



## **INTEGROWANE NAWADNIANIE SZKÓLEK ROŚLIN OZDOBNYCH – GŁÓWNE ZAŁOŻENIA PROJEKTU IRRINURS**

**Waldemar Treder, Jadwiga Treder, Bożena Matysiak, Leszek Orlikowski,  
Małgorzata Czajka<sup>1</sup> Krzysztof Klankowski, Anna Tryngiel-Gać**  
*Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach, <sup>1</sup>SensorTech*

### **SUSTAINABLE IRRIGATION OF ORNAMENTAL NURSERIES – THE MAIN ASSUMPTIONS OF IRRINURS PROJECT**

#### ***Streszczenie***

Polska cechuje się jednym z najniższych zasobów wody słodkiej w Europie. Zmienność naszego klimatu sprawia, że nawadnianie stało się nieodzownym elementem intensywnej produkcji ogrodnictwa. Badania prowadzone w Instytucie Ogrodnictwa wskazują, że większość ogrodników nie stosuje żadnych kryteriów szacowania potrzeb nawodnieniowych, co prowadzi do strat wody i energii. Wynika to z braku dostępu do prostych metod szacowania potrzeb wodnych roślin i przyjaznych dla użytkownika technologii sterowania nawadnianiem. Celem projektu jest opracowanie integrowanego systemu sterowania nawadnianiem roślin szkółkarskich w oparciu o parametry klimatyczne, glebowe i roślinne. Z powodu braku danych konieczne będzie wyznaczenie współczynnika ( $k$ ) do szacowania potrzeb wodnych niektórych roślin szkółkarskich, uprawianych w pojemnikach. Oceniony zostanie również wpływ regulowanego deficytu wodnego (RDI) na pokrój wybranych gatunków roślin szkółkarskich, a także ocena ilościowa i jakościowa wód drenażowych odprowadzanych przez szkółki do środowiska. Stworzona w ramach projektu technologia może stać się kluczowym elementem działań mających na celu unowocześnianie polskiego sektora ogrodnictwa, a w szczególności racjonalnego

gospodarowania wodą w szkółkach roślin ozdobnych. Jest to nowe podejście do problemu oszczędnego wykorzystania wody w produkcji roślinnej.

**Słowa kluczowe:** ewapotranspiracja, uprawy pojemnikowe, współczynnik roślinny ( $k$ ), sterowanie nawadnianiem, szkółki roślin ozdobnych, regulowany deficyt wodny, jakość wody do nawodnień

### **Summary**

*Poland has one of the smallest fresh water resources in Europe. Due to variability of Polish climate, irrigation became an indispensable element of intensive horticultural production. Recent study has shown that Polish farmers do not use any criteria to estimate plant water requirements for controlling irrigation, which leads to waste of water and energy. This is because userfriendly technologies enabling rational use of water resources are not easily available. The objective of the project is to develop an effective system for control of irrigation in ornamental nurseries, based on measurements of plant parameters, soil conditions and climatic data. To realize this approach the crop coefficient ( $k$ ) for several important nursery species should be determined. Also the method of restricted irrigation (Regulated Deficit Irrigation – RDI) to control plant shape and plant quality will be tested on several important nursery cultivars. Additionally quantitative and qualitative evaluation of drainage water originated from container ornamental nurseries will be performed. The technology developed within the project will become the key element of the strategy of rational plant irrigation in ornamental nurseries. This is novel, hitherto not implemented approach to the problem of rational irrigation water use in plant production*

**Key words:** *evapotranspiration, container culture, crop coefficient ( $K_c$ ), irrigation scheduling, ornamental nurseries, RDI, water borne pathogens*

