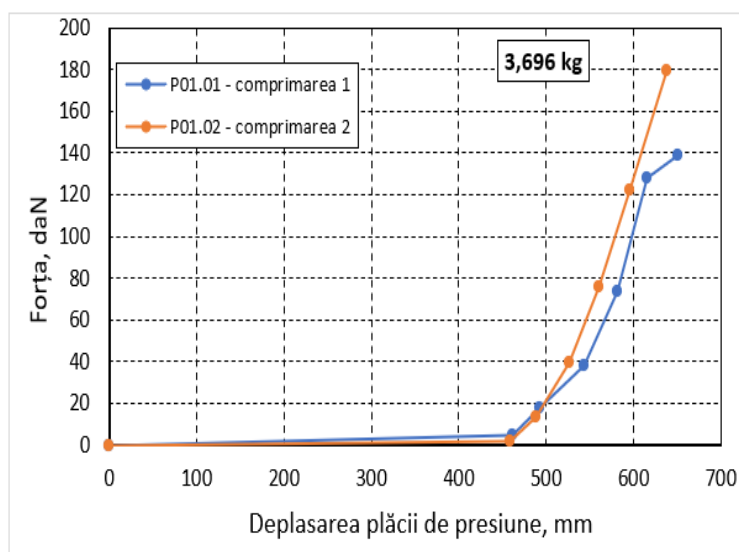


Fig.6.6. Variația forță – deplasare la placa de presiune la încărcarea presei cu 77 recipiente PET (2 L)

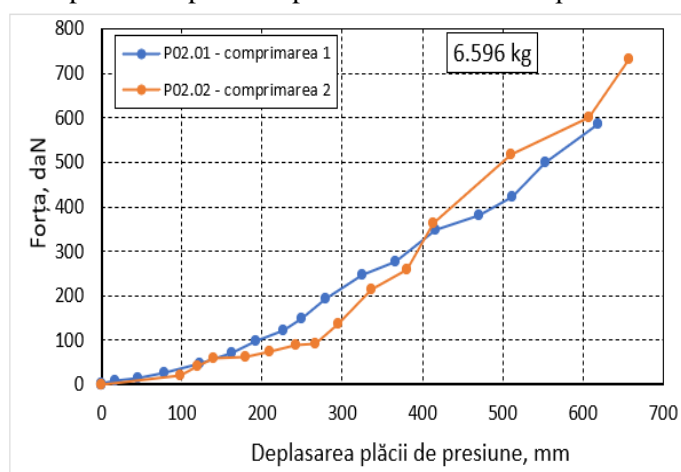


Fig.6.7. Variația forță – deplasare la placa de presiune la încărcarea presei cu 77+52 recipiente PET (2 L)

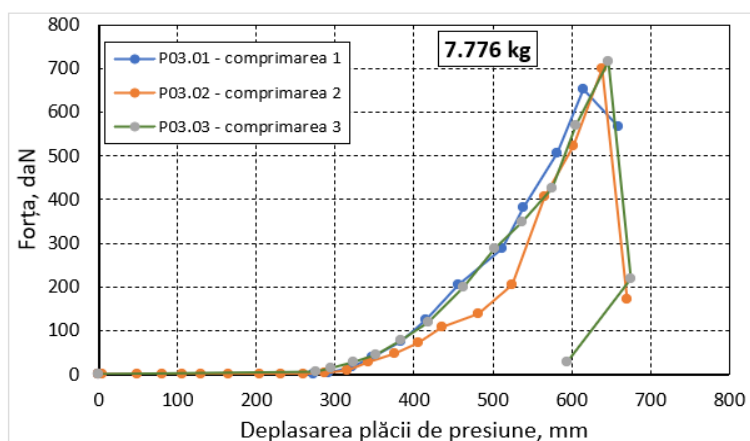


Fig.6.8. Variația forță – deplasare la placa de presiune la încărcarea presei cu 77+52+26 recipiente PET (2 L)

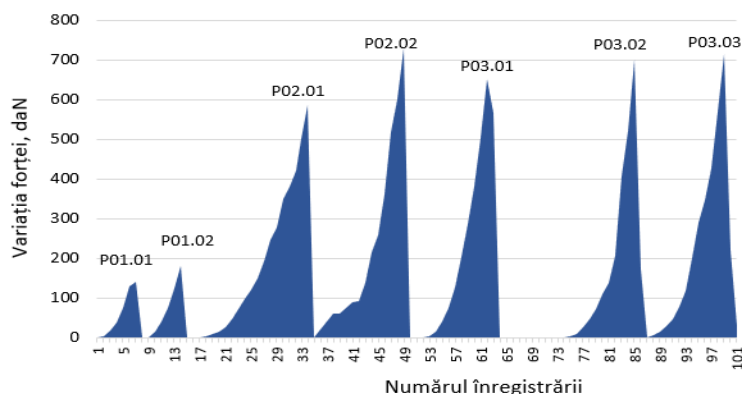


Fig.6.9. Variația forței de apăsare în cele șapte faze ale procesului de compactare a recipientelor PET 2 litri
P01 – 77 recipiente, P02 – 77+52 recipiente; P03 – 77+52+26 recipiente

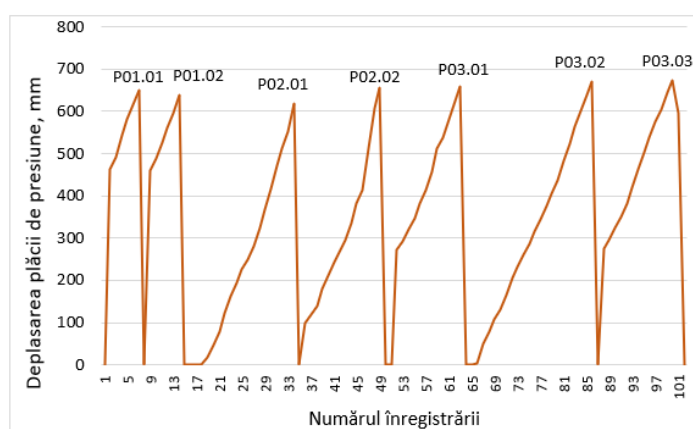


Fig.6.10. Variația deplasării plăcii de presiune în procesul de compactare a recipientelor PET 2 litri
P01 – 77 recipiente, P02 – 77+52 recipiente; P03 – 77+52+26 recipiente

Din analiza datelor din tabelul 6.2, dar și a graficelor prezentate, se constată că placa de presiune parcurge, la început, în gol, o anumită distanță până când intră în contact cu materialul de compactat și, abia de aici încolo, urmează și înregistrarea valorilor forțelor de comprimare, care cresc relativ exponențial pe măsură ce placa de presiune coboară și se atinge poziția maximă cea mai coborâtă a pistonului (respectiv forța maximă de compactare pe care o prezintă presa). Cu cât nivelul materialului în interiorul preseii este mai jos, cu atât mai târziu va începe înregistrarea valorii forței de comprimare.

Astfel, variația forțelor de comprimare în funcție de deplasarea pistonului poate fi urmărită în Tabelul 6.2, pentru toate cele șapte etape ale compactării recipientelor PET de 2 litri. Ceea ce se constată, în principal, este faptul că sistemul de înregistrare a forțelor începe să prezinte valori cu atât mai devreme cu cât presa este încărcată cât mai aproape de partea de sus a camerei de presare, după cum se poate observa și din fig.6.7. Mai mult, cu cât cantitatea de material în camera de presare cu atât forțele de presare sunt mai mari, atât la prima comprimare cât și la recomprimare.

Pe lângă datele ce pot fi observate direct din tabelul de date sau din graficele prezentate, s-a putut constata că viteza plăcii de presare în timpul comprimării recipientelor (adică atâta timp cât placa se află în contact direct cu materialul de compactat, iar forța crește continuu) este diferită de la o presare la alta. Astfel, aceasta a prezentat valori de la 47,3 mm/s la prima presare până la circa 53,0 mm/s la ultima presare, cu variații între aceste valori la celelalte etape ale presării. Totuși, valoarea vitezei plăcii de presare este dependentă de forța rezistentă la comprimarea materialului.

Analizând valorile consumului de energie în cele trei etape ale comprimării, se poate, de asemenea, constata că cele mai mari valori le prezintă etapa a doua (presările P02.01 și P02.02), atunci

când numărul recipientelor de compactat a crescut mult față de prima etapă (P01). Dacă la prima etapă, consumul de energie se situează la valori mici (131,5 J, respectiv 134,1 J), în etapa a doua energia consumată la comprimare a ajuns la 1471,7 J, respectiv 1729,9 J. În etapa a treia a compactării, energia consumată scade, deși au mai fost adăugate încă 26 recipiente în camera de presare. Ceea ce pare logic, totuși, sunt valorile descrescătoare ale energiei la cele două recomprimări care urmează (scăzând de la circa 1009,4 J la P03.01, la aproximativ 856-857 J la comprimările P03.02 și P03.03). Pe ansamblu, energia totală de comprimare (suma consumurilor de la cele șapte comprimări) ajunge la circa 6190 J, care raportată la masa recipientelor din camera de presare (7,776 kg) determină energia specifică de presare, adică 796,1 J per 1 kg de recipiente compactate.

