

SYSTEM FOR MEASURING THE WALKING SPEED OF A HUMAN SUBJECT ON A FORCE PLATE

SISTEM DE MĂSURARE A VITEZEI DE DEPLASARE A SUBIECTULUI UMAN LA MERSUL PE O PLATFORMĂ DE FORȚĂ

Viorel GHEORGHE¹, Ana Maria VASILESCU^{2*}, Mirela PANTAZI²

¹"Politehnica" University – Faculty of Mechanical Engineering and Mechatronics, Bucharest, Romania, e-mail: viorel.gheorghe@gmail.com

²INCDTP – Division: Leather and Footwear Research Institute, 93 Ion Minulescu, Bucharest, Romania, e-mail: icpi@icpi.ro

SYSTEM FOR MEASURING THE WALKING SPEED OF A HUMAN SUBJECT ON A FORCE PLATE

ABSTRACT. This paper presents the development of a system for measuring the walking speed on a force plate that measures ground reaction. The walking speed measurement system must meet the following criteria: minimal impact on the force plate, easy installation/dismantling, speed must be detected "without contact" and speed of subject must be detected irrespective of the subject's clothing colour, it must provide the possibility of using several types of force plate, it must allow the addition of new functions and have a competitive price. Ground reaction force was measured using the AMTI's AccuGait force plate and the NetForce component, while analysis was performed using the BioAnalysis module. To assess the three components of the ground reaction force provided by the force plate, for a subject not wearing shoes, walking at different speeds, two measurement sessions were organized: placing optical barriers of the walking speed measurement system at distances of 2.5 m and 0.7 m, respectively. Upon analyzing the values obtained in this case study, we can observe an increase in values of the following components: vertical component, Fz, medio-lateral component, Fy and anterior-posterior component, Fx at the speed of 2.33 m/s, compared to those obtained at 0.6 m/s. By comparing values provided by the force plate with optical barriers of the walking speed measurement system placed at distances of 2.5 m and 0.7 m, respectively, very small differences can be noticed. Therefore, the position of optical barriers does not affect the measurement of ground reaction force components.

KEY WORDS: speed, walking, ground reaction force

SISTEM DE MĂSURARE A VITEZEI DE DEPLASARE A SUBIECTULUI UMAN LA MERSUL PE O PLATFORMĂ DE FORȚĂ

REZUMAT. În cadrul acestei lucrări se prezintă realizarea unui sistem de măsurare a vitezei de deplasare deasupra unei platforme de măsurare a reacțiunii solului. Sistemul de măsurare a vitezei de deplasare trebuie să respecte următoarele criterii: impact minim asupra platformei, permiterea unei montări/demontări facile, detecția vitezei să se realizeze „fără contact” și cea a subiectului să se realizeze indiferent de culoarea hainei subiectului, să ofere posibilitatea folosirii la mai multe tipuri de platforme de forță, să permită adăugarea unor noi funcții și să fie la un preț competitiv. Măsurarea forței de reacție a solului s-a realizat cu platforma AMTI's AccuGait, folosind componenta NetForce, iar analiza acesteaia s-a realizat cu modulul BioAnalysis. Pentru evaluarea celor trei componente ale forței de reacție a solului furnizate de platforma de forță, în cazul unui subiect ce nu poartă încălțăminte, mergând cu viteze diferite, au fost organizate două sesiuni de măsurare: amplasarea barierelor optice ale sistemului de măsurare a vitezei de mers la distanța de 2,5 m, respectiv 0,7 m. Analizând valorile obținute în acest studiu de caz, se poate observa o creștere a valorilor componentelor: verticale Fz, medio-laterale Fy și a celei antero-posterioare Fx la viteza de 2,33 m/s față de cele obținute la 0,6 m/s. Prin compararea valorilor furnizate de platforma de forță având barierele optice ale sistemului de măsurare a vitezei de mers la distanțele de 2,5 m și 0,7 m, se observă diferențe foarte mici. Deci, amplasarea barierelor optice ale sistemului nu influențează măsurarea valorilor componentelor forței de reacție a solului.

CUVINTE CHEIE: viteză, mers, forță de reacție a solului

SYSTÈME DE MESURER LA VITESSE DE MARCHE D'UN SUJET SUR UNE PLATEFORME DE FORCE

RÉSUMÉ. Dans cet article on présente le développement d'un système de mesurer la vitesse de marche sur une plateforme qui mesure la réaction du sol. Le système de mesurer la vitesse de marche doit répondre aux critères suivants : un impact minimal sur la plateforme, permettre un montage/démontage facile, la détection de la vitesse doit être "sans contact" et cela du sujet doit être détectée sans tenir compte de la couleur de l'habillement du sujet, fournir la possibilité d'utiliser plusieurs types de plateforme de force, permettre d'ajouter de nouvelles fonctions et d'avoir un prix compétitif. La force de réaction du sol a été mesurée avec la plateforme AccuGait de AMTI en utilisant le composant NetForce et on a effectué l'analyse en utilisant le module BioAnalysis. Pour évaluer les trois composantes de la force de réaction du sol fournis par la plateforme de force, pour un sujet marchant sans chaussures à des vitesses différentes, on a organisé deux sessions de mesure : en installant les barrières optiques du système de mesurer la vitesse de marche aux distances de 2,5 m et 0,7 m. L'analyse des valeurs obtenues dans cette étude de cas a montré une augmentation dans les composants suivants: le composant vertical Fz, le composant médio-latéral Fy et le composant antéro-postérieur Fx à une vitesse de 2,33 m/s, par rapport à celles obtenues à 0,6 m/s. En comparant les valeurs fournies par les barrières optiques du système de mesurer la vitesse de marche aux distances de 2,5 m et 0,7 m, on peut observer de petites différences. Donc, la position des barrières optiques du système n'affecte pas la mesure des valeurs des composantes de la force de réaction du sol.