### **WSTĘP**

Polska ma jeden z najgorszych bilansów wodnych w Europie. Niższe od Polski zasoby wody w Europie mają tylko Czechy i Cypr (Eurostat, 2012). Powodem niskich zasobów wód powierzchniowych w Polsce są małe opady roczne (średnio ok. 650 mm), wysoka ewapotranspiracja (450 mm) i mały udział w ogólnym bilansie dopływu rzecznoego spoza granic kraju (13%). Odnawialne zasoby wodne w Polsce wynoszą około 1600 m<sup>3</sup> na rok na mieszkańca, co stanowi trzykrotnie mniej niż średnio w Europie (Polska zajmuje 22 miejsce w Europie). Zasoby dyspozycyjne wynoszą tylko 250 m<sup>3</sup> na mieszkańca na rok, a ich

dostępność zbliża się do skrajnie małej. W Polsce obniża się także jakość wód na skutek działalności człowieka (działania antropogeniczne). Ograniczone zasoby wodne mogą w przyszłości stanowić barierę rozwoju gospodarczego kraju, oraz negatywnie wpływać na stan środowiska i jakość życia społeczeństwa. Dlatego Unia Europejska zaleca m.in. opracowanie i wdrożenie systemów zarządzania zasobami wodnymi dla celów rolniczych (Framer i in., 2008). Jest to szczególnie ważne w aspekcie przewidywanych zmian klimatycznych. W wyniku przewidywanego wzrostu średniej temperatury powietrza wzrośnie ewapotranspiracja, więc bilans wodny może znacząco się pogorszyć. Może nasilić się także występowanie zjawisk ekstremalnych jak susze czy lokalnie występujące gwałtowne deszcze o niskiej efektywności (Parry i in., 2007; Łabędzki, 2009). W okresie najbliższych kilkudziesięciu lat należy oczekiwać, że także bilans wodny Polski ulegnie dalszemu obniżeniu (Kuchar i Iwański, 2011). W Unii Europejskiej średnio 24% rocznego poboru wody jest zużywane w rolnictwie, ale w krajach o wysokiej kulturze rolnej i gorącym klimacie udział wody stosowanej do nawodnień sięga nawet 80% (European Environment Agency, 2009). Między innymi z powodu znacznego zwiększenia powierzchni upraw nawadnianych w latach 1960 – 2000, zużycie wody na świecie wzrosło dwukrotnie (Wada i in., 2011). Także w skali naszej gospodarki rolnictwo jest znaczącym konsumentem wody. Chcąc jednak konkurować na rynkach światowych, będziemy zmuszeni do znacznego zwiększenia powierzchni nawadnianych upraw, a więc i większego zużycia wody.

Jednym z działów ogrodnictwa, którego wielkość i jakość produkcji jest ściśle związana z dostępnością wody jest produkcja szkółkarska, a szczególnie uprawy w pojemnikach. Szkółkarstwo roślin ozdobnych jest jednym z najbardziej dynamicznie rozwijających się sektorów z branży ogrodniczej w Polsce (Marosz, 2013a). Według danych Głównego Urzędu Statystycznego z 2012 roku, w Polsce było 3225 gospodarstw zajmujących się produkcją ozdobnego materiału szkółkarskiego, a całkowita powierzchnia upraw szkółkarskich, gruntowych i pojemnikowych wynosiła 6747 ha, co jest wielkością znaczącą w skali kraju, a także w porównaniu do wiodących producentów UE. Pomimo dużego asortymentu roślin uprawianych w pojemnikach i dużego zróżnicowania potrzeb wodnych w badaniach ankietowych wykazano, że większość szkółkarzy nawadniając rośliny nie stosuje optymalnych kryteriów nawadniania (Marosz, 2013b). Nadmierne nawadnianie, stosowane najczęściej jako zraszanie lub nawadnianie kropłowe sterowane wyłącznie czasowo powoduje duże straty wody i nawozów. Incrocci i in. (2014) nawadniając 4 popularne gatunki roślin szkółkarskich: *Forsythia*, *Photinia*, *Prunus* i *Viburnum*, według kryteriów glebowych (tensjometry lub sensory dielektryczne), oraz parametrów klimatycznych (ewapotranspiracja) uzyskali odpowiednio niższe o 21 i 40% zużycie wody, oraz o 39 i 79% oszczędność nawozów w stosunku do standardowego sterowania za pomocą sterowników czasowych. Dynamika rozwoju upraw szkółkarskich w Polsce, duży