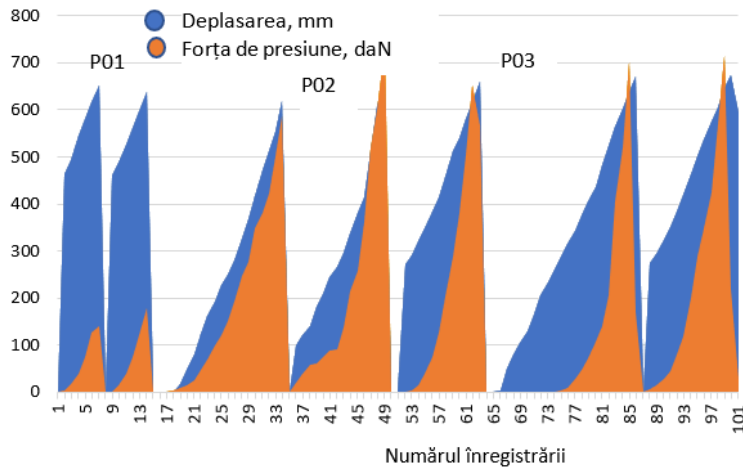


Fig.6.11. Variația forțelor de presiune și a deplasării plăcii de presiune la compactarea recipientelor PET de 2 litri

Dacă trasăm grafic deplasarea plăcii de presiune în raport cu timpul, se obține viteza de deplasare a acesteia și, așa cum se observă din graficul vitezei la proba P03.01, pe baza tabelului 6.3, viteza este aproximativ liniară, în principal, după ce se ia contact cu materialul din interiorul preseii (vezi fig.6.12). Valoarea vitezei este de circa 36,3 mm/s, deci o valoare relativ mică și constantă.

Deși viteza este aproximativ liniară și constantă, aceasta nu se păstrează ca valoare de la o probă la alta, în primul rând datorită forțelor rezistente datorate materialului (vezi fig.6.13).

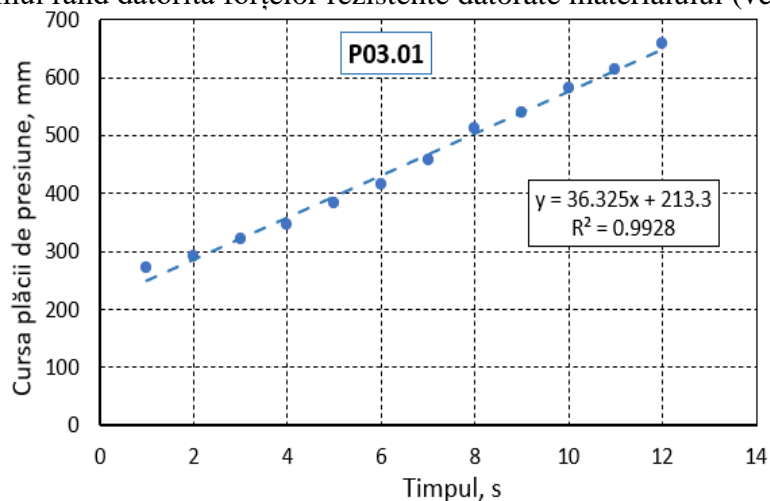


Fig.6.12. Viteza plăcii de presiune la compactarea P03.01 (compactarea 1 – 155 recipiente)

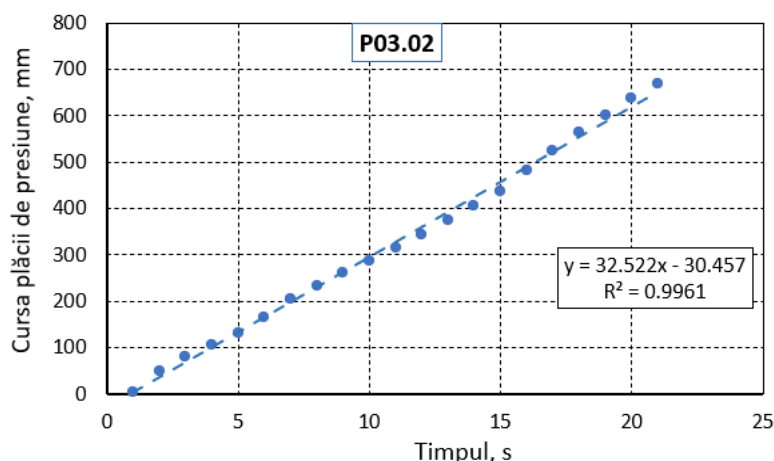


Fig.6.13. Viteza plăcii de presiune la compactarea P03.02 (compactarea 2 – 155 recipiente)

Așadar, viteza plăcii de presiune scade la compactările 2 și 3, datorită faptului că materialul este deja compactat iar rezistențele întâmpinate cresc.

Din prelucrarea datelor experimentale se poate trasa graficul consumurilor de energie pe fiecare etapă a compactării recipientelor PET la 2 litri, astfel că pentru întreaga cantitate de deșeurii PET se obține un consum specific de energie pentru un balot de circa 0,821 kJ/kg (fig.6.14).

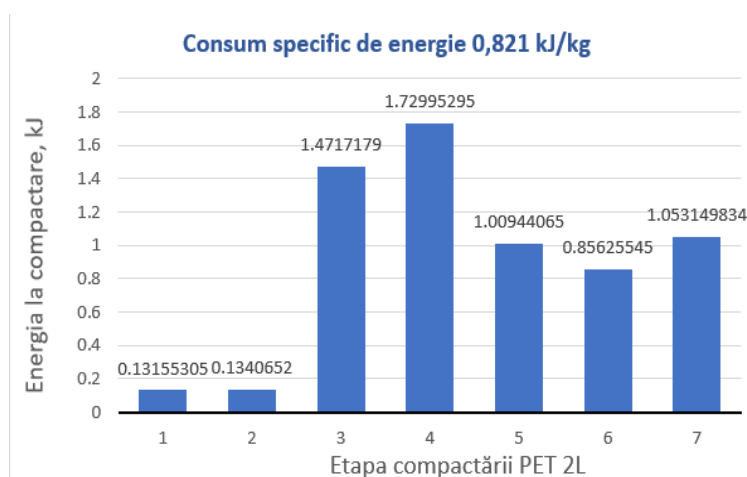


Fig.6.14. Consumurile specifice de energie la compactarea în 7 etape a recipientelor de 2 L

A doua parte a determinărilor experimentale a fost consacrată compactării recipientelor PET de 0,5 litri.

S-a procedat în același mod ca și la compactarea recipientelor de 2 litri, iar rezultatele determinărilor experimentale sunt concentrate și prezentate în tabelul 6.4. Înregistrările cursei plăcii de presiune și ale forței rezistente la compactare s-au făcut cu același sistem de înregistrare ca și în cazul recipientelor PET de 2 litri.

Inițial s-a încărcat incinta de presare cu 202 recipiente PET de 0,5 litri și s-au făcut două compactări (P01.01 și P01.02), după care s-au mai adăugat 22 recipiente și s-a făcut o nouă înregistrare (P02.01), așa cum se prezintă și în tabelul 6.4.

Variația forței de presare în funcție de cursa pistonului plăcii de presare, pentru cele 3 etape ale compactării este prezentată în fig.6.15.

Tabelul 6.4. Variația forțelor de presiune cu deplasarea pistonului de compactare pentru recipiente de 0,5 litri

P01.01		P01.02		P02.01	
202 recipiente		202 recipiente		224 recipiente	
Deplasare (mm)	Forță (daN)	Deplasare (mm)	Forță (daN)	Deplasare (mm)	Forță (daN)
0	0	0	0	0	0
404	7.439	400	28.19	480	20.52
429	66.36	403	20.53	521	92.53
476	184.51	451	107.06	548	132.17
551	198.23	489	188.35	610	253.20
601	263.37	518	114.57	675	64.07
662	269.70	586	183.25		
		633	276.98		
		674	10.32		
		522	10.35		

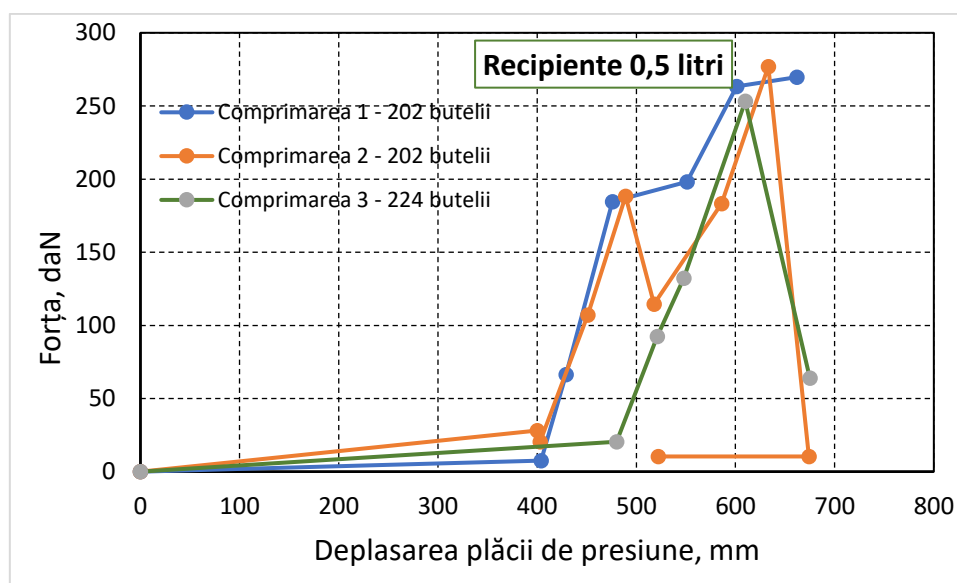


Fig.6.15. Variația forță – deplasare la placa de presiune la încărcarea preseii cu 202+22 recipiente PET (0,5 L)

Atât din tabelul 6.4, cât și din fig.6.15, se constată că variația forței cu deplasarea nu este relativ constantă, deoarece recipientele se comprimă aleatoriu, iar dacă unele au rămas necompactate suficient la prima comprimare pot exista salturi și variații importante ale forței de rezistență, așa cum se observă la comprimarea a doua cu 202 recipiente de 0,5 litri în incinta preseii.