MOTS-CLÉS: vitesse, marche, force de réaction du sol

* Correspondence to: Ana Maria VASILESCU, INCDTP – Division: Leather and Footwear Research Institute, 93 Ion Minulescu, Bucharest, Romania, e-mail: icpi@icpi.ro

INTRODUCTION

In order to scientifically design footwear for people with normal gait, who do not have severe pathologies, and thus contribute to optimization of methods of preventing medical complications manifested in the foot, it is necessary to use gait recording techniques and equipment. Previous studies have shown that measurement of plantar pressure [1] and ground reaction underlie the discovery of foot conditions, and walking speed is a crucial indicator in gait analysis. Measuring the walking speed in a clinical setting is carried out using various methods [2-3].

To measure the speed at which a subject is walking on a ground reaction measurement platform, it was necessary to create a system specifically for this purpose. The speed measurement system must meet a number of criteria:

- minimal impact on the force plate;
- easy installation/dismantling;
- speed must be detected "without contact";
- speed of subject must be detected irrespective of the subject's clothing colour;
- it must provide the possibility of using several types of force plate;
- it must allow the addition of new functions;
- competitive price.

METHOD

The starting point for building the speed measurement system when walking on the force plate that meets the above criteria was the Arduino Duemilanove prototyping platform, Figure 1 [4].

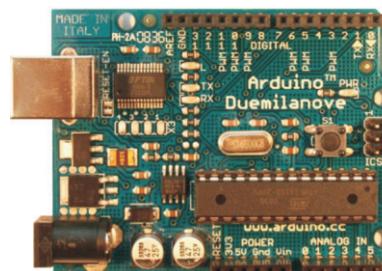


Figure 1. Arduinno Duemilanove prototyping platform [4]

Figura 1. Platforma prototipare Arduinno Duemilanove [4]

INTRODUCERE

În vederea proiectării pe baze științifice a încălțăminte destinate persoanelor cu mers normal, fără patologii severe, contribuind astfel la optimizarea metodelor de prevenție a complicațiilor medicale manifestate la nivelul piciorului, se impune utilizarea unor tehnici și echipamente de înregistrare a mersului. Studiile anterioare au arătat că măsurarea presiunilor plantare [1], a reacțiunii solului, stau la baza descoperirii problemelor picioarelor, iar viteza de deplasare este un indicator fundamental în analiza mersului. Măsurarea vitezei de deplasare într-un cadru clinic se realizează folosind diferite metode [2-3].

Pentru măsurarea vitezei cu care un subiect se deplasează deasupra unei platforme de măsurare a reacțiunii solului, a fost necesară crearea unui sistem în acest scop. Sistemul de măsurare a vitezei trebuie să respecte o serie de criterii:

- impact minim asupra platformei de forță;
- permiterea unei montări/demontări facili;
- detecția vitezei să se realizeze „fără contact”;
- detecția subiectului să se realizeze indiferent de culoarea îmbrăcămintei;
- să ofere posibilitatea folosirii la mai multe tipuri de platforme de forță;
- să permită adăugarea unor noi funcții;
- preț competitiv.

METODĂ

Pentru construirea sistemului de măsurare a vitezei de deplasare pe platforma de forță care să îndeplinească criteriile amintite mai sus, s-a pornit de la platforma de prototipare Arduino Duemilanove, Figura 1 [4].

This allows us to reduce design and implementation time of the adopted solution. To easily and safely connect most component elements of the system, a custom-made "Arduino" shield was created.

"No contact" detection of subject under the above conditions is carried out by two WE-M4D optical sensors, each containing a modulated light transmitter and an optical receiver, respectively. Transmitted light is reflected in a reflector and captured by the receiver. If the luminous flux is interrupted by an object interposed between the transducer and the reflector, the transducer sends a logical signal "1" for as long as the luminous flux is disrupted, Figure 2 [5].

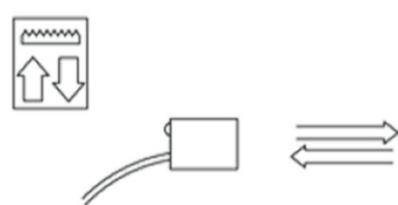


Figure 2. WE-M4D retro-reflective optical sensor [5]

Figura 2. Senzor optic retro-reflectiv WE-M4D [5]

Block Diagram of Speed Measuring System

The speed measurement system is schematically presented in Figure 3. It is made up of a central unit 1 and two optical barriers: the first one consists of transducer T_1 , 2, working in tandem with receptor 3, and the second one consists of transducer T_2 , 4 and receptor 5. When subject 7 steps onto the force plate 6 and activates the first optical barrier, a timer starts and stops when the second optical barrier is activated. Knowing the distance "d" between the two barriers and the time it took to cover it, the average speed of the subject is determined.