asortyment roślin, cechujący się zróżnicowanym zapotrzebowaniem na wodę, całkowite uzależnienie upraw w pojemnikach od systematycznego nawadniania przy jednoczesnym obserwowanym w większości szkółek brakiem umiejętności stosowania optymalnych kryteriów nawadniania (Marosz, 2013b) powoduje, że podjęta w projekcie tematyka badawcza staje się niezwykle istotna. W szkółkach roślin ozdobnych nawadnianie jest zabiegiem niezbędnym do prowadzenia produkcji na każdym etapie — od rozmnażania po uprawę roślin w pojemnikach, lub w gruncie. Różne wymagania poszczególnych gatunków, wiek roślin oraz wykorzystywane technologie uprawy i nawożenia sprawiają, że w szkółkach roślin ozdobnych używa się wszystkich nowoczesnych systemów nawodnieniowych. Ze względu na duże zróżnicowanie klimatu i różny asortyment roślin informacje z literatury dotyczące potrzeb wodnych roślin szkółkarskich, opracowane w innych strefach nie zawsze mogą być bezpośrednio wdrażane do praktyki ogrodniczej w Polsce. Potrzeby wodne roślin można szacować na podstawie danych klimatycznych, parametrów wilgotności gleby, lub kryteriów roślinnych (Allen i in., 1998; Baille i in., 1994; Beeson, 2006; Ley i in., 1994; Treder i in., 2010). Szacowanie potrzeb wodnych na podstawie parametrów klimatycznych, niezbędne do precyzyjnego i nowoczesnego sterowania nawadnianiem większości roślin rolniczych i sadowniczych bazuje na obliczeniu za pomocą różnych modeli ewapotranspiracji potencjalnej ( $ET_0$ ) i pomnożeniu tej wartości przez charakterystyczny dla danego gatunku współczynnik ( $k$ ). Współczynniki te, zmienne w zależności od fazy wzrostu i cech charakterystycznych dla danego gatunku zostały opracowane w wyniku licznych badań. Dla gatunków szkółkarskich, bardzo różnorodnych i uprawianych w różnych technologiach automatyzacja nawadniania jest utrudniona ze względu na brak dokładnych danych (Grant i in., 2009). Celem projektu jest opracowanie i przetestowanie w gospodarstwach szkółkarskich integrowanego systemu sterowania nawadnianiem roślin ozdobnych. Projekt prowadzony jest wspólnie przez Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach oraz firmę Sensor Tech z Wrocławia.

## ZADANIA BADAWCZE

### **1. Opracowanie kryteriów integrowanego nawadniania kontenerowych szkółek roślin ozdobnych.**

Rośliny uprawiane w pojemnikach (pojemność od 0,5 do 5 litrów) nawadniane są zazwyczaj za pomocą deszczowni, a większe pojemniki nawadniane są kropłowo lub za pomocą specjalnych minizraszaczy. W każdym cyklu nawodnieniowym wodę wykorzystuje się zazwyczaj z nadmiarem, by zaspokoić potrzeby wszystkich, uprawianych gatunków i odmian na kwaterze, niezależnie od wielkości pojemników, w jakich są uprawiane. W chwili obecnej rzadko jest jeszcze stosowana automatyka nawadniania pracująca w oparciu o sensory