În concluzie, compactarea recipientelor PET uzate în prese verticale de capacitate mică și medie se efectuează, în general, în etapa de colectare a acestora înainte ca ele să fie dirijate spre firmele prelucrătoare. Compactarea cu ajutorul preselor staționare se realizează în mai multe etape, cu recomprimări și adăugare de material nou, până când este suficient pentru formarea unui balot paralelipipedic cu dimensiunile părții de jos a camerei de presare. Balotul este apoi legat cu benzi din material plastic, având un volum mult redus în comparație cu starea liberă inițială a recipientelor.

Comprimarea în mai multe etape succesive conduce la reșezarea materialului în cadrul camerei de presare și la creșterea masei volumetrice a acestuia. Gradul de compactare depinde,

inclusiv, de presiunea din cilindru (sau cilindrii) de acționare a plăcii de compactare pe care o poate dezvolta utilajul, dar și de starea inițială a recipientelor. Acestea trebuie să fie presate fie fără capac, fie să fie înțepate (străpunse) cu un corp ascuțit pentru ca aerul din interior să nu opună o rezistență prea mare la comprimare.

La presarea recipientelor PET de 2 litri, cu presa verticală de 57 kN forțele de comprimare au prezentat variații, în general, crescătoare la recomprimări sau la adăugare de material nou. Pentru încărcarea maximă a presei (conform experimentelor 7,776 kg recipiente PET) forța de comprimare a depășit valoarea de 715 daN la a treia comprimare, adică o presiune de apăsare de circa 15 Pa.

În ceea ce privește energia de comprimare, aceasta a înregistrat cele mai mari valori atunci când presa a fost reîncărcată dintr-odată cu o cantitate mai mare de material, după ce materialul încărcat inițial fusese comprimat în două etape, astfel că energia a crescut de peste zece ori când cantitatea de material din presă aproape că s-a dublat (de la 3,696 kg la 6,596 kg), având în vedere că placa de presare a fost obligată să se deplaseze o distanță mai mare sub acțiunea unor forțe care au apărut mai devreme în sistemul de înregistrare. Totuși, valoarea medie a energiei specifice de comprimare, pentru întregul proces a fost în jur de 0,8 kJ/kg material comprimat.

6.4.2. Determinarea rezistențelor la compactarea deșeurilor din carton

În Europa, reciclarea a crescut cu aproape 20% în ultimele decenii, fiind de circa 72% în 2012, [87]. Odată cu creșterea ratelor de reciclare, procesele au fost și ele îmbunătățite, putând fi adăugate fracții de hârtie și carton de o calitate mai scăzută.

Potrivit mediafax.ro, Romania produce 5,8 milioane tone de deșeuri pe an, cu o medie de 272 kg/an/locuitor și cu o rata de colectare de 82.35, arată studiul Waste Atlas, publicat de organizația D-Waste. Din acestea, 56% este materie organică, 9.9% hârtie și carton, 9.9% plastic, iar restul alte categorii de deșeuri. Din totalul deșeurilor, Romania reciclează doar 3% înainte de 2018, (mediafax.ro, accesat 20 oct.2021).

Alte state în Europa reciclează cantități de deșeuri mult mai mari, comparative cu Romania. De exemplu, Slovenia reciclează anual circa 55% din deșeuri, având un grad de colectare de 100%, dar produce numai 0.852 milioane tone de deșeuri, cu 414 kg/locuitor/an.

Într-o economie circulară o practică importantă este reciclarea, considerată în acest moment ca fiind nucleul principal pentru returnarea materialelor în lanțul de aprovizionare, iar principalul blocaj în lanțurile de reciclare a plasticului și hârtiei este lipsa programelor continue de colectare selectivă cu accent pe procesele de educație ecologică, [92]. În lucrarea amintită se arată că în 2013, circa 57% din hârtia folosită în întreaga lume a fost produsă din fibre reciclate (~233 milioane de tone). Deși cantitățile de material reciclabil crește în fiecare an, este dificil de garantat omogenitatea separării și evitarea contaminării.

Rezultate experimentale în laborator au arătat că așchii din deșeuri de carton reciclat amestecate cu nisip pot fi utilizate cu succes în prepararea betonului pentru construcții, rezultând astfel un beton mai ecologic cu costuri reduse de eliminare a deșeurilor din carton și cu caracteristici de rezistență acceptabile, [94].

Totodată, deșeurile din hârtie și carton pot fi o sursă majoră de biomasă celulozică, care poate fi utilizată ca substrat potențial pentru producția de celuloză. Astfel, experimentele arată că cartonul tratat cu 0,1% acid sulfuric este un bun substrat cu costuri reduse pentru producția de celuloză, [6].

Pentru a alege cea mai eficientă metodă de gestionare a deșeurilor, poate fi utilizată evaluarea ciclului de viață (LCA), recomandându-se recuperarea energiei prin piroliză, gazeificare și ardere numai în cazul în care căldura produsă este utilizată pentru alte aplicații, [112].

Presele de balotat pentru carton sunt destul de versatile și pot comprima toate tipurile de carton, indiferent de formă, dimensiune sau utilizare. În mod normal, într-o presa de balotat pot fi balotate cutii întregi, plăci, foi, tuburi, carton ondulat și carton obișnuit.

Pentru compactarea deșeurilor de carton a fost folosită o presă cu flux vertical și s-au obținut baloți cu formă paralelipipedică. Presa este de obicei utilizată în compactarea deșeurilor de plastic,

folie, recipiente de PET, carton, și este de tipul PP 1207 producție Germania, cu forța maximă de 50 tone forță. Camera de presare este cu alimentare frontală prin ușa culisantă mediană (vezi fig.6.15).

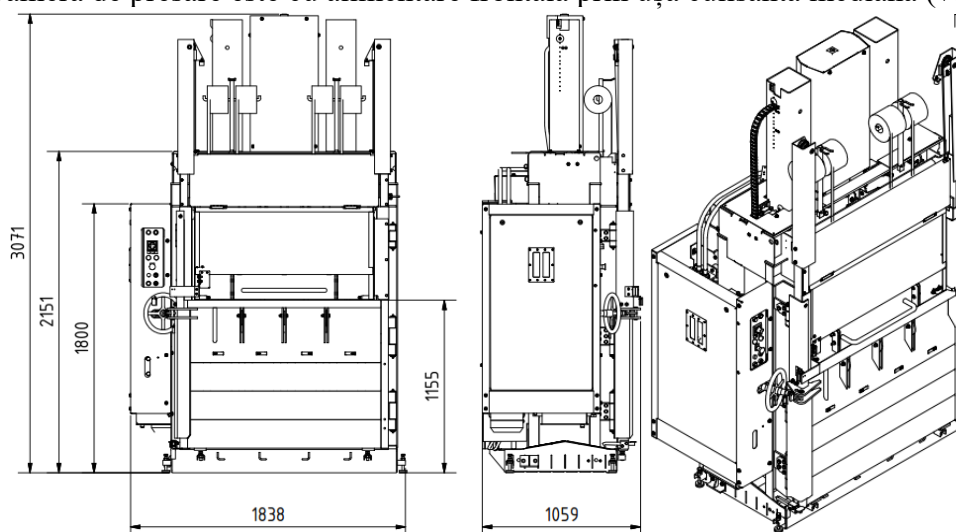


Fig.6.15. Presă de balotat cu flux vertical PP-1207, Strautmann

Balotul se formează prin alimentări și compactări succesive și acesta este legat prin 4 benzi, înainte de a fi evacuat din camera de compactare. Scopul compactării și obținerii balotului este reducerea volumului deșeurilor pentru o depozitare economică și transport cu greutate/volum optim în vederea prelucrărilor ulterioare.

Schema de montaj a aparatului este aceeași ca și la compactarea recipientelor PET, dar presa utilizată este diferită, aspecte din timpul determinării experimentale fiind prezentate în fig.6.16.



Fig.6.16. Presa pentru experimente și balotul legat obținut după compactare/balotare



Fig.6.17. Aspecte din timpul determinării experimentale la compactarea cartoanelor

În experimentele privind compactarea deșeurilor de carton s-a utilizat material sortat format din carton de diverse forme, fiecare proba a fost cântărită și introdusă în camera de compactare. Umiditatea nu a fost măsurată, deoarece în realitate, în industria deservurilor acestea sunt depozitate în hale acoperite și având umiditatea atmosferică dată de condițiile normale.

Datele experimentale obținute au fost stocate în forma tabelară, acestea fiind generate cu continuitate atâta timp cât presa a fost în funcțiune (Tabelul 6.5). În tabel sunt prezentate variațiile forței de compactare în funcție de distanța de deplasare a plăcii de compactare față de un punct superior fix de pe capacul presei pentru 7 probe, dar și masa acestora. Prelucrarea datelor poate aduce rezultate favorabile în vederea modelării procesului de presare a deșeurilor de carton.

În camera de presare s-a introdus inițial 11.5 kg de deșeurii din carton, volumul fiind calculat pe baza dimensiunilor transversale ale camerei de presare și a înălțimii camerei la momentul atingerii cartoanelor de către placa de presiune, acesta fiind de circa 0,2 m³. În cele din urmă s-a acționat cilindrul de presare. După o primă presare, atunci când este atinsă presiunea maximă în sistem un senzor inversează cursa pistonului și în camera de presare s-a adăugat, peste cele 0,2 m³ de deșeu de carton, încă 0,2 m³, respectiv încă 11,5 kg deșeurii de carton presat (vezi tabelul 6.5).