Acest lucru a permis reducerea timpului de proiectare și implementare a soluției adoptate. Pentru conectarea ușoară și sigură a majorității elementelor ce intră în componența sistemului s-a realizat un scut „Arduino” personalizat.

Detectia „fără contact” a subiectului în condițiile menționate anterior este realizată de către doi senzori optici WE-M4D, care conțin fiecare câte un emițător de lumină modulată, respectiv câte un receptor optic. Lumina ce este emisă se reflectă într-un catadioptru și este captată de receptor. În cazul în care fluxul luminos este întrerupt de către un obiect interpus între traductor și catadioptru, traductorul va trimite un semnal logic „1” atât timp cât fluxul luminos este perturbat, Figura 2 [5].



Schema bloc a sistemului de măsurare a vitezei

Sistemul de măsurare a vitezei este prezentat schematic în Figura 3. Aceasta este alcătuit dintr-o unitate centrală 1 și două bariere optice: prima este formată de traductorul T_1 , 2, ce lucrează în tandem cu catadioptrul 3, respectiv a doua, ce este formată din traductorul T_2 , 4 și catadioptrul 5. În momentul în care subiectul 7 păsește pe platforma de forță 6 și activează prima barieră optică, se pornește un cronometru ce se va opri în momentul activării celei de-a două bariere optice. Cunoscându-se distanța „d” dintre cele două bariere și timpul în care aceasta a fost străbătută, se determină viteza medie a subiectului.

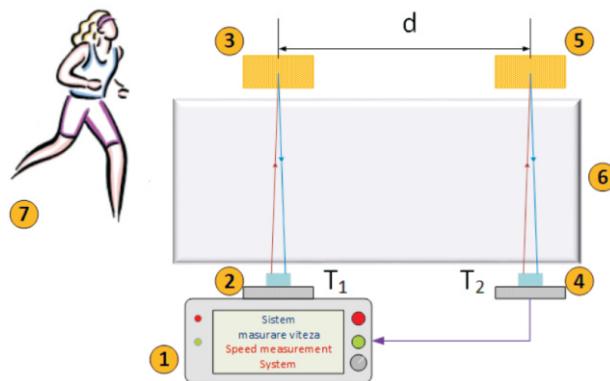


Figure 3. Speed measuring system
Figura 3. Sistem de măsurare viteză

The Central Unit of Speed Measuring System

It consists of the following elements, Figure 4:

- 1 – Arduino Duemilanove chip:
 - ATmega368 microcontroller;
 - 14 digital input/output pins;
 - 6 analog input pins;
 - USB programming;
 - voltage 7-12V;
- 2, 3 – subassembly consisting of the retro-reflective optical transducer with WE-M4D reflector and 4N35 optocoupler that performs galvanic separation between the transducer and Arduino chip and correlates the different voltage levels on which these devices operate. Such a subassembly makes up an optical barrier;
- 4 – liquid crystal display and lighting of 16x2 alphanumeric characters;
- 5, 6 – normal red and green open button;
- 7 – incremental rotary encoder;
- 8, 9 – red and green LED indicators;
- 10 – piezo mini speaker, used for various acoustic warnings.

Unitatea centrală a sistemului de măsurare a vitezei

Aceasta este compusă din următoarele elemente,
Figura 4:

- 1 – placă de dezvoltare Arduino Duemilanove:
 - microcontroler ATmega368;
 - 14 pini de intrare/iesire digitali;
 - 6 pini intrare analogici;
 - programare via USB;
 - tensiune alimentare 7-12V;
- 2, 3 – subansamblu format din traductorul optic retroreflectiv cu catadioptru WE-M4D și optocuploul 4N35 ce realizează separarea galvanică dintre traductor și placă Arduino și coreleză nivelele de tensiune diferite cu care operează aceste dispozitive. Un asemenea subansamblu alcătuiește o barieră optică;
 - 4 – ecran cu cristale lichide și iluminare de 16x2 caractere alfanumerice;
 - 5, 6 – buton normal deschis de culoare roșie, respectiv verde;
 - 7 – traductor incremental mecanic de rotație;
 - 8, 9 – LED-uri indicatoare de culoare roșie, respectiv verde;
 - 10 – minidifuzor piezo, folosit pentru diverse atenționări acustice.

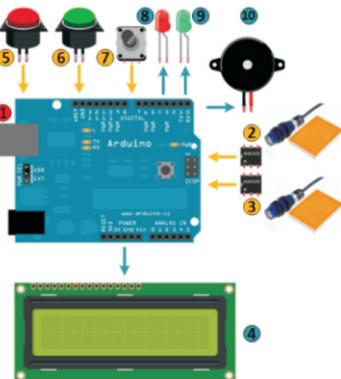


Figure 4. Central unit of the measuring system. Fritzing [6] was also used for representation
 Figura 4. Unitatea centrală a sistemului de măsurare. Pentru reprezentare s-a utilizat și Fritzing [6]

Working Algorithm of the Speed Measuring System

When the system is powered, it runs a series of checks/initializations.