pomiarowe oraz metody pozwalająca na precyzyjne określenie częstotliwości i wielkości dawek nawodnieniowych. Taki sposób uprawy powoduje bardzo duże straty wody oraz składników pokarmowych, które wymywane są z podłoża i przedostają się do środowiska (Grant i in., 2009). Dodatkowym problemem jest fakt, że w większości naszych szkółek nie stosuje się żadnych, obiektywnych kryteriów nawadniania. Konsekwencją tego jest mała efektywność wykorzystania wody, która przy ograniczonych zasobach staje się głównym czynnikiem limitującym wielkość i jakość produkcji. Aby zwiększyć efektywność wykorzystania wody nawadnianie należy stosować zgodnie z potrzebami wodnymi roślin. Głównym czynnikiem skorelowanym z wielkością potrzeb wodnych roślin jest ewapotranspiracja wskaźnikowa ( $ET_0$ ), a więc zespół parametrów fizycznych atmosfery wpływających na wysokość parowania z powierzchni roślin i podłoża (Stanghellini i in., 1990; Snyder i in., 1987; Treder i in., 1997; Treder i in., 2010). Częstotliwość i wielkość dawek nawadniania można określać na podstawie szeregu czynników: wielkości i fazy rozwojowej roślin, parametrów klimatycznych oraz indywidualnych cech określonego gatunku lub odmiany. Potrzeby wodne określonego gatunku roślin ( $ET_c$ ) wyliczane są jako iloczyn wartości  $ET_0$  i specyficzny dla gatunku i jego fazy rozwojowej współczynnik roślinny ( $k$ ), oraz parametr określający wielkość roślin. Do wyznaczania wielkości ewapotranspiracji wskaźnikowej opracowano szereg modeli matematycznych np.: wzór Grabarczyka, Hargreavesa, Penmana-Monteitha (Treder i in., 2010). Rozwój elektroniki pozwolił na wprowadzenie do praktyki danych ze stacji meteorologicznych, które automatycznie generują wartość  $ET_0$  na podstawie mierzonych parametrów meteorologicznych.

Intensywne uprawy ogrodnicze, a do takich należą szkółki roślin ozdobnych najczęściej są nawadnianie i nawożone w systemie otwartym (bez gromadzenia wód przelewowych w zbiornikach i ponownym ich wykorzystaniu), tak by zaspokojone były potrzeby najbardziej wymagających gatunków. Tym samym wiele roślin jest nawadnianych nadmiernie, co prowadzi do zanieczyszczenia środowiska, oraz strat wody i nawozów (Warsaw i Fernandez, 2009). Według opinii wielu autorów optymalnym sposobem szacowania potrzeb nawodnieniowych są technologie wykorzystujące pomiary parametrów glebowych – potencjału lub zawartości wody w glebie/podłożu (Bayer i in., 2013; Incrocci i in., 2014). Opracowano wiele technik umożliwiających pomiar zawartości (lub potencjału) wody w glebie. Obejmują one pomiary właściwości dielektrycznych podłoża (TDR – reflektometria w domenie czasu), stopień rozproszenia strumienia neutronów, pomiar rezystancji elektrycznej, pomiary tensjometryczne i inne (Ley i in., 1994; Kramer i Boyer, 1995). Większość sond pomiarowych wymaga jednak przeprowadzenia indywidualnych kalibracji dla każdego ze stosowanych podłoży (Klamkowski i Treder, 2008; Treder, 2007). Na prawidłowe odczyty sond a w związku z tym prawidłowe sterowanie systemami nawodnieniowymi może wpływać temperatura i zasolenie podłoża (Treder i in., 2013). Bardzo do-

kładnie zmiany wilgotności podłoży w kontenerach szkółkarskich można określać także za pomocą ciągłego pomiaru wagi pojemników z roślinami (Cáceres i in., 2007). Ponieważ woda ma stosunkowo wysoki ciężar właściwy ( $1\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), a w sprzyjających dla transpiracji warunkach letnich rośliny mają duże zapotrzebowanie na wodę ( $ET_0$  3,5 – 5  $\text{l}\cdot\text{m}^{-2}$ ), to dzienny ubytek masy kontenera spowodowany ewapotranspiracją znacznie przewyższa przyrost masy rośliny. Szacuje się, że dla większości gatunków, roślina nie wbudowuje więcej niż 0,1% ilości pobranej wody. Tak więc odpowiednio dostosowany do warunków szkółki system wagowy może precyzyjnie określać potrzeby wodne roślin i wyznaczać konieczność ich nawadniania. Niewątpliwą zaletą w stosunku do pomiaru wilgotności w jednym punkcie (kontenerze) jest to, że system wagowy uśrednia pomiar z kilku lub nawet kilkudziesięciu roślin (w zależności od wielkości kontenerów). Wagowy system sterowania nawadnianiem może być bardzo przydatny szczególnie w szkółkach uprawiających rośliny w pojemnikach o małej objętości. W doświadczeniu z uprawą gerbery w szklarni, w pojemnikach nawadnianej w oparciu o dynamiczne zmiany masy wyznaczone za pomocą systemu wagowego wykazano, że ewapotranspiracja roślin była istotnie skorelowana z temperaturą i nasłonecznieniem zaś nawadnianie sterowane systemem wagowym, które było optymalnie dostosowane do potrzeb wodnych roślin pozwoliło uzyskać najwyższy plon kwiatów (Treder i in., 2013). Odpowiednio zaplanowany i wykonany system wagowy wraz z odpowiednim algorytmem sterującym nawadnianiem w sposób ciągły, uzależniający nawadnianie od aktualnego ubytku wagi spowodowanej ewapotranspiracją dla roślin uprawianych w pojemnikach wydaje się być jedynym rozwiązaniem pozwalającym zarówno ograniczać ilość wód drenarskich, jak również maksymalnie dopasować nawadnianie do potrzeb roślin.

