

NÁVRH SYSTÉMU RIADENIA KLÍMY SKLENÍKOV A FÓLIOVNÍKOV PRE MALOPESTOVATEĽOV FARMACEUTICKÝ VÝZNAMNÝCH RASTLÍN

Iveta ŠTEMPEĽOVÁ¹, Ondrej TAKÁČ²,

ABSTRACT

Modern times demand solutions that are affordable, use commonly available and widely used hardware components, light but rather intuitive software, and do not require special training for operating personnel. In recent years, there has been extensive research in this area, which has resulted in many solutions of a universal nature applicable in virtually all areas of the economy, including agriculture. On the one hand, they enabled the support of automation in an autonomous direction, thus relieving the operator of part of the manual work, and, on the other hand, they also enabled an increase in productivity through targeted intervention and regulation. In our paper, we will focus on the design of such a system, which will meet the requirement of universality, will be adaptable to the specifics of cultivation but also of the grower, and will be energy-efficient. Nevertheless, the system must be sufficiently robust and have a reserve of computing power, it must use commonly available sensor modules, but it must also have a user interface.

KEYWORDS: Greenhouses, Automation, Arduino, Sensing of non-electric quantities.

Úvod do pestovania v zakrytých priestoroch a automatizáciu pestovania

V závislosti od životnej fázy rastliny sa musíme prispôsobiť jej potrebám. Zvyčajne v období klíčenia sa zvyšuje teplota v skleníku, po vzídení sa znižuje a následne opäť zvyšuje a začína sa uplatňovať princíp diurnálnej periódy. Vzniká problém jarovizácie ktorá je už ale spojená aj s kvalitou a periódou osvetlenia, ktorá by mala byť na úrovni 3000 lux a viac s intenzitou radiácie 50 – 150 W.m⁻². Správnou vlhkosťou a teplotou substrátu podporujeme aj biologické deje v pôde, ktorých výsledkom taktiež môže byť vyššia produkcia živín, ľahko vstrebateľných koreňmi. Tieto deje môžeme podporiť napríklad aplikáciou živočíšnych hnojív. Zásobovanie živín je teda úzko späté s polievaním, kde sa dôraz kladie na pravidelnú a rovnomernú zálievku, s vyššou frekvenciou ale nižšou koncentráciou prihnojovania. Dôležitým aspektom pre fotosyntézu okrem svetla a teploty je aj hladina CO₂. Odporúčaná hladina koncentrácie CO₂ vo vzduchu sa pri pestovaní pohybuje zvyčajne v rozpätí od 500 do 1200 μmol/mol vzduchu (ppm) a v prípade potreby sa zvyčajne aplikuje vo forme tekutého CO₂. Na podporu opeľovania sa umiestňujú do skleníka úle s čmelmi od začiatku kvitnutia s pravidelnou výmenou podľa potreby. (Šlosár, 2017) (Ďud'ák, 2015) (Pokluda & Kobza, 2011) (Udvaros & Czakóová, 2021)

Nie je teda možné sledovať iba jeden parameter a regulovať len jednu veličinu, ale je to komplexný problém, ktorý musíme komplexne aj riešiť. Zásah do regulácie jednej veličiny

¹ PharmDr. Iveta Štempeľová, Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Masarykova univerzita, Brno, iveta.stempelova@uvlf.sk

² Ing. Ondrej Takáč, PhD., Univerzita J. Selyeho, Komárno, takaco@ujss.sk

si vyžiada aj zásah do ostatných, pričom neexistuje univerzálne riešenie, ale musíme ho hľadať v spojitosti s konkrétnou rastlinou a jej požiadavkami. (Campbell, 2017) (Hanan, 2012)

V posledných rokoch sa vyvinuli také mikroprocesorové a mikropočítačové platformy (Csóka-Czakóová, 2021), ktoré si vyžadujú len minimálne úpravy a vieme ich takmer okamžite nasadiť a sú cenovo dostupné. Samozrejmosťou je aj modulárne vyhotovenie a štandardizácia komunikačných kanálov. Medzi takéto radíme napr. Jednodoskové počítače Arduino (prvotne založený na mikrokontroléri ATmega), RaspBery Pi, ASUS Tinker Board, Banana Pi od čínskej spoločnosti Sinovoip a i. (TME, 2022) (Běhounek, 2009) (Wikipédia, 2022)