Tabelul 6.5

Variația forțelor de presiune cu deplasarea pistonului de compactare pentru cele șapte probe

Timp, (s)	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7	
	V= 0,2 m ³ m = 11,5 kg		V= 0,4 m ³ m = 23 kg		V= 0,6 m ³ m = 34,5 kg		V= 0,8 m ³ m = 46 kg		V= 1,0 m ³ m = 57,5 kg		V= 1,2 m ³ m = 69 kg		V= 1,3 m ³ m = 80,5 kg	
	Deplasare (mm)	Forță (daN)	Deplasare (mm)	Forță (daN)	Deplasare (mm)	Forță (daN)	Deplasare (mm)	Forță (daN)	Deplasare (mm)	Forță (daN)	Deplasare (mm)	Forță (daN)	Deplasare (mm)	Forță (daN)
1	1323	457	1234	258	1302	153	1278	193	905	128	915	148	1184	278
2	1244	633	1035	912	1042	914	1235	258	838	390	848	410	985	932
3	1099	705	975	980	991	982	1194	372	760	458	770	478	925	985
4	958	742	896	992	892	992	1111	416	692	510	702	530	846	997
5	810	772	824	980	817	981	1026	521	626	563	636	583	774	985
6	645	960	758	967	748	962	950	586	555	631	565	602	708	972
7	523	955	671	968	668	961	902	632	479	766	489	646	621	973
8	385	968	595	966	602	965	868	662	418	802	428	701	545	971
9	231	980	523	967	510	968	802	706	336	861	346	782	473	972
10	183	979	432	967	422	968	725	803	267	912	277	893	382	972
11			347	966	342	970	630	852	236	983	246	978	297	971
12			271	977	270	975	529	876					221	982
13			233	977	231	977	336	921					183	982
14							237	961						
15							183	979						
Energie	673 J		1544 J		1536 J		1292 J		1065 J		1027 J		1554 J	

Având la dispoziție datele din tabelul 6.5 s-au trasat grafic (în Excel) curbele de variație ale forțelor rezistente în funcție de deplasarea plăcii de compactare, pentru toate cele 7 probe menționate mai înainte, astfel că balotul rezultat a avut circa 80,5 kg.

Se constată că variația forței rezistente cu deplasarea plăcii de presiune nu urmează o traiectorie prestabilită, chiar dacă în principiu este o curbă cu pantă ascendentă, forța rezistentă depinzând de modul de așezare aleatoriu a cartoanelor în camera de presare, cu goluri repartizate

neuniform între cartoanele introduse în presă. Există multe curbe la care, după ce s-a atins forța maximă rezistentă, aceasta rămâne relativ constantă în principal și modului de realizare a circuitului hidraulic al presei.

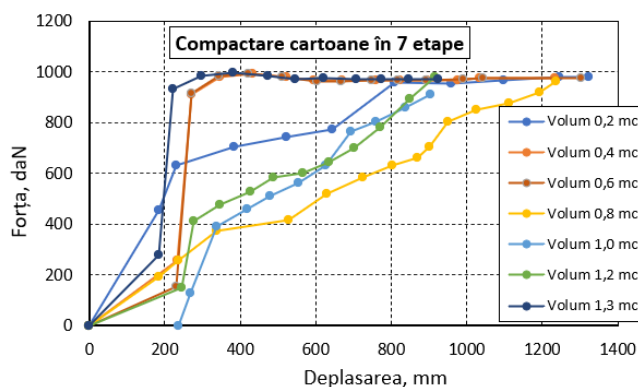


Fig.6.18. Variația forță – deplasare la încărcarea presei cu carton presat în 7 etape similare

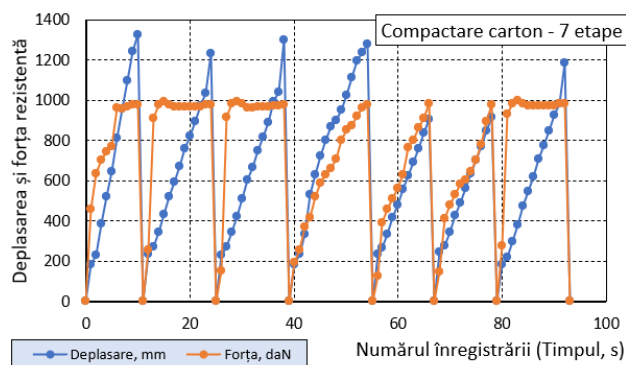


Fig.6.19. Variația forțelor de presiune și a deplasării plăcii de presiune la compactarea cartoanelor

Din analiza datelor din tabel și a graficelor din fig.6.19, se observă că deplasarea plăcii de presiune atinge valori relativ mari nu numai la primele etape ale compactării, dar și în faza finală a compactării, chiar dacă cea mai mare valoare a deplasării s-a atins la prima comprimare (circa 1323 mm), cursa de la care încep înregistrările forței rezistente la compactare având valori minime de circa 183-236 mm. Valorile forței rezistente la compactare se situează la valori cuprinse între 977 – 983 daN, ceea ce înseamnă că la valori mai mari intră în funcțiune senzorul de rezistență din circuitul hidraulic iar acesta dă semnal de retragere a plăcii de presiune.

Pe baza graficelor trasate în programul MS Office Excel, au fost determinate suprafețele de sub curbele forță-deplasare (fig.6.18) care reprezintă energia consumată în fiecare etapă a procesului de compactare, iar valorile acesteia sunt prezentate la partea de jos a tabelului 6.5.

E constată că cel mai mic consum de energie este la prima compactare, când în incinta presei este o cantitate mică de cartoane, în etapele următoare energia consumată crescând cu cantitatea de cartoane adăugată și cu parametrii procesului – forță–deplasare.

Totuși, așezarea cartoanelor în incinta presei are și ea un rol determinant, aceasta având un caracter aleatoriu.

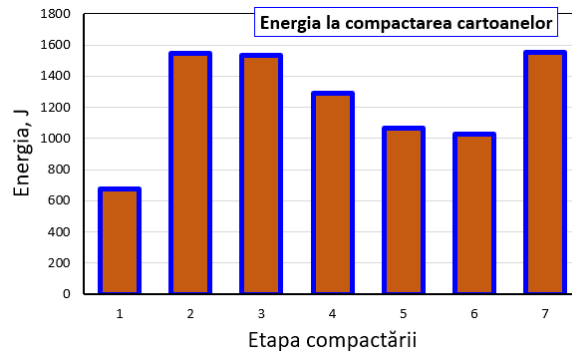


Fig.6.20. Variația energiei la compactarea cartoanelor în cele 7 etape ale compactării

La reprezentarea separată a cursei plăcii de presiune, simultan pentru cele 7 etape ale comprimării se observă mai bine panta ascendentă a cursei în corelație cu timpul de increment, care a fost setat la 1 secundă (fig.6.21).

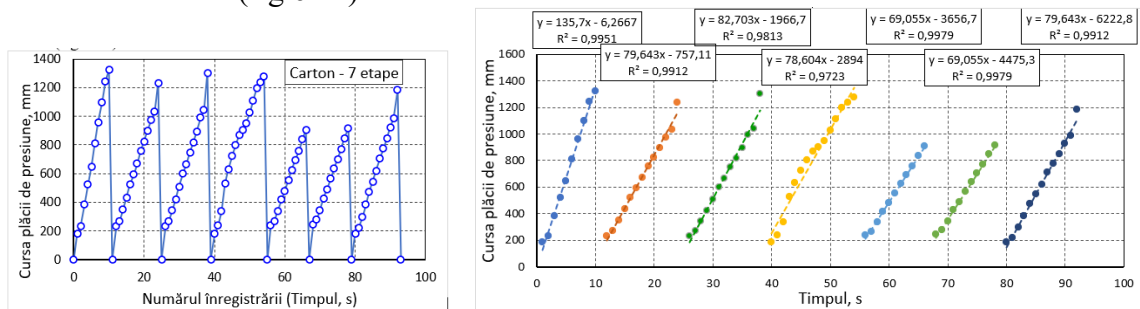


Fig.6.21. Variația cursei plăcii de presiune la compactarea cartoanelor în cele 7 etape

Totodată, chiar dacă tendința este clar liniară (așa cum arată valorile coeficientului de regresie $R^2 \geq 0,9723$), viteza de deplasare a plăcii nu este una constantă, aceasta depinzând de rezistența întâmpinată în timpul compactării și de așezarea aleatorie a cartoanelor, iar circuitul hidraulic reglează viteza în funcție de forța sesizată. Se constată că viteza are o valori între 69 mm/s (etapele 5 și 6) și 135,7 mm/s (la prima etapă a compactării). Practic, compactarea propriu-zisă începe de la momentul sesizării materialului de către placa de presiune în cursa descendentă a acesteia.

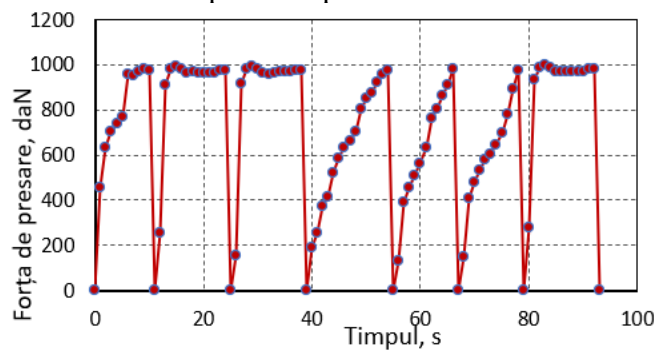


Fig.6.22. Variația forțelor de presiune la compactarea deșeurilor din carton

Atât din fig.6.19, cât și din fig.6.22, se observă diferențele între variațiile forței de presare în timpul celor șapte etape ale compactării cartoanelor până la momentul legării balotului.

Înregistrările de date arată constanța volumului de deșeurii de carton introduse/adăugate în camera de presare la fiecare etapă a compactării, respectiv creșterea constantă a cantității introduse. Pe baza volumului de material din camera de presare și a volumului acestuia în stare vrac (așezat în camera de presare), se observă, de asemenea, constanța masei volumice a materialului (fig.6.23).