## **2. Opracowanie prototypowych systemów automatyki nawadniania kontenerowych szkólek roślin ozdobnych**

W ramach projektu IRRINURS zaplanowano opracowanie prototypowych urządzeń sterujących, które będą pracowały w oparciu o zebrane dane dotyczące kryteriów glebowych i klimatycznych a także ciągłego pomiaru wagi (system wagowy). System wagowy posłuży także do wyznaczania współczynnika ( $k$ ). Planowany projekt przewiduje opracowanie algorytmów opisujących potrzeby wodne roślin ozdobnych na podstawie wysokości ewapotranspiracji lub ubytku masy. Dodatkowo opracowany zostanie algorytm sterowania nawadnianiem na podstawie kryteriów klimatycznych i glebowych. Algorytm ten zostanie zaimplementowany do opracowanego w projekcie prototypowego sterownika nawodnieniowego. Innowacyjnym rozwiązaniem jest tu wyposażenie sterownika w dodatkowe urządzenie pomiarowe przeznaczone do szacowania ewapotranspiracji wskaźnikowej. Model sterowania zawierał będzie parametry opisu-

jące właściwości wodne podłoża, dane o parametrach instalacji nawodnieniowej oraz indywidualne parametry roślinne. Dane te wpisywane będą oddzielnie dla każdego z zaworów, dzięki czemu sterownik wyznaczał będzie częstotliwość nawadniania w zależności od przebiegu pogody, indywidualnych potrzeb wodnych roślin, ich wielkości oraz specyficznych cech uprawy i instalacji nawodnieniowej. Model sterowania nawadnianiem będzie zawierał informacje dotyczące charakterystyki wybranych gatunków, właściwości fizycznych podłoża a także technicznych parametrów instalacji nawodnieniowej. Opracowanie takich sterowników ma na celu zwiększenie efektywności nawadniania roślin w szkołkach kontenerowych oraz ograniczenie ilości wód drenarskich odprowadzanych do środowiska.