Obr. č. 1 Arduino Due, Raspberry Pi 4, ASUS Tinker Board

Zdroj: https://sk.wikipedia.org/wiki/Asus_Tinker_Board; https://sk.wikipedia.org/wiki/Jednodoskový_počítač

Metodika práce

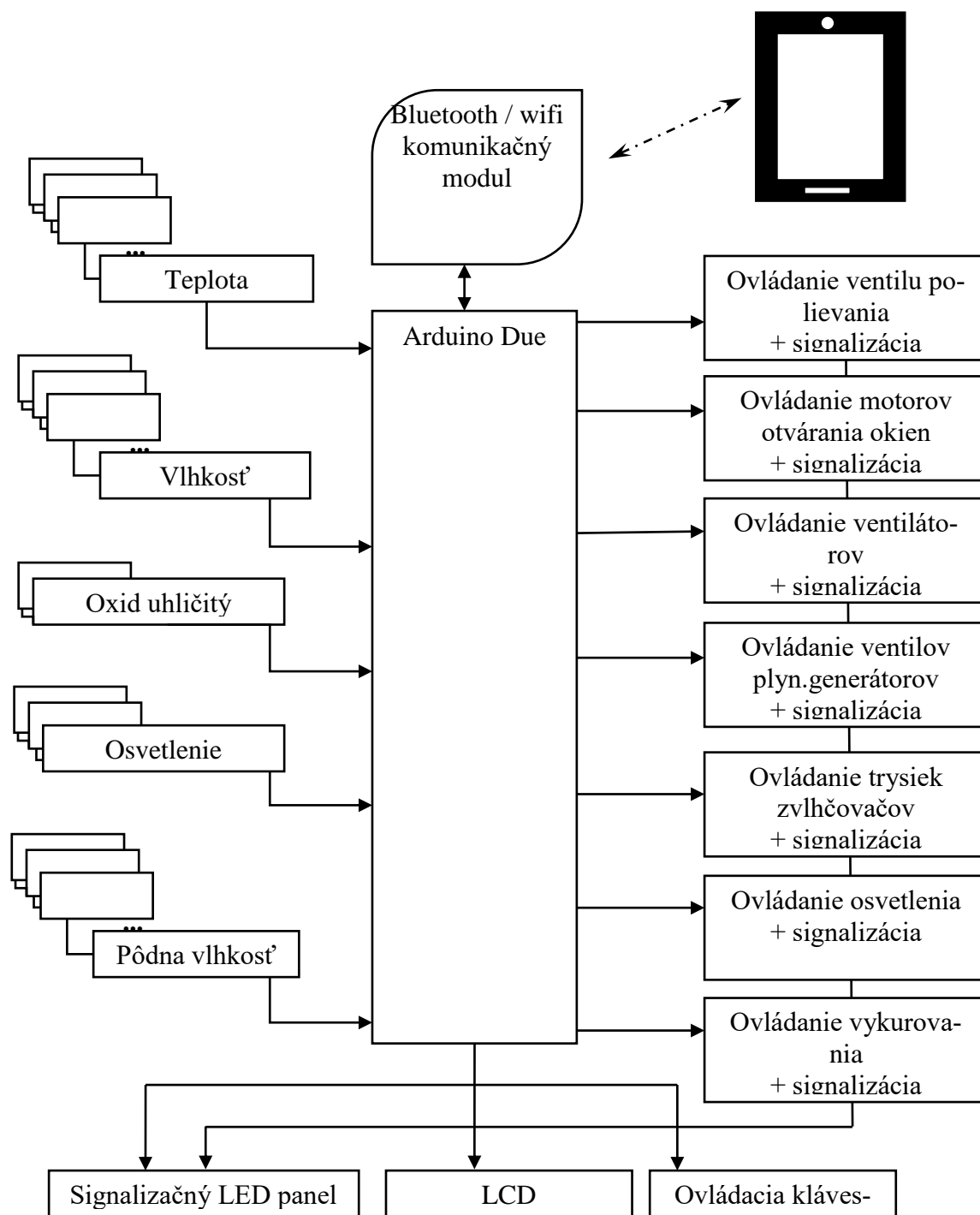
Riadeným pestovaním môžeme dosiahnuť ideálne rastliny, kvety alebo plody s ideálnym obsahom žiadaných liečivých látok. Samozrejme, nie je to jednoduchá záležitosť a vyžaduje si mnoho úkonov ktoré na seba musia nadväzovať.