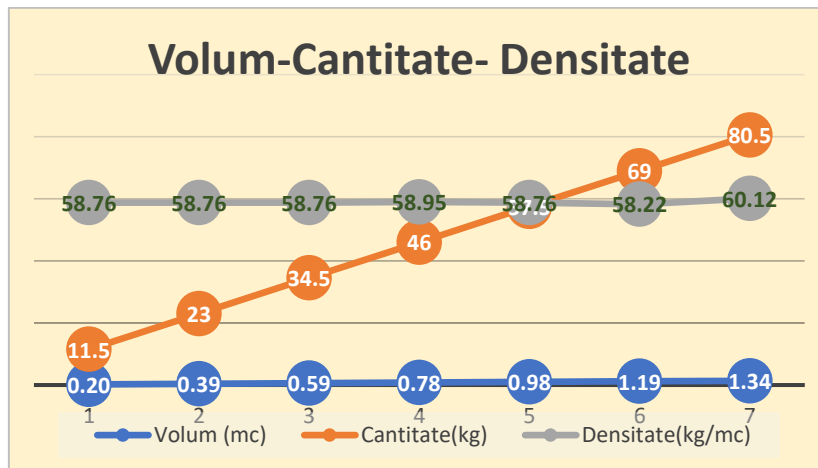


Fig.6.23. Variația cantității de material, a volumului și a masei volumice la momentele inițiale ale etapelor compactării deșeurilor din carton

6.5. Determinări experimentale privind compactarea deșeurilor folosind prese fixe cu flux pe orizontală

Presele orizontale pentru compactarea și balotarea deșeurilor voluminoase, reciclabile, sunt astfel concepute încât să asigure tot fluxul necesar, de la alimentarea cu deșeuri în vrac până la evacuarea baloților legați.



Fig.6.25. Vedere de ansamblu a preseii orizontale pentru baloți din deșeuri reciclabile

Presa orizontala MAC 107/1 (fig.6.25), utilizată în experimentele noastre, este o presa de balotat pentru deșeuri solide municipale, deșeuri comerciale și industriale. Poate balota atât deșeuri reciclabile din plastic (butelii din PET sau folii diverse), carton și aluminiu, dar și deșeuri municipale solide nesortate cu diverse conținuturi de materiale organice sau deșeuri voluminoase. Presa prezintă un raport optim între forța de împingere și viteza de compactare, având un mecanism pe canalul de evacuare prevăzut pentru a regla densitatea balotului. Se utilizează, de regulă, în stațiile de transfer și depozitele de gunoi, acolo unde se recuperează în fază finală aceste materiale. Desigur că balotarea deșeurilor, poate fi făcută și pentru a utiliza la maxim un spațiu de depozitare.

Dacă analizăm forțele din cilindrul hidraulic în timpul unui ciclu de lucru, în raport cu distanța parcursă, putem identifica energia consumată în proces. În consecință aria de sub cele două curbe (ascendent – descendent) reprezintă energia pe faza de compactare, respectiv pe faza de retragere a pistonului. Energia înmagazinată în balotul care se formează este reprezentată de aria suprafeței dintre cele două curbe, obținută prin diferență între aria suprafețe de sub curba ascendentă și aria curbei de sub curba descendentă.

Pentru ciclul P5 de formare a balotului, curbele respective sunt prezentate în fig.6.29 and 6.30.

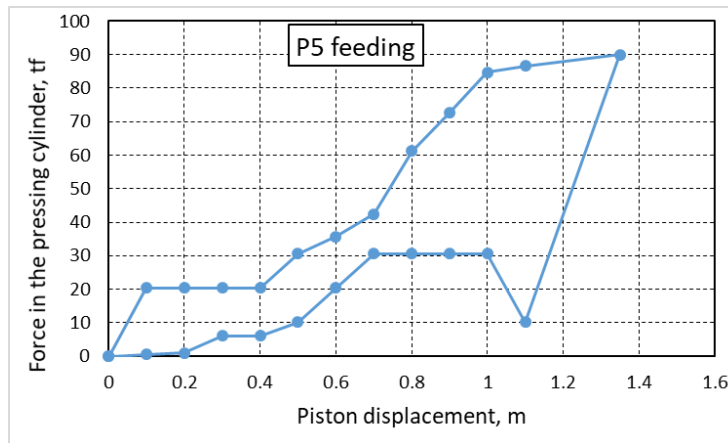


Fig.6.30. Variația forței din cilindrul de lucru în raport cu deplasarea pistonului de compactare

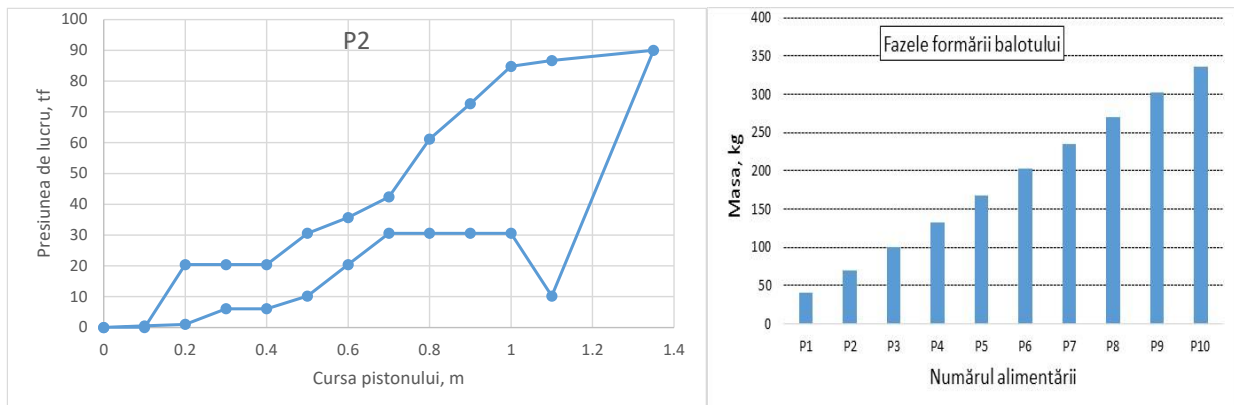


Fig.6.29. Variația forței în cilindrul de lucru în timpul unui ciclu de compactare-retragere

Din cele menționate în lucrare se poate vedea că forța în cilindrul hidraulic de presare a materialului crește continuu în cursa activă (cursa de presare), iar după atingerea valorii maxime (la finalul cursei de presare) scade brusc la o valoare minimă, dar datorită destinderii materialului revine la o valoare puțin mai mare, menținându-se relativ constantă pe o lungime de circa 0.3 m, iar apoi scade continuu până la retragerea definitivă a pistonului și reluarea unei noi curse, respectiv a unei noi realimentări cu o șarja nouă de material

Din experimentele noastre, consumul specific de energie la balotarea buteliilor alimentare din PET a fost de circa $1.12 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, pentru baloți formați în zece cicluri, având masa netă după legare de peste 335 kg. Această valoare este orientativă, deoarece pentru alte categorii de deșuri reciclabile balotate și alte reglaje la panoul preseii orizontale este foarte probabil ca valoarea acestei energii specifice să fie diferită

6.6. Optimizarea dimensională a pieselor de uzură ale sistemului de ghidare a plăcii de presare

Deoarece componenta cu cea mai mare rată de defecțiune din ansamblul de compactare a deșeurilor menajere este piesa de uzură (introdusă de 8 ori în acest ansamblu), s-a considerat oportun ca studiul de optimizare dimensională să fie realizat pe ea. Scopul fiind de fapt acela de a i se mări durata de viață, conducând la un cost de întreținere mai mic al autogunoierei.

Astfel, în condițiile date, s-a considerat că îmbunătățirea dimensională trebuie făcută în sensul reducerii tensiunii echivalente din piesa de uzură.

În acest scop, în modulul „Design Study”, s-au selectat cotele care pot fi variabile, în cazul de față cotele de lungime (300 mm), lățime (100 mm) și grosime (40 mm) a piesei de uzură. În fig.6.24 este prezentată interfața modulului „Design Study”, cotele care pot fi variabile, constrângerile și obiectivul studiului.

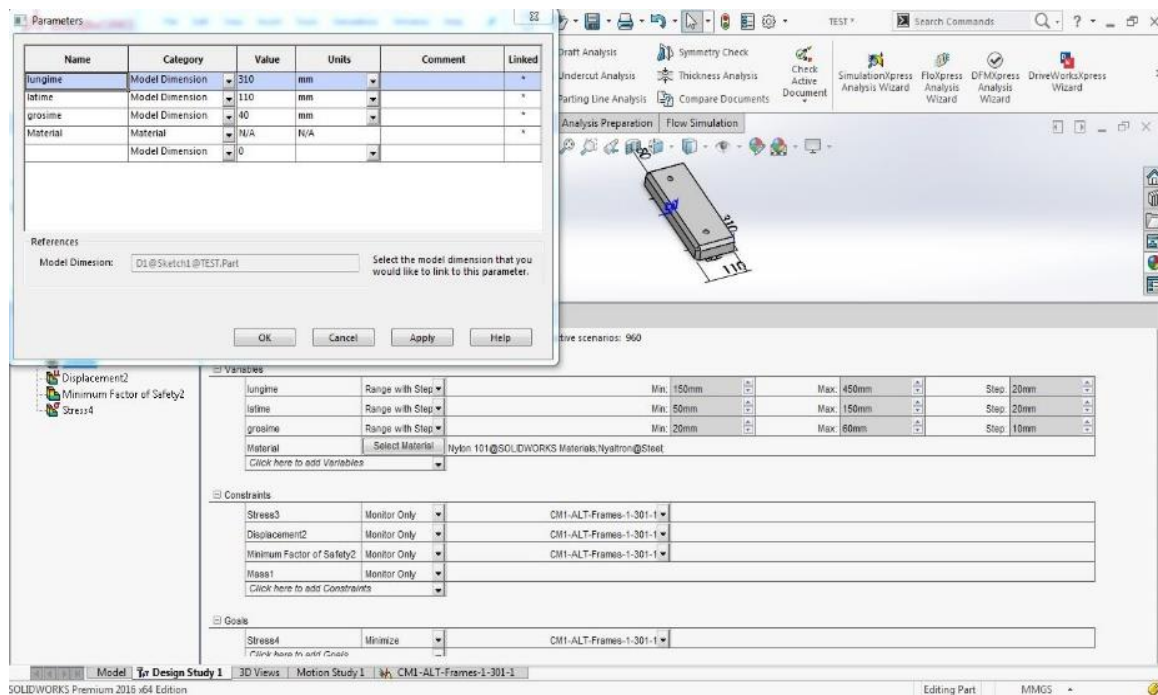


Fig.6.24. Interfața modulului „Design Study” din SolidWorks 2016

După selectarea cotelor s-au precizat senzorii (denumire specifică programului utilizat) pentru monitorizarea masei piesei de uzură, a tensiunii echivalente Von Mises, a factorului de siguranță și a deplasării în corpul piesei de uzură, aceștia urmând să utilizeze datele din analiza cu element finit. Ulterior, în modulul „Design Study” a fost stabilit domeniul în care pot varia cotele selectate și pasul acestora. Astfel, cota de lungime a fost setată să varieze între 150 mm și 450 mm cu pasul de 20 mm, lățimea piesei de uzură (cota de 100 mm) să varieze între 50 mm și 150 mm cu pasul de 20 mm, grosimea piesei de uzură (cota de 40 mm) să varieze între 20 mm și 60 mm din 10 în 10 mm. În plus, s-a impus și ca materialul să varieze fiind selectate materialele Nyaltron și Nylon 101.