### 3. Ocena funkcjonalności prototypowych systemów sterowania nawadnianiem

Działanie opracowanych sterowników do nawadniania szkółek roślin ozdobnych zostanie przetestowane w rzeczywistych warunkach uprawy roślin tj. w szkółce KZD Nowy Dwór. Prototypowe urządzenia zostaną wykorzystane do prowadzenia nawadniania w innowacyjnej technologii Regulowanego Deficytu Wodnego (RDI). Działanie takie pozwoli zwiększyć efektywność wykorzystania wody i nawozów (Ponder i in., 1984). Metoda ta polega na ograniczeniu lub całkowitym zaprzestaniu nawadniania w określonej fazie rozwojowej roślin, w sposób niepowodujący uszkodzeń, pogorszenia jakości roślin, kwitnienia, plonowania lub trwałości pozbiorczej. Okresowy niedobór wody zastosowany w odpowiednim czasie i o określonej wielkości umożliwi kontrolę wzrostu i rozwoju roślin, a ponadto pozwala znacząco ograniczyć zużycie wody w produkcji roślin. W sytuacji zmniejszających się zasobów wodnych oraz skrajnie niskiej wielkości zasobów dyspozycyjnych w Polsce, metoda ta wydaje się być niezwykle obiecująca w produkcji roślin ogrodniczych, gdzie zużycie wody w porównaniu z roślinami rolniczymi jest znacznie większe. W wyniku prowadzonych badań w wielu ośrodkach naukowych na świecie opracowano szczegółowe procedury zastosowania metody RDI w uprawie wielu gatunków roślin ogrodniczych, w tym także drzew i krzewów ozdobnych (Beeson, 2006; Cameron i in., 2006; Costa i in., 2007; Silber i in., 2007; Grant i in., 2009; Grant i in., 2011). Poddanie roślin umiarkowanemu stresowi wodnemu pozwala to uzyskać lepszy pokrój roślin, a także zwiększyć mrozoodporność i nawet stymulować indukcję kwitnienia. Kontrolowane ograniczanie intensywności wzrostu wegetatywnego roślin poprzez zastosowanie metody RDI może zmniejszyć koszty robocizny związane z koniecznością przycinania roślin w celu ich rozkrzewienia (Cameron i in., 2006), a także stymuluje zawiązywanie pąków kwiatowych u niektórych gatunków np. *Rhododendron* (Cameron i in., 1999; Cameron i in., 2008; Koniarski i Matysiak, 2013). Metoda RDI pozwala znacząco (nawet do 50%) zaoszczędzić ilość wody zużywanej w produkcji roślin. Intensywność nawadniania

w szkółce ma także następczy wpływ na adaptację roślin do nowych warunków po posadzeniu na miejsce stałe. Krzewy mniej intensywnie nawadnianie łatwiej się przyjmują po przesadzeniu, szybciej podejmują wzrost i lepiej znoszą stres wywołany suszą w późniejszym okresie (Cameron i in., 2008; Lloyd i in., 2006; Koniarski i Matysiak, 2013). Rośliny uprawiane w warunkach umiarkowanego niedoboru wody w podłożu gromadzą w tkankach więcej węglowodanów oraz charakteryzują się sprawniejszą gospodarką wodną (Bañón i in., 2006), a ponadto są niższe, mają mniejsze liście, silniej rozbudowany system korzeniowy oraz zwiększony stosunek masy korzeni do części nadziemnej. Konieczne jest jednak opracowanie precyzyjnej metody RDI w warunkach towarowej produkcji szkółkarskiej i jej weryfikacja dla roślin o dużym znaczeniu gospodarczym, aby uniknąć ewentualnych uszkodzeń roślin spowodowanych suszą.

#### **4. Ocena ilościowa i jakościowa wód drenażowych odprowadzanych przez kontenerowe szkółki roślin ozdobnych**

Ważnym elementem oszczędnego gospodarowania wodą w szkółkach kontenerowych jest powtórne użycie wód drenażowych, które w przypadku tego typu produkcji mogą stanowić nawet ponad 30% ogólnego zużycia wody. Jeśli nie stosuje się obiegu zamkniętego, lub częściowego wykorzystania tych wód spływają one do podłoża prowadząc do znacznego zanieczyszczenia środowiska (Dyśko i in., 2013; Lea-Cox i in., 2004; Brandt i in., 1993). Woda tego typu może często zawierać wysoki poziom wymytych z podłoża składników mineralnych, a także chorobotwórcze mikroorganizmy. Z dotychczas opublikowanych danych wynika, że woda pobierana z otwartych zbiorników może być istotnym źródłem wprowadzającym chorobotwórcze mikroorganizmy do upraw, jak również źródłem ich rozprzestrzeniania (Orlikowski i in., 1995; Skimina, 1992). W zbiornikach i ciekach wodnych, usytuowanych w pobliżu szkółek pojemnikowych, zidentyfikowano 10 gatunków rodzaju *Phytophthora*, z dominacją *P. plurivora*, *P. cinnamomi*, *P. cryptogea* i *P. citrophthora* (Orlikowski i in., 2012). Koniec XX i pierwsza dekada XXI wieku to okres intensyfikacji międzynarodowego obrotu materiałem roślinnym. W Polsce już po 5 latach od otwarcia granic na Europę zachodnią, Orlikowski i in. (1995) stwierdzili w pojemnikowych szkółkach roślin wrzosowatych i iglastych występowanie *P. cinnamomi* i *P. plurivora*, a straty dochodziły do 30%. Systematyczne poszerzanie asortymentu uprawianych gatunków i odmian, najczęściej importowanych z Europy zachodniej powoduje, że poszerza się liczba patogenów glebowych i nalistnych. Brasier (2008) wykazał, że międzynarodowy obrót materiałem roślinnym, w tym gatunków ozdobnych, wzrósł prawie 2-krotnie. Istnieje więc bardzo duże prawdopodobieństwo zawleczenia z importowanym materiałem patogenów nienotowanych dotychczas w Europie i szybkiego ich rozprzestrzenienia. Ocena jakościowa wód drenarskich prowadzona będzie pod kątem ich skażenia przez mikroorganizmy choro-