Začína sa to výberom rastliny, voľbou vhodného substrátu, cez zabezpečenie optimálnych zavlažovacích, klimatických a svetelných podmienok až po zber plodov, ich prvotné a druhotné spracovanie. Napríklad dúška tymiánová (*Thymus vulgaris* L.), ktorá je zdrojom baktericídneho tymolu a využíva sa ako expektorans, stomachikum, antiseptikum, adstringens a antiflogistikum, preferuje ľahšie suchšie pôdy, mak siaty (*Papaver somniferum* L.), ktorý je zdrojom ópia používaného vo farmaceutickom priemysle kvôli jeho analgetickým, antitusickým a spazmolytickým účinkom na výrobu ukladňujúcich a bolesť utišujúcich liekov preferuje vápnité, dobre výživné pôdy. Samozrejme, kvalitu substrátu vzhľadom na minerálne a biologické zloženie elektronickým riadiacim systémom priamo ovplyvniť nevieme, ale nepriamo, udržiavaním takého vlhkostného (kvapôčková závlaha, intervalové zalievanie podľa nastaveného času a pod.) a tepelného stavu substrátu, ktorý je ideálny pre čerpanie vlhky a živín koreňovým systémom a podporuje aj biologické deje v pôde, to ovplyvniť už vieme.

Medzi riadené klimatické a svetelné parametre radíme udržiavanie správnej teploty, vlhkosti, osvetlenia a dostatku oxidu uhličitého. Správnu teplotu môžeme regulovať napr. elektrickými výhrevnými konvertormi, teplovzdušne alebo radiátormi s horúcou vodou. Vlhkosť dokážeme zvýšiť rozstrekovaním vody rôznymi tryskami vo výškach nad úrovňou hlavy napr. aj takými, ktoré vodu rozstrekujú vo veľkosti kvapôčok cca 10 – 50 um čo už nazývame zahmlievaním, ktoré nespôsobuje nepríjemné stekanie po oblečení personálu. Musíme mať ale na zreteli, že zvýšená relatívna vlhkosť vzduchu prispieva k rozširovaniu hubových chorôb. Znížiť vlhkosť dokážeme napr. vetraním v poludňajších hodinách (ovládaním otvárania strešných alebo bočných okien s podporou ventilátorov). Na osvetlenie používame výbojky alebo modernejšie už žiarovky so svetlom správnej vlnovej dĺžky na ktorú sú rastliny citlivé. Vo vzduchotesných skleníkoch je len malý prestup vonkajšieho vzduchu do vnútra skleníka a teda aj oxidu uhličitého, potrebného na normálny rast rastlín a tvorbu plodu – fotosyntézu.

Zvýšiť jeho podiel v ovzduší skleníka môžeme napr. plynovými generátormi (vfhávajú oxid uhličitý do skleníka oddelený z vonkajšieho vzduchu) alebo v tekutej forme.

Ako sme uviedli, existuje niekoľko spôsobov polievania a dosiahnutia požadovaných parametrov klímy v skleníkoch. Moderné skleníky majú ale jedno spoločné – možnosť elektronického ovládania / regulácie. Preto, my sa v našom príspevku nezameriame na konkrétne riešenia takýchto systémov, ale na ich ovládanie – teda zapínanie, vypínanie, spúšťanie a pod. Je už inžinierskou prácou, nájsť taký spôsob implementácie nami navrhovaného systému, ktorý bude vyhovujúci pre konkrétne podmienky.