De asemenea, constrângerile setate au fost doar de monitorizare pentru: masa piesei de uzură, a tensiunii echivalente Von Mises, a factorului de siguranță și a deplasării în corpul piesei de uzură. Obiectivul studiului constă în minimizarea tensiunii echivalente Von Mises.

După precizarea tuturor parametrilor și setărilor, programul utilizat a stabilit 962 de scenarii posibile, obținute prin combinarea celor 3 cote variabile în domeniile impuse și luând în considerare pasul setat, dar și prin considerarea celor două tipuri de material pentru piesa de uzură.

După rularea simulării programul a stabilit combinația optimă dintre valorile celor trei cote variabile și a celor două materiale, ținând cont de constrângeri și de obiectivul declarat.

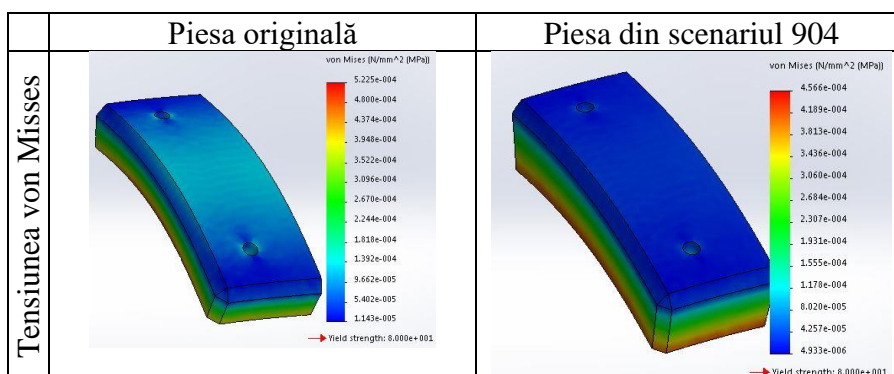
802 of 962 scenarios ran successfully, Design Study Quality: High

		Current	Initial	Optimal (960)	Scenario 903	Scenario 904	Scenario 905	Scenario 906	Scenario 907	Scenario 908	Scena
lungime		290mm	150mm	450mm	270mm	290mm	310mm	330mm	350mm	370mm	390mm
latime		90mm	70mm	150mm	90mm	90mm	90mm	90mm	90mm	90mm	90mm
grosime		60mm	20mm	60mm	60mm	60mm	60mm	60mm	60mm	60mm	60mm
Material	List of Materials	Nyaltron @Steel	Nyaltron @Steel	Nyaltron @Steel	Nyaltron @Steel	Nyaltron @Steel	Nyaltron @Steel	Nyaltron @Steel	Nyaltron @Steel	Nyaltron @Steel	Nyaltron @Steel
Stress3	Monitor Only	0.0006 N/mm ²	0.0042 N/mm ²	0.00024 N/mm ²	0.00064 N/mm ²	0.0006 N/mm ²	0.00056 N/mm ²	0.00053 N/mm ²	0.0005 N/mm ²	0.00047 N/mm ²	0.00045
Displacement2	Monitor Only	7.73e-005mm	4.054e-005mm	1.139e-005mm	4.109e-005mm	7.73e-005mm	1e-005mm	1e-005mm	1e-005mm	1e-005mm	2.475e-1
Minimum Factor of Safety2	Monitor Only	133589.937500	19048.250000	340040.031250	124393.523438	133589.937500	143076.750000	151332.656250	160569.343750	169324.046875	178180.
Mass1	Monitor Only	1759.29 g	217.807 g	4624.49 g	1635.17 g	1759.29 g	1883.41 g	2007.53 g	2131.65 g	2255.77 g	2379.89
Stress4	Minimize	0.0006 N/mm ²	0.0042 N/mm ²	0.00024 N/mm ²	0.00064 N/mm ²	0.0006 N/mm ²	0.00056 N/mm ²	0.00053 N/mm ²	0.0005 N/mm ²	0.00047 N/mm ²	0.00045

Fig. 6.25. Rezultatele simulării pentru îmbunătățirea dimensională

În fig. 6.25 este prezentat un extras din rezultatele simulării. Așa cum era de așteptat, scenariul optim sugerează mărirea cotelor către maximul intervalului (450 mm lungime, 150 mm lățime și 60 mm grosime) cu utilizarea materialului Nyaltron. Evident, acest lucru va conduce la o rigidizare a piesei de uzură având ca rezultat o comportare mai bună în condiții de solicitări dinamice (extrase din simularea dinamică din subcapitolul 5.4). Are însă dezavantajul că vor crește prețurile de producție ale piesei de uzură, fiind folosit mai mult material în corpul ei.

Derulând, însă, prin scenariile posibile, ne atrage atenția scenariul 904 care prevede o micșorare cu 10 mm a lungimii și lățimii piesei de uzură (lungime 290 mm și lățime de 90 mm) concomitent cu o mărire a grosimii piesei de uzură (de la 40 mm la 60 mm). În figura de mai jos sunt prezentate comparativ tensiunile von Mises, factorul de siguranță și deplasările pentru piesa originală și pentru piesa din scenariul 904.



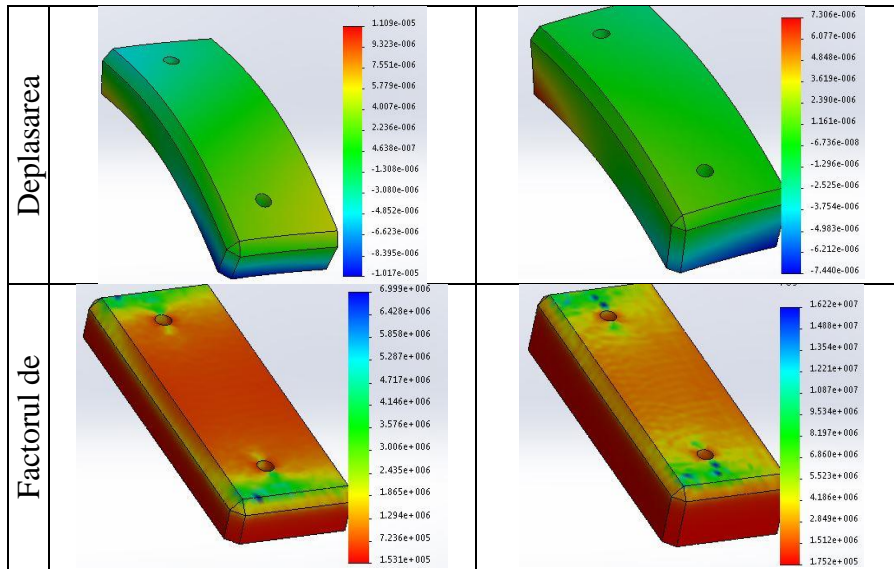


Fig. 6.26. Tensiunea von Misses, deplasarea și factorul de siguranță pentru piesa originală și pentru piesa din scenariul 904

Se poate observa că dacă se modifică ușor geometria piesei, tensiunea maximă von Misses a piesei de uzură va scăde de la $5,225 \cdot 10^{-4}$ MPa la $4,556 \cdot 10^{-4}$ MPa, deplasarea maximă în piesă va scăde de la $1,109 \cdot 10^{-5}$ mm la $7,306 \cdot 10^{-6}$ mm iar factorul minim de siguranță al piesei va crește, rezultatul fiind acela că se va mări durata de viață a piesei de uzură.

Mai trebuie menționat că materialul recomandat de software este Nyaltron, iar masa piesei de uzură se va mări cu aproximativ 170 g.

Pentru asigurarea siguranței în funcționare s-a efectuat și un studiu la oboseală ciclică a modelului nou obținut cu datele rezultate în cadrul studiului de optimizare. Pentru studiu s-a folosit curba de oboseală din fig. 4.

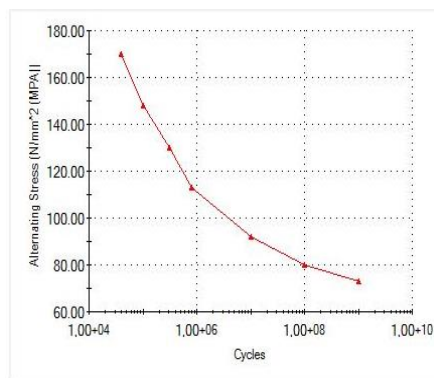


Fig. 6.27. Curba de oboseală pentru Nyaltron, [128]

Au fost considerate solicitările din simularea dinamică și pentru determinarea gradului de uzură al piesei s-a considerat un număr de 10^5 cicluri de funcționare. Se observă din figura de mai jos că în zona de prindere cu șuruburi uzura este de 90% după 10^5 cicluri de funcționare, iar pe fața inferioară, datorită în principal solicitării de frecare, ajunge la aproximativ 75% după același număr de cicluri.