botwórcze dla roślin oraz przez stosowane do opryskiwania i doglebowo środki ochrony i stymulatory rozwoju roślin. Ocena wielkości drenażu oraz analiza składników mineralnych w wodach drenarskich pozwoli oszacować jak konkretna technologia nawadniania wpływa na oszczędność wody i nawozów.

## PODSUMOWANIE

Projekt został zaproponowany jako odpowiedź na realne zapotrzebowanie odbiorców gospodarczych i społecznych. Najważniejszą grupą odbiorców będą gospodarstwa szkółkarskie. Zwiększenie efektywności wody uzyskamy tu dzięki zastosowaniu zasad integrowanego nawadniania oraz automatycznego sterowania nawadnianiem z wykorzystaniem zamkniętego obiegu wody. Planowane systemy sterowania na podstawie kryteriów klimatycznych, pomiaru wilgotności podłoża, lub masy roślin oparte będą o system ekspertowy, który wyeliminuje proces podejmowania decyzji przez człowieka, a w związku z powyższym zminimalizuje prawdopodobieństwo podejmowania błędnych decyzji związanych z nawadnianiem roślin. Po uzyskaniu wyższej efektywności nawadniania określoną ilością dostępnej wody, będzie można nawadniać większą powierzchnię upraw. Optymalne nawadnianie, poprawi istotnie jakość roślin zwiększy efektywności nawożenia. Produkcja szkółkarska oraz organizacja pracy w gospodarstwie jest silnie uzależniona od warunków atmosferycznych. Przeprowadzenie projektu umożliwi szczegółową analizę powiązań między czynnikami warunkującymi potrzeby nawodnieniowe (klimatycznymi i glebowymi), co będzie istotnym elementem prac związanych z opracowaniem algorytmów sterujących nawadnianiem.

Opracowane w ramach projektu prototypowe sterowniki nawodnieniowe mogą stać się kluczowym elementem działań mających na celu unowocześnienie produkcji szkółkarskiej. Jest to nowe, dotychczas nie opracowane podejście do problemu oszczędnego wykorzystania wody w produkcji roślinnej. Dostępne na rynku sterowniki nawodnieniowe kontrolują tylko długość i częstotliwość nawadniania. Parametry te nie zmieniają wartości nastawnych aż do momentu ich przestawienia przez operatora. Sterownik nie reaguje więc w żaden sposób na zmiany warunków pogodowych. Najnowsze oferowane na światowych rynkach sterowniki nawodnieniowe są wprawdzie wyposażone w funkcję szacowania ewapotranspiracji, wadą tych urządzeń jest jednak wysoka cena a także to, że dedykowane są one przede wszystkim do sterowania nawadnianiem terenów zieleni i pól golfowych prowadzonych przede wszystkim w strefie klimatu suchego. Spodziewamy się, że proponowane rozwiązanie spotka się z zainteresowaniem ze strony podmiotów działających na rynku technologii i materiałów nawodnieniowych (producenci sprzętu, dostawcy usług). Rozwiązania te mogą być elementem nie tylko zwiększenia konkurencyjności polskiego sektora pro-

dukcji roślinnej, ale także zmiany struktury rynku poprzez udział w nim rodzimych producentów urządzeń sterujących nawadnianiem roślin.