Obr. č. 2 Bloková schéma navrhnutého systému

V zmysle vyššie spomínaného, pri návrhu nášho modelu sme sa zamerali na riešenie nasledujúcich troch typov problémov:

- návrh podsystému snímania vybraných neelektrických veličín,
- návrh podsystému zabezpečujúceho riadenie ventilov a elektro mechanizmov,
- návrh jadra riadiaceho podsystému.

Výsledky práce

Z hľadiska cenovej dostupnosti a jednoduchej implementovateľnosti sme si ako jadro riadiaceho podsystému zvolili Arduino, konkrétne Arduino Due. Osadený je 32 bitovým ARM procesorom AT91SAM3X8E ktorý pracuje na frekvencii 84 MHz. Jeho výkon a konektivita je dostatočná pre naše potreby a možnosť budúceho rozšírenia o ďalšie snímače, rezerva výpočtového výkonu, nízka spotreba, prítomná SRAM a Flash pre užívateľské aplikácie, 2xUSB a 4x UART sú tiež pozitívom.

Pri návrhu podsystému snímania neelektrických veličín sme volili modulárne riešenie, teda riešenie, kde ku komunikácii so snímačom použijeme implementovaný komunikačný štandard alebo analógový výstup. Nami navrhované moduly snímačov uvádzame v nasledovnej tabuľke č. 1 nižšie.

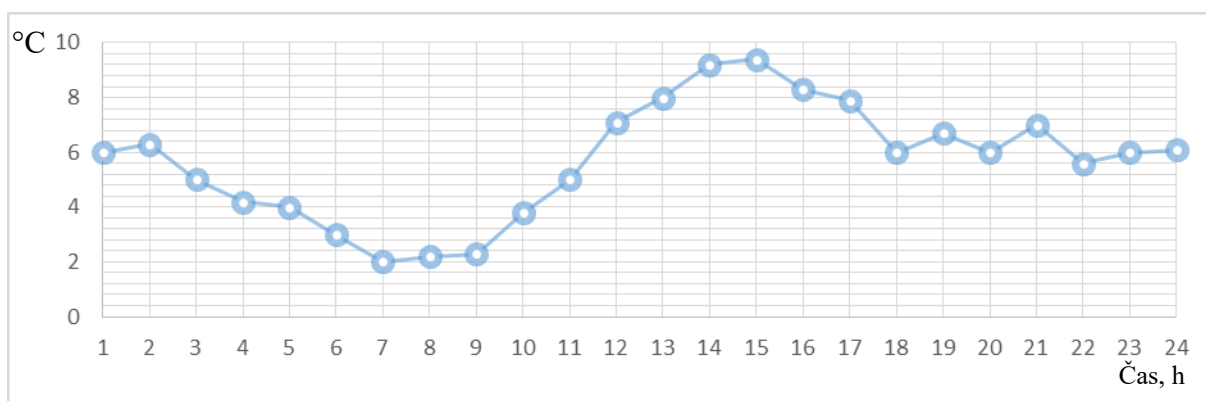
<i>Tabuľka č. 1</i>	<i>Navrhnuté snímače</i>				
snímaná veličina	typ snímača	počet snímačov pre pokrytie fóliovníka	použitý komunikačný štandard	Poznámka	
Teplota	DS18B20	6	1-Wire Data Bus	-55 / +125 °C	
Vzdušná vlhkosť	DHT22	6	1-Wire Data Bus	16 bit	
Oxid uhličitý	MG-811	3	1-Wire Digital Bus	0~5% VOL	
Osvetlenie	LM393	3	Analógový výstup	LM393 compar.	
Pôdna vlhkosť	ME110	Podľa potreby	Analógový výstup	0-2.3 V output	

Pri riešení podsystému zabezpečujúceho riadenie ventilov a elektro mechanizmov v prvom rade berieme ohľad na oddelenie riadiacej časti od riadenej časti. Či už sa jedná napr. o spínanie žiaroviek, výbojok alebo ventilátorov, napät'ová časť 250V striedavých (alebo 24V pri spínaní prietokových ventilov) musí byť plne oddelená od napät'ovej časti riadiacej jednotky – jednoskového mikroprocesora a napät'ovej časti snímačov 5V jednosmerných. Preto sme zvolili samostatné jednokanálové relé moduly ovládané nezávisle napätím 5V, schopné pri 250V preniesť prúd 10A.