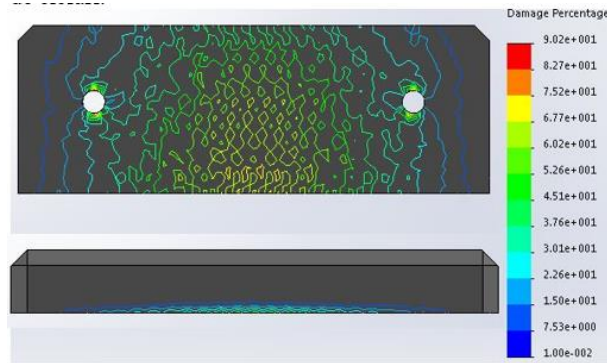


Fig. 6.28 . Procentul de uzură al piesei de uzură, obținute în urma studiului de optimizare dimensională, după 10^5 cicluri de funcționare (vedere laterală și vedere de jos)

Spre comparație, după același număr de cicluri de funcționare, piesa originală ajungea în același zone (și pe aceleași straturi pe grosimea ei) la uzuri de 250%, de aproximativ 3 ori mai mult, vezi fig. 6.29

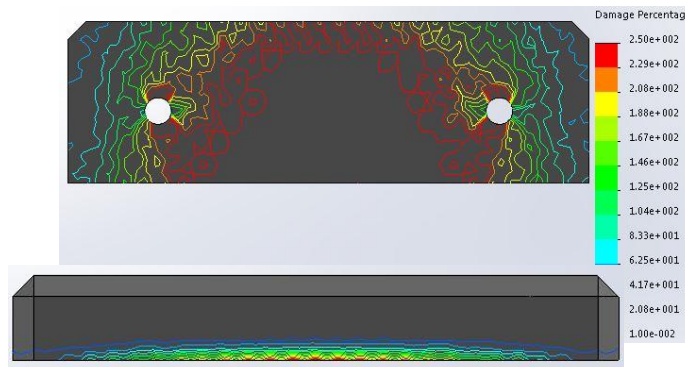


Fig. 6.29 Procentul de uzură al piesei de uzură cu cotele originale, după 10^5 cicluri de funcționare (vedere laterală și vedere de jos)

Concluzia în urma calculului de optimizare este: dacă se reduce lungimea piesei de uzură de la 300 mm la 290 mm, lățimea de la 100 mm la 90 mm, iar grosimea se mărește de la 40 la 60 mm, se vor reduce tensiunile von Mises și deplasările în piesă, micșorându-se uzura piesei cu până la de 3 ori la același număr de cicluri de funcționare.

CAPITOLUL 7. CONCLUZII FINALE. CONTRIBUȚII PERSONALE. RECOMANDĂRI ȘI PERSPECTIVE DE CERCETARE

7.1. Concluzii finale privind cercetările teoretice și experimentale

Procesul de compactare mecanică a deșeurilor se face cu scopul :

- reducerii volumului
- densificării
- balotării
- extragerii lichidului (dezumidificare).

Determinarea și analiza mișcării organelor de lucru a acestor mecanisme este necesară pentru buna înțelegere a funcționării lor, dar mai ales în vederea reproiectării și îmbunătățirii parametrilor funcționali ai acestora pentru o funcționare fără pierderi de material și cu consumuri mici de energie.

Din studiile efectuate, căutăm să determinăm relația între presiunea aplicată materialului (deșeurilor) în camera de compactare și densitatea (densificarea) materialului .

Simularea dinamică a adus rezultate care se verifică în realitate , privind comportamentul mecanic al componentelor studiate

În viitor, trebuie să facem o analiză complexă a echipamentului de compactare, aceasta fiind necesară pentru un sistem cu date dinamice, ținând cont și de influența șasiului asupra mișcării organelor active.

7.2. Recomandări și perspective de cercetare

Pentru viitoarele activități de cercetare în domeniu se recomandă:

1. Continuarea cercetării procesului de lucru al utilajelor de compactat deșeuri în vederea stabilirii influenței diferiților parametri structurali și funcționali ai sistemelor asupra parametrilor de proces (consum de energie, calitate material compactat) ai acestora.
2. Continuarea și extinderea cercetărilor privind comportarea materialului de compactat în timpul procesului de compactare, prin analize specifice de laborator.
3. Realizarea unor modele de lucru ale procesului de compactare a deșeurilor.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. Afzalina S., Modeling and validation of the baling process în the compression chamber of a large square baler, Ph.D thesis, 2005, University of Saskatchewan, Canada
2. Afzalina S., Roberge M., Modeling of the pressure-density relationship în a large cubic baler, Journal of Agricultural Science and Technology, 2013, 15(1), pp. 35-44.
3. Akcaozoglu S., Atis C.D., Akcaozoglu K., An investigation on the use of shredded waste PET bottles as aggregate în lightweight concrete, Waste Management, 2009, 30(2), pp. 285-290.
4. Akinola A., Adeyemi I., Adeyinka F., A Proposal for the management of plastic packaging waste, Journal of Environmental Science Toxicology and Food Technology, 8(1), 2014, pp.71-78;
5. Akkaya A.V., Effect of bulk modulus on performance of a hydrostatic transmission control system, Sadhana, 2006, vol.31, Part. 5, 543–556, <https://doi.org/10.1007/BF02715913>.
6. Al Azkawi A.S., Sivakuma N., Al Bahr S., Bioprocessing of cardboard waste for cellulase production, Biomass Conversion and Biorefinery, 2018, vol.8, pp.597–606, <https://doi.org/10.1007/s13399-018-0309-7>
7. Antonescu N.N., Antonescu N., Stanescu P., Popescu L., Gestiunea și tratarea deșeurilor urbane. Gestiunea regională, Ed.MatrixRom, București, 2006
8. Archana A., Moses V., Sagar S., Shivraj V., Chetan S., A Review on processing of waste PET (Polyethylene Terephthalate) plastics, International Journal of Polymer Science Engineering, vol. 1, iss. 2, 2015, pp.1-13.
9. Arlosoroff S., Developing countries struggling with waste management policies, Waste Management & Research, 1991, vol.9(1), pp.491-494, doi: 10.1177/0734242X9100900169
10. Babiciu P., Scripciu V., Frățilă Al., Sisteme hidraulice ale tractoarelor și mașinilor agricole, Ed. Ceres, 1984, București
11. Brubaker J.E., Pos. J., Determining static coefficients of friction of grains on structural surfaces, Transactions of the ASAE, 1965, 8(1), pp.53-55.
12. Fang H.-Y., Chaney R.C., Introduction to environmental geotechnology, 2nd Edition, CRC Press, 2017, Boca Raton, Fla.
13. Feher G., Evacuarea și valorificarea reziduurilor menajere, Editura Tehnică, 1982
14. Ferrero A., Horabik J., Molenda M., Density-pressure relationship în compaction of straw. Canadian Agricultural Engineering, 1990, 33(1), pp.107-111.
15. Fitch E.C., Hong I.T., Hydraulic component design and selection, 1998, Oklahoma, BarDyne Inc., https://books.google.ro/books/about/Hydraulic_Component_Design_and_Selection.html?id=aMy9AAAACAAJ&redir_esc=y

16. Foolmaun R.K., Ramjeawon T., Disposal of post-consumer polyethylene terephthalate (PET) bottles: Comparison of five disposal alternatives in the small island state of Mauritius using a life cycle assessment tool, *Environmental Technology*, 2012, 33(4-6), pp.563-572.
17. Gabr M.A., Valero S.N., Geotechnical properties of municipal solid waste, *Geotechnical Testing Journal (ASTM International)*-Vol. 18, Iss. 2, pp 241-251.
18. Gavali S., Patil R.J., Design, Analysis and Manufacturing of Garbage compactor, *International Engineering Research Journal (IERJ)*, Special Issue, 2015, pp.2796-2799.
19. Gulseven O., Ashkanani S., Abdullah S., Ismaeil H., Alkandari H., Baroun M., A sustainable model for enhancing road quality with recycled plastic bags, *Kuwait Journal of Science*, 2019, 46(4), pp.112-119.
20. Ivanova T., Muntean A., Havrland B., Pobedinsky V., Theoretical modelling of the briquetting process with different pressing equipment, *Agronomy Research*, 2013, 11 (1), pp.47–52.
21. Jankauskaite V., Lygaitis G., Lygaitis R., Polyethylene terephthalate waste recycling and application possibilities: a Review, *Materials Science*, 2008, 14(2), pp.119-127;
22. Jankovic Pantic J., Rakic D., Basaric Ikodinovic I., Tina Duric, Hadzi-Nikovic G., Geotechnical effects of municipal solid waste destruction with different compaction, *Engineering Sciences*, 2022, Vol. 75, iss. 1, <https://proceedings.bas.bg/index.php/cr/article/view/13>
23. Koneczny K., Pennington D.W., Life cycle thinking in waste management: Summary of European Commission's Malta 2005 workshop and pilot studies, *Waste Management*, 2007, vol.27, iss.8, pp. S92-S97.
24. Kuhlman T., Farrington J., What is Sustainability?, *Sustainability*, 2010, vol.2, 3436–3448.
25. Lawton P.J., Marchant J.A., Direct shear testing of seeds in bulk. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 1980, 25, pp.189-201
26. **Lazea M.-B.**, Constantin G.-A., Voicu Gh., Mușuroi G., Stefan E.-M., Munteanu M.-G., Zăbavă B.-S., Using hydraulic presses for finding the stiffness variation of the waste materials - experiments for calibrating simulations, *U.P.B. Sci. Bull., Series D*, 2022, Vol. 84, Iss. 4, 251-262.
27. **Lazea M.-B.**, Constantin G.A., Stoica D, Voicu Gh, *FEM structural analysis for wear parts supporting counterpressure plate from a municipal solid waste truck*, *Romanian Journal of Materials – RRM*, 2020, 50(2), pag. 283-293
28. **Lazea M.-B.**, Sisteme de compactare a deșeurilor prin translație, în amplasare mobilă sau staționară, Raport științific 1 la doctorat, Universitatea Politehnica din București, 10 iulie 2018
29. **Lazea M.-B.**, Sinteza cercetărilor teoretice și experimentale pe plan mondial cu privire la parametrii constructivi, funcționali și energetici ai sistemelor de compactare prin translație a deșeurilor, Raport științific 2 la doctorat, Universitatea Politehnica din București, 12 decembrie 2018
30. **Lazea M.-B.**, Voicu Gh., Constantin G.A., Tudor P., Zabava B.S., *Some aspects regarding compaction of plastic bottles in stationary vertical presses*, 20th Int. Sci. Conference Engineering for Rural Development Proceedings, 2021, Vol. 20, Jelgava, Latvia, pp.174-180
31. **Lazea M.-B.**, Voicu Gh., Constantin G.-A., Zabava B.-S., Tudor P., Translation compaction systems used in waste collection and transportation, *Acta Technica Corviniensis - Bulletin of Engineering*, 2021, Tome XIV, Fasc. 1, pp. 97-100.
32. **Lazea M.-B.**, Aspecte și contribuții teoretice privind proiectarea, construcția și procesul de compactare a deșeurilor prin translație în structuri cu secțiuni dreptunghiulară, Raport științific 3 la doctorat, Universitatea Politehnica din București, 27 iunie 2019
33. **Lazea M.-B.**, Cercetari experimentale privind compactarea mecanica a deșeurilor în prese cu amplasare fixă sau mobilă, Raport științific 4 la doctorat, Universitatea Politehnica din București, 12 decembrie 2019
34. **Lazea M.-B.**, Cercetari experimentale privind compactarea mecanica a deșeurilor. Prelucrarea datelor experimentale, Raport științific 5 la doctorat, Universitatea Politehnica din București, 18 iunie 2019