Algoritmul de lucru al sistemului de măsurare a vitezei

La alimentarea cu tensiune a sistemului, acesta execută o serie de verificări/initializări.

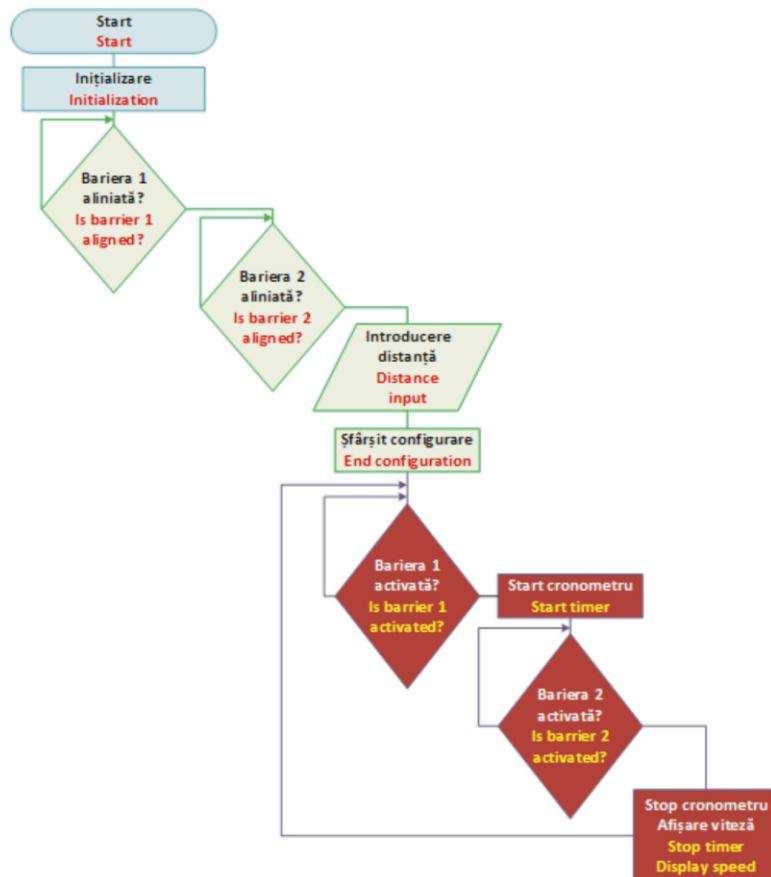


Figure 5. Working algorithm of the measuring system
 Figura 5. Algoritmul de lucru al sistemului de măsurare

After this short period, the system configuration routine starts. The first optical barrier is aligned so that transducer T_1 correctly receives the signal reflected by its own reflector. When the alignment is correct, the red button on the central unit is pressed to confirm. The process is repeated for the second barrier.

Then the distance between the two barriers is entered using the incremental rotary encoder. This solution was chosen in order to be able to more easily enter the distance. The configuration is confirmed and the system is ready to go.

When the subject reaches the first optical barrier, the timer starts and stops when the subject reaches the second barrier. The activation of each barrier is accompanied by an acoustic signal.

The average speed of the subject is displayed on the LCD screen located to the front of the central unit.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Measuring Ground Reaction Force Based on Walking Speed

Ground reaction force was measured depending on the walking speed on AMTI's AccuGait force plate, using NetForce component, and its analysis was performed using the BioAnalysis module. For evaluation, two measurement sessions were organized:

- placing optical barriers of the walking speed measurement system at a distance of 2.5 m, Figure 6a;
- placing optical barriers of the walking speed measurement system at a distance of 0.7 m, Figure 6b.

A healthy female subject volunteered to participate in the study, aged 54 and weighing 70 kg, who walked on the track where the force plate was set up. Only those instances where the right foot landed entirely on the force plate were validated. The subject walked barefoot on the track.

După această scurtă perioadă se pornește rutina de configurare a sistemului. Se aliniază prima barieră optică astfel încât traductorul T_1 să primească corect semnalul reflectat de catadioptrul propriu. Când alinierarea este corectă se confirmă prin apăsarea butonului roșu de pe unitatea centrală. Se repetă procedeul și pentru cea de-a doua barieră.

Apoi se introduce distanța dintre cele două bariere prin intermediul traductorului incremental mecanic de rotație. S-a ales această soluție pentru a putea introduce distanța într-un mod mai facil. Se confirmă efectuarea configurației și sistemul este gata de acțiune.

În momentul în care subiectul ajunge în dreptul primei bariere optice se pornește cronometrarea ce se oprește în momentul în care subiectul se află, de data aceasta, în zona celei de-a două bariere. Activarea fiecărei bariere este însoțită de un semnal acustic.

Afișarea vitezei medie a subiectului este afișată pe ecranul LCD amplasat în zona frontală a unității centrale.

RESULTATE ȘI DISCUȚII

Măsurarea forței de reacțiune a solului în funcție de viteza de deplasare

Măsurarea forței de reacțiune a solului în funcție de viteza de deplasare s-a realizat cu platforma de forță AMTI's AccuGait, folosind componenta NetForce, iar analiza acestia s-a realizat cu modulul BioAnalysis. Pentru evaluare, au fost organizate două sesiuni de măsurare:

- amplasarea barierelor optice ale sistemului de măsurare a vitezei de mers la distanța de 2,5 m, Figura 6a;
- amplasarea barierelor optice ale sistemului de măsurare a vitezei de mers la distanța de 0,7 m, Figura 6b.