Obr. č. 3 Snímače DS18B20, DHT22, ME110, MG-811 a LCD display

Na komunikáciu s používateľom sme použili technológiu Bluetooth. Je pomerne jednoduchá a vytvorené spojenie považujeme za dostatočne stabilné. Takto môžu užívatelia skontrolovať situáciu v skleníku alebo fóliovníku aj mimo vnútorného riadeného priestoru. Užívateľ potrebuje k tomu iba tablet, s ktorým sa spája s Bluetooth modulom Arduino Due. Prídružená aplikácia vyvinutá k tomuto systému hlavne pre OS Android dáva užívateľovi možnosť nielen sledovania meraných veličín v zakrytých priestoroch, ale aj nastavenie parametrov riadenej klímy a zavlažovania. Získavané informácie sú kontinuálne ukladané na SD pamäťovú kartu s cieľom využitia v neskorších štatistikách alebo v novej následnej kontrole. Samozrejmosťou je aj sledovanie a možnosť nastavenia systému v priestoroch skleníka, kde to užívateľovi umožňuje integrovaný LCD display a ovládacia klávesnica.



Obr. Príklad výstupu snímanej teploty jedným senzorom za 24 hodín.

Diskusia

Profesionálne komplexné riešenia sú pre drobno- a malopestovateľov finančne veľmi náročné, nehovoriac o cenách samotných riadiacich systémov, potrebného operačného systému a príslušného softvéru / hardvéru. Náš návrh je jednak cenovo dostupný, výdavky sú prakticky zredukované len na obstarávacie ceny – cca niekoľko 100 eur, ale hlavne je ľahko implementovateľný a prispôsobiteľný konkrétnym pestovateľským podmienkam.

Samozrejme, nechceli by sme opomenúť ani kozmetický či potravinársky priemysel, kde farmaceuticky významné rastliny taktiež nájdu svoje uplatnenie. Chceme tým iba poukázať na fakt, že hoci u nás pestovanie farmaceuticky významných liečivých rastlín nemá u veľkopestovateľov bohatú históriu, v posledných rokoch sa situácia mierne mení a má zmysel sa zaoberať oblasťou pestovania vo fóliovníkoch a skleníkoch v súvislosti s farmaceuticky významnými rastlinami a s ohľadom na budúcnosť, riešiť aj ich automatizáciu.

Kým niektoré liečivé rastliny sú typické poľné rastliny ako levanduľa lekárska (*Lavandula angustifolia* Mill.) vo farmácii využívaná ako cholagogum, nervinum, sedatívum, antiseptikum, derivans a korigens vône, ďalej šalvia lekárska (*Salvia officinalis* L.) používaná len krátkodobo ako antihydrotikum, antilaktogum, antiflogistikum, stomatologikum, dermatikum a adstringens alebo žihľava dvojdomá (*Urtica dioica* L.) využívaná ako metabolikum, diuretikum, antiseptikum, antireumatikum, antidiabetikum, hemostyptikum a dermatikum, iné celkom dobre znášajú aj pestovanie v skleníkoch v riadenej klíme, ako napr. paprika ročná (*Capsicum annuum* L.), ktorá je z farmaceutického hľadiska pestovaná pre amidkapsaicín, olejnatý kapsaicín, červené farbivá - karotenoidy, vitamíny C, B1, B2 a E a využíva sa ako vnútorné stomachikum, externé derivans, rubefaciens v rámci reumatických ťažkostí, prípad-

ne korenina a vitamíniferum. Ak chceme tieto rastliny pestovať pre obchodné účely, je vhodné ich pestovať riadene, to. zn., vytvoriť podmienky pre optimálny rast a tvorbu sledovaných látok riadenou klímou a osvetlením.

Záver

Záverom môžeme konštatovať, že nami navrhnutý systém dokáže regulovať všetky parametre pre riadené pestovanie plodín v skleníkoch a fóliovníkoch najmä z pohľadu drobných a malých pestovateľov.