35. Lela B., Barisic M., Nizetic S., Cardboard/sawdust briquettes as biomass fuel: Physical-Mechanical and thermal characteristics, Waste management, 2016, Vol. 47, Part B, pp.236-245,
- 111,b. Voicu Gh., **Lazea M.-B.**, Constantin G.A., Stefan E.M., Munteanu M.G., *Finite element analysis of the compaction plate from a garbage truck*, 9th International Conference on Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development - TE-RE-RD 2020, 2020, E3S Web of Conferences, 180(60): 04006
- 111,c. Voicu Gh., **Lazea M.-B.**, Tudor P., Zabava B.St., Moise V., Comparative analysis of the municipal waste collection and pre-compacting systems, Proc. of the Sixth International Conference “Research People and Actual Tasks on Multidisciplinary Sciences”, 2019, pp. 354-359, Lozenec, Bulgaria.
- 111,d. Voicu Gh., **Lazea M.-B.**, Zabava B.-S., Tudor P., Moise V., *Cinematical analysis of the pre-taking and pre-compacting mechanisms of some garbage trucks*, Journal of Engineering Studies and Research, 2019, Vol. 25, No. 2, pag.56-62.
- 111,e. Voicu Gh., **Lazea M.-B.**, Constantin G.-A., Tudor P., Stefan E.M., *Aspects regarding the compaction of cardboard waste in vertical presses with discontinuous flow*, INMATEH - Agricultural Engineering, 2022, Vol. 68, No. 3, doi: 10.35633/inmateh-68-63

Curriculum Vitae

Informații

Personale

Nume/Prenume **Mircea Bucur Lazea**
Adresa Pitesti, strada Vasile Militaru, nr 12, judetul Arges
Data nașterii 1 August 1967

2016-prezent

Funcția Manager Operational
Numele angajatorului RLG WASTE MANAGEMENT SYSTEMS ROMANIA
Managementul Deseurilor Bucuresti

2011-2016

Funcția Director Logistica
Numele angajatorului COMPANIA ROMPREST SERVICE

2000-2011

Funcția Director Logistica
Numele angajatorului VEL PITAR

1995-1999

Funcția Inginer mecanic
Numele angajatorului SILVA GRUP Pitesti

Educație și pregătire

Universitatea Politehnica din Bucuresti	Facultatea de Mecanica Agricola	1988-1993	Inginer Mecanic
---	---------------------------------	-----------	-----------------

Universitatea Politehnica din Bucuresti	Facultatea de Sisteme Biotehnice	2017-2023	Student doctorand inginerie mecanica
---	----------------------------------	-----------	--------------------------------------

Competențe și aptitudini

Personale

Limba maternă Română

Alte limbi

Limba	Citit	Vorbit	Scris
Engleza	4	3	4

Lista de lucrari

Ing.Mircea Bucur LAZEA

1. **Lazea M.-B.**, Constantin G.-A., Voicu Gh., Mușuroi G., Stefan E.-M., Munteanu M.-G., Zăbavă B.-S., Using hydraulic presses for finding the stiffness variation of the waste materials - experiments for calibrating simulations, U.P.B. Sci. Bull., Series D, 2022, Vol. 84, Iss. 4, 251-262.
2. **Lazea M.-B.**, Constantin G.A., Stoica D, Voicu Gh, *FEM structural analysis for wear parts supporting counterpressure plate from a municipal solid waste truck*, Romanian Journal of Materials – RRM, 2020, 50(2), pag. 283-293 (indexat ISI), WOS: 000538152900016, ISSN: 1583-3186, FI=0.542
3. **Lazea M.-B.**, Voicu Gh., Constantin G.A., Tudor P., Zabava B.S., *Some aspects regarding compaction of plastic bottles în stationary vertical presses*, 20th Int. Sci. Conference Engineering for Rural Development Proceedings, 2021, Vol. 20, Jelgava, Latvia, pp.174-180
4. **Lazea M.-B.**, Voicu Gh., Constantin G.-A., Zabava B.-S., Tudor P., Translation compaction systems used în waste collection and transportation, Acta Technica Corviniensis - Bulletin of Engineering, 2021, Tome XIV, Fasc. 1, pp. 97-100. Prezentat la 8th Int. Symposium Agricultural and Mechanical Engineering ISB-INMA Teh'2019, Bucharest, 31 October - 01 November 2019, și publicat în volumul simpozionului, pag.763-768, BDI – CABI, COPERNICUS, EBSCO;
5. **Lazea M.-B.**, Voicu Gh., Constantin G.-A., Tudor P., Aspects regarding the technological process of cardboard waste baling, Annals of Faculty Engineering Hunedoara, International Journal of Engineering, Tome XX, 2022, Fasc. 3, pp.185-190.
6. Moise V., Voicu Gh., **Lazea M.-B.**, Popa L., Tudor P., Dugăeșescu L., Ungureanu L., Kinetostatic analysis of the precompaction mechanism in municipal solid waste collecting equipment, INMATEH-Agricultural Engineering, 60 (1), p.295-302, 8p, indexat WOS:000535690100033, prezentat la 8th Int. Symposium Agricultural and Mechanical Engineering ISB-INMA Teh'2019, Bucharest, 2019, pp.317-324
7. Voicu Gh., **Lazea M.-B.**, Constantin G.A., Stefan E.M., Munteanu M.G., *Finite element analysis of the compaction plate from a garbage truck*, 9th International Conference on Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development - TE-RE-RD 2020, 2020, E3S Web of Conferences, 180(60): 04006, doi:10.1051/e3sconf/202018004006, BDI – Scopus

8. Voicu Gh., **Lazea M.-B.**, Tudor P., Zabava B.St., Moise V., Comparative analysis of the municipal waste collection and pre-compacting systems, Proc. of the Sixth International Conference “Research People and Actual Tasks on Multidisciplinary Sciences”, 2019, pp. 354-359, Lozenec, Bulgaria.
9. Voicu Gh., **Lazea M.-B.**, Zabava B.-S., Tudor P., Moise V., *Cinematical analysis of the pre-taking and pre-compacting mechanisms of some garbage trucks*, Journal of Engineering Studies and Research, 2019, Vol. 25, No. 2, pag.56-62, indexat Index Copernicus, ERIH PLUS, Google Academic, Publons
10. Voicu Gh., **Lazea M.-B.**, Constantin G.-A., Tudor P., Stefan E.M., *Aspects regarding the compaction of cardboard waste in vertical presses with discontinuous flow*, INMATEH - Agricultural Engineering, 2022, Vol. 68, No. 3, doi: 10.35633/inmateh-68-63
11. Voicu Gh., Moise V., Popa L., **Lazea M.**, Tudor P., Niculae L., Polena A., Kinematic analysis of mechanism, with articulated precompaction bars, of municipal solid Waste collecting machines, INMATEH-Agricultural Engineering, Vol. 59, No. 3, 2019, pp.93-100, DOI: 10.35633/INMATEH-59-10, WOS:000504038200011, prezentat la 8th Int. Symposium Agricultural and Mechanical Engineering ISB-INMA Teh’2019, Bucharest, 31 October - 01 November 2019, și publicat în volumul simpozionului pag.626-634, indexat BDI – CABI, COPERNICUS, EBSCO
12. Voicu Gh., **Lazea M.-B.**, Constantin G.-A., Tudor P., Zabava. B.S., Plastic waste behavior during compaction in horizontal press with continuous feeding, prezentat la 49th Int. Symposium Actual Tasks on Agricultural Engineering, 28 February – 2 March 2023, Opatija, Croatia (acceptat pentru publicare în volumul simpozionului)