La studiu a participat un voluntar de sex feminin sanatos cu vîrstă de 54 ani, cu greutatea corporala de 70 kg, ce a mers pe pistă în care a fost introdusa platforma de forță. Au fost validate numai acele treceri în care piciorul drept a aterizat în întregime pe suprafața platformei de forță. Subiectul a mers pe pistă fără încălțaminte.



a.



b.

Figure 6. Position of optical barriers of the walking speed measuring system at distance: a = 2.5 m, b = 0.7 m
 Figura 6. Amplasarea barierelor optice ale sistemului de măsurare a vitezei de mers la distanță: a = 2,5 m, b = 0,7 m

The reference system of the force plate is presented in Figure 7.

Sistemul de referință al platformei de forță este prezentat în Figura 7.



Figure 7. Reference system for AMTI's AccuGait force plate
 Figura 7. Sistem de referință al platformei de forță AMTI's AccuGait

Measuring Ground Reaction Force Based on Walking Speed, with the Distance of 2.5 m between Optical Barriers

Tables 1 and 2 present maximum values of the three components (F_z , F_y , F_x) of ground reaction force obtained at walking speeds ranging between $0.6 \div 2.33$ m/s, with optical barriers placed at a distance of 2.5 m.

Măsurarea forței de reacțiune a solului în funcție de viteza de mers, cu distanța de 2,5 m între barierele optice

În Tabelele 1 și 2 sunt prezentate valorile maxime ale celor trei componente (F_z , F_y , F_x) ale forței de reacțiune a solului obținute la vitezele de mers cuprinse între $0,6 \div 2,33$ m/s, cu barierele optice amplasate la distanța de 2,5 m.

Table 1: Maximum values of the three components (F_x , F_y , F_z) of ground reaction force obtained at the walking speed of subject ranging between 0.6÷0.8 m/s

Tabelul 1: Valorile maxime ale celor trei componente (F_x , F_y , F_z) ale forței de reacțiune a solului obținute la viteza de mers a subiectului cuprinsă între 0,6÷0,8 m/s

Speed [m/s] Viteza [m/s]	0.6	0.65	0.66	0.75	0.78	0.8
F_z Max [N]	680.536	680.672	681.2	701.583	733.964	694.567
F_y Max [N]	10.027	13.413	9.116	12.111	14.195	12.111
F_x Max [N]	75.229	61.116	66.515	72.038	78.051	73.511

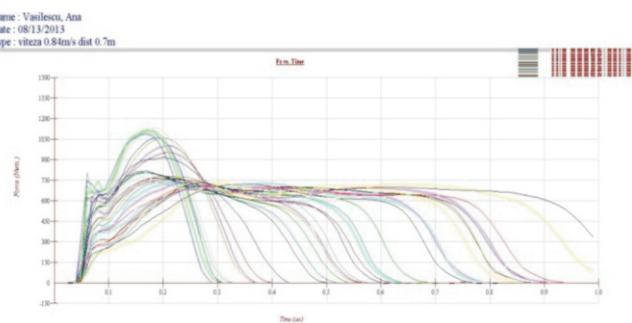
Table 2: Maximum values of the three components (F_x , F_y , F_z) of ground reaction force obtained at the walking speed of subject ranging between 1÷2.33 m/s

Tabelul 2: Valorile maxime ale celor trei componente (F_x , F_y , F_z) ale forței de reacțiune a solului obținute la viteza de mers a subiectului cuprinsă între 1÷2,33 m/s

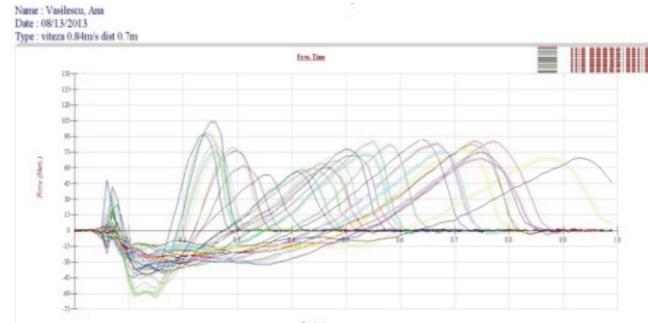
Speed [m/s] Viteza [m/s]	1	1.03	1.15	1.32	1.91	2.33
F_z Max [N]	701.044	728.567	708.059	732.885	996.248	1109.581
F_y Max [N]	22.789	20.315	32.556	29.04	30.342	40.5
F_x Max [N]	64.92	71.424	81.487	67.006	66.147	67.865

Evolution of the three components (F_x , F_y , F_z) of ground reaction force obtained at walking speeds ranging between 0.6÷2.33 m/s is illustrated in Figure 8.