Moderný farmaceutický priemysel si vyžaduje kvalitný biologický materiál s vysokým obsahom žiadaných látok, éterických olejov či silíc. Samozrejmosťou sa stáva aj zisk takéhoto materiálu, ktorý je získaný z rastlín pestovaných bez chemického postreku a chemického ošetrovania. Využitie skleníkov a fóliovníkov môže byť aj v tomto smere nápomocné.

Len s minimálnou úpravou sa tento systém môžeme uplatniť aj v ustajňovacích priestoroch pre automatizáciu zabezpečenia princípu welfare zvierat. Naš systém je možné rozšíriť aj o ďalšie snímače, ako napr. snímače na čpavok, oxid uhľnatý a pod., ktoré sú nebezpečné pre personál a môžu sa uvoľňovať z koncentrovaných hnojív alebo vznikajú nežiaducimi biologickými dejmi. Môžeme taktiež konštatovať, že obdobnou jednoduchou úpravou sa návrh nášho systému uplatní v riadení klímy skladov, priemyselných ale aj obytných priestorov.

Pod'akovanie

The paper was supported by project KEGA 013TTU-4/2021 "Interactive animation and simulation models for deep learning".

Zoznam použitej literatúry

- [1] Arduino. (08. 05 2022). *Arduino Due*. Dostupné na Internete: https://store.arduino.cc/products/arduino-due?_gl=1*_m2hejp*_ga*MTg0NjE0NzEyNC4xNjUxOTYzMzcy*_ga_NEXN8H46L5*MTY1MTk2MzM3MS4xLjEuMTY1MTk2MzQxOC4w
- [2] Běhounek, L. (2009). *Umelá inteligencia a kognitívna veda I*. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave. Cit. 08. 05 2022. Dostupné na Internete: http://www2.fiit.stuba.sk/~kvasnicka/Free%20books/Umela_inteligencia_a_kognitivna_veda_I.pdf
- [3] Campbell, J. (2017). *Greenhouse*. Cit. 08. 05 2022. Dostupné na Internete: Salem Press Encyclopedia of Scien: <http://search.ebscohost.com>.
- [4] Ďud'ák, J. (08. 04 2015). *Ochrana rastlín - metódy a vývojové trendy*. Cit. 08. 05 2022. Dostupné na Internete: Agroinštitút Nitra: <http://www.agroporadenstvo.sk/ochrana-rastlin-odborne-clanky?article=633>
- [5] Hanan, J. (2012). *Greenhouse managemet*. Heidelberg: Spring. Cit. 08. 05 2022
- [6] Pokluda, R., & Kobza, F. (2011). *Skleníky, fóliovníky, využití a pěstební technologie*. Praha: Profi Press s. r. o.

- [7] Šlosár, M. (2017). *ŠPECIÁLNE ZELENINÁRSTVO*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. Cit. 08. 05 2022. Dostupné na Internete: <http://www.slpk.sk/eldo/2018/dl/9788055216256.pdf>
- [8] TME. (08. 05 2022). *Jednodoskové počítače*. Dostupné na Internete: TME: https://www.tme.eu/sk/katalog/jednodoskove-pocitace_113612/
- [9] Wikipédia. (08. 05 2022). *Jednodoskový počítač*. Dostupné na Internete: Wikipédia: https://sk.wikipedia.org/wiki/Jednodoskov%C3%BD_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D
- [10] Udvaros, J. – Czakoová, K.: Developing of computational thinking using microcontrollers and simulations. In. EDULEARN21 : Proceedings of the 13th International Conference on Education and New Learning Technologies. DOI: 10.21125/edulearn.2021.1619. , p. 7945-7951, Valencia : IATED Academy, 2021. ISBN 978-84-09-31267-2. ISSN 2340-1117.
- [11] Csóka, M. – Czakoová, K.: Innovations in education through the application of raspberry pi devices and modern teaching strategies. In. INTED 2021 : Proceedings of the 15th International Technology, Education and Development Conference. DOI: 10.21125/inted.2021.1327, p. 6653-6658, Valencia : IATED Academy, 2021. ISBN 978-84-09-27666-0. ISSN 2340-1079.