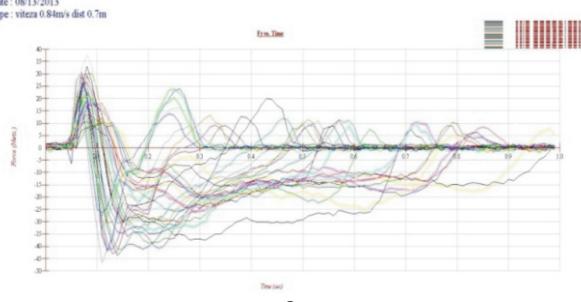
Evoluțiile celor trei componente (F_x , F_y , F_z) ale forței de reacțiune a solului obținute la viteza de mers a subiectului cuprinsă între 0,6÷2,33 m/s sunt prezentate în Figura 8.



a.



b.



c.

Figure 8. Ground reaction force components, varying with time, at different walking speeds
a – vertical F_z , b – antero-posterior F_x , c – medio-lateral F_y

Figura 8. Componentele forței de reacțiune a solului, în funcție de timp, la diferite viteze de mers
a – verticală F_z , b – antero-posteroară F_x , c – medio-laterală F_y

Measuring Ground Reaction Force Based on Walking Speed, with the Distance of 0.7 m between Optical Barriers

Tables 3-5 present maximum values of the three components (F_x , F_y , F_z) of ground reaction force obtained at walking speeds ranging between $0.46\div2.32$ m/s, with optical barriers placed at a distance of 0.7 m.

Table 3: Maximum values of the three components (F_x , F_y , F_z) of ground reaction force obtained at the walking speed of subject ranging between $0.46\div0.71$ m/s

Tabelul 3: Valorile maxime ale celor trei componente (F_x , F_y , F_z) ale forței de reacțiune a solului obținute la viteza de mers a subiectului cuprinsă între $0,46\div0,71$ m/s

Speed [m/s] Viteza [m/s]	0.46	0.57	0.58	0.59	0.60	0.64	0.68	0.69	0.71
F_z Max [N]	0	707.52	0	724.789	712.377	732.345	732.885	725.869	723.17
F_y Max [N]	9.897	17.32	10.678	19.273	18.362	20.966	18.883	19.273	10.548
F_x Max [N]	69.338	85.046	69.583	74.738	68.847	77.56	83.083	75.106	86.887

Table 4: Maximum values of the three components (F_x , F_y , F_z) of ground reaction force obtained at the walking speed of subject ranging between $0.76\div1.27$ m/s

Tabelul 4: Valorile maxime ale celor trei componente (F_x , F_y , F_z) ale forței de reacțiune a solului obținute la viteza de mers a subiectului cuprinsă între $0,76\div1,27$ m/s

Speed [m/s] Viteza [m/s]	0.76	0.8	0.9	0.98	1.02	1.04	1.07	1.26	1.27
F_z Max [N]	697.805	767.424	757.71	745.297	762.567	805.741	805.741	740.98	728.567
F_y Max [N]	14.585	22.659	26.826	29.822	29.17	25.524	29.822	23.571	20.185
F_x Max [N]	85.66	82.101	71.67	66.884	60.257	59.397	57.802	85.292	72.283

Table 5: Maximum values of the three components (F_x , F_y , F_z) of ground reaction force obtained at the walking speed of subject ranging between $1.33\div2.32$ m/s

Tabelul 5: Valorile maxime ale celor trei componente (F_x , F_y , F_z) ale forței de reacțiune a solului obținute la viteza de mers a subiectului cuprinsă între $1,33\div2,32$ m/s

Speed [m/s] Viteza [m/s]	1.33	1.38	1.42	1.53	1.57	1.59	1.67	1.68	2.32
F_z Max [N]	955.772	1002.185	1057.772	1130.089	1096.629	1111.74	1116.597	1062.089	1087.994
F_y Max [N]	28.91	30.603	20.966	18.492	23.831	18.101	20.445	26.566	19.143
F_x Max [N]	61.729	76.579	79.769	72.774	75.842	81.978	92.778	103.7	92.532

Evolution of the three components (F_x , F_y , F_z) of ground reaction force obtained at walking speeds ranging between $0.6\div2.33$ m/s is illustrated in Figure 9.

Măsurarea forței de reacțiune a solului în funcție de viteza de mers, cu distanța de 0,7 m între barierele optice

În Tabelele 3-5 sunt prezentate valorile maxime ale celor trei componente (F_x , F_y , F_z) ale forței de reacțiune a solului obținute la vitezele de mers cuprinse între $0,46\div2,32$ m/s, cu barierele optice amplasate la distanța de 0,7 m.

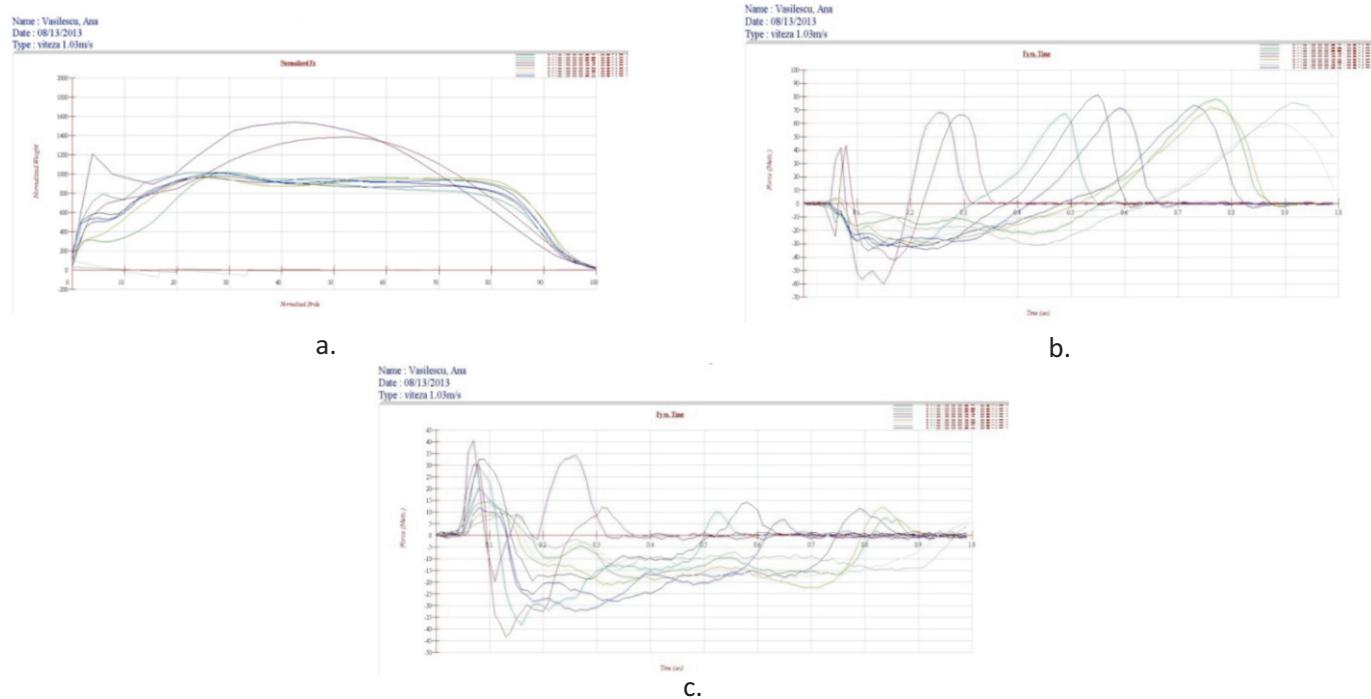


Figure 9. Ground reaction force components, varying with time, at different walking speeds
a – vertical Fz, b – antero-posterior Fx, c – medio-lateral Fy

Figura 9. Componentele forței de reacțiune a solului, în funcție de timp, la diferite viteze de mers
a – verticală Fz, b – antero-posteroară Fx, c – medio-laterală Fy

Data Analysis

Results of ground reaction force measurement enable an objective analysis of the influence of walking speed on gait biomechanics. Thus, the following are noticed: an increase of vertical component Fz by 58% at a speed of 2.33 m/s compared to the one obtained at 0.6 m/s, an increase of medio-lateral component Fy by 119% at a speed of 2.33 m/s compared to the one obtained at 0.6 m/s, and an increase of antero-posterior component Fx by 69% at a speed of 2.33 m/s compared to the one obtained at 0.6 m/s.

The differences between values of ground reaction force components provided by the force plate with optical barriers of the walking speed measurement system placed at distances of 2.5 m and 0.7 m, respectively, are very low. It can be concluded that the position of the optical barriers of the system does not influence the measurement of ground reaction force components values.

Simultaneous evolutions of the three ground reaction force components at walking speeds of 0.6 m/s and 2.33 m/s are illustrated in Figure 10.

Analiza datelor

Rezultatele măsurătorilor forței de reacțiune a solului permit o analiză obiectivă a influenței vitezei de mers asupra biomecanicii mersului. Astfel, se observă: o creștere a componentei verticale Fz cu un procent de 58% la viteză de 2,33 m/s față de cea obținută la 0,6 m/s, o creștere a componentei medio-laterale Fy cu un procent de 119% la viteză de 2,33 m/s față de cea obținută la 0,6 m/s și o creștere a componentei antero-posteroare Fx cu un procent de 69% la viteză de 2,33 m/s față de cea obținută la 0,6 m/s.

Diferențele între valorile componentelor forței de reacțiune a solului furnizate de platforma de forță având barierele optice ale sistemului de măsurare a vitezei de mers la distanța de 2,5 m și la distanța de 0,7 m sunt foarte mici. Se poate concluziona că amplasarea barierelor optice ale sistemului nu influențează măsurarea valorilor componentelor forței de reacțiune a solului.

Evoluțiile simultane ale celor trei componente ale forței de reacțiune a solului la vitezele de mers de 0,6 m/s și 2,33 m/s sunt prezentate în Figura 10.

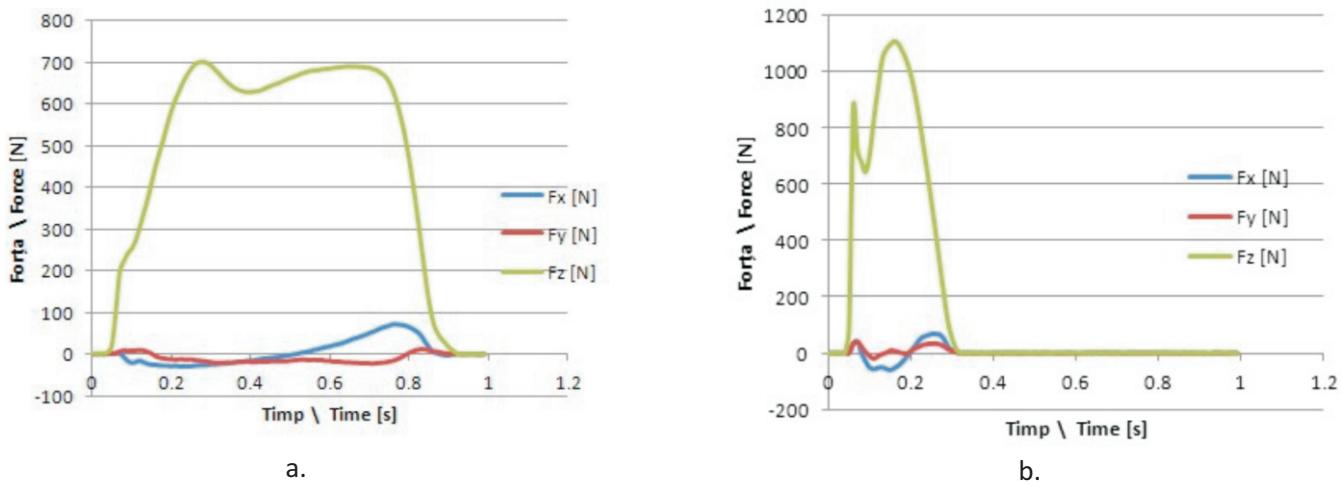


Figure 10. Simultaneous evolution of the three components of the ground reaction force, F_z , F_y , F_x , at speeds: a. - 0.6 m/s, b. - 2.33 m/s

Figura 10. Evoluția simultană a celor trei componente ale forței de reacțiune a solului, F_z , F_y , F_x la viteza de: a. - 0,6 m/s, b. - 2,33 m/s

CONCLUSIONS

- The paper presents the development of a walking speed measurement system on a ground reaction measurement force plate, in order to objectively analyse gait biomechanics.
- Structural particularities of the speed measurement system meet the required criteria, allowing a correct and easy measurement of walking speed and having a competitive price.
- Measurement results demonstrated that there are no significant differences between values of ground reaction force components depending on the placement of optical barriers of the walking speed measurement system.
- Graphs and values of ground reaction force components demonstrate the influence of walking speed on the ground reaction force.

CONCLUZII

- Lucrarea prezintă realizarea unui sistem de măsurare a vitezei de mers deasupra unei platforme de măsurare a reacțiunii solului, în vederea unei analize obiective a biomecanicii mersului.
 - Particularitățile construcției sistemului de măsurare a vitezei respectă criteriile impuse, permitând o măsurare corectă și facilă a vitezei de deplasare, având un preț competitiv.
 - Rezultatele măsurătorilor au demonstrat că nu există diferențe semnificative între valorile componentelor forței de reacțiune a solului în funcție de poziționarea barierelor optice ale sistemului de măsurare a vitezei de deplasare.
 - Graficele și valorile componentelor forței de reacțiune a solului demonstrează influența vitezei de mers asupra forței de reacțiune a solului.

REFERENCES

- Mihai, A., Hortal, G., Costea, M., Plantar footprint analysis-case study (part 1), *Revista de Pielarie Incaltaminte*, **2013**, 13, 3, 201-210, ISSN 1583–4433.
- Li, Q., Young, M., Naing, V., Donelan, J.M., Walking speed estimation using a shank-mounted inertial measurement unit, *J Biomech*, **2010**, 28, 43(8), 1640-1643.

3. Schimpl, M., Ledere, C., Daumer, M., Development and Validation of a New Method to Measure Walking Speed in Free-Living Environments Using the Actibelt Platform, *PloS One*, 6(8), 2011, PMC3151278, DOI: 10.1371/journal.pone.0023080.
 4. <http://arduino.cc>
 5. <http://www.highlyusa.com>
 6. <http://fritzing.org/>
 7. AMTI-AccuGait force plate and BioAnalysis documentation.
 8. Chan, C.W., Rudins, A., Foot Biomechanics During Walking and Running, *Mayo Clin Proc*, 1994, 69, 5, 448-461.
 9. Vasilescu, A.M., Berijan, G., Jidiuc, B., Influence of the foot biomechanics on the footwear design, *Revista de Pielarie Incaltaminte*, 2007, 7, 1, 22-37, ISSN 1583 – 4433.
 10. Cavanagh, P.R., Lafontaine, M.A., Ground reaction forces in distance running, *J Biomech*, 1979, 13, 397-406.
 11. Novacheck, T.F., The biomechanics of running, *Gait and Posture*, 1998, 7, 77–95.
 12. Marasovic, T., Cecic, M., Zanchi, V., Analysis and Interpretation of Grand Reaction Forces in Normal Gait, Laboratory for Biomechanics and Control System, Faculty of Electrical Engineering, Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Split, Croatia, 2010.
-

Article received/Data primirii articolului: 28.01.2014

Accepted/Acceptat la data: 25.02.2014