Opracowanie metod oceny stanu jakościowego wody drenarskiej wpłynie niewątpliwie na znaczące poprawienie zdrowotności produkowanego materiału szkółkarskiego i przyczyni się do zwiększenia jego eksportu. W międzynarodowym obrocie materiałem roślinnym jest to jeden z najistotniejszych czynników decydujących o poszerzaniu rynków zbytu na produkowane rośliny. Bezpośrednim tego powodem będzie szybka detekcja i identyfikacja najgroźniejszych patogenów roślin, dających producentom podstawę do dalszych poczynań, w tym stosowania odpowiedniej ochrony, a przede wszystkim odkażania wody drenarskiej jako głównego źródła patogenów.

## LITERATURA

- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D., Smith M. (1998). *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Baille M., Baille A., Laury A. J.C. (1994). *A simplified model for predictiong evapotranspiration rate of nine ornamental species vs. climate factors and leaf area*. Scientia Hort. 59. s. 217-232.
- Bañón S., Ochoa J., Franco J., Alarcón J., Sánchez-Blanco M. (2006). *Hardening of oleander seedlings by deficit irrigation and low air humidity*. Environmental and Experimental Botany. 56: 36-43.
- Bayer A., Mahbub I, Chappell M, Ruter J., van Iersel W. (2013). *Water Use and Growth of Hibiscus acetosella 'Panama Red' grown with a Soil Moisture Sensor-controlled Irrigation System*. HortScience v. 48 (8) 8. s. 980-987.
- Beeson R. (2006). *Relationship of plant growth and actual evapotranspiration to irrigation frequency based on management allowed deficits for container nursery stock*. Journal of the American Society for Horticultural Science. 131: 140-148.
- Brand, M.H.; McAvoy, R.J.; Corbett, E.G. (1993). *Nitrate loading to the soil profile underlying two containerized nursery crops supplied controlled-release fertilizer*. J. of Environ. Hort. 11(2):82-85.
- Brasier C.M. (2008). *The biosecurity threat to the UK and global environment from international trade plants*. Plant Pathol. 57: 792–808.
- Cáceres R., Casadesús J., Marfà O. (2007). *Adaptation of an Automatic Irrigation-control Tray System for Outdoor Nurseries*. Biosystems Engineering. 6 (3), s. 419–425.
- Cameron R., Harrison-Murray R., Scott M. (1999). *The use of controlled water stress to manipulate growth of container-grown Rhododendron cv. Hoppy*. Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 74: 161-169.
- Cameron R. Harrison-Murray R. Atkinson C., Judd H. (2006). *Regulated deficit irrigation – a means to control growth in woody ornamentals*. J. of Hort. Sci. and Biotechn. 81: 435-443.

- Cameron R., Harrison-Murray R., Fordham M., Wilkinson S., Davies W., Atkinson C., Else M. (2008). *Regulated irrigation of woody ornamentals to improve plant quality and precondition against drought stress*. *Annals of Applied Biology*. 15: 49-61.
- Costa J., Ortuño M., Chaves M. (2007). *Deficit irrigation as a strategy to save water: physiology and potential application to horticulture*. *Journal of Integrative Plant Biology*. 49: 1421-1434.
- Dyśko J., Kaniszewski S., Kowalczyk W. 2013. *Wpływ bezglebowych upraw szklarniowych na zanieczyszczenie płytkich wód gruntowych odciekami nawozowymi*. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*. Nr 2/1/2013, s. 127-135.
- Eurostat Water Statistics: 2012. *Agri-environmental indicator – irrigation*. [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental\\_indicator\\_-\\_irrigation](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental_indicator_-_irrigation)
- European Environment Agency *Water resources across Europe – confronting water scarcity and drought*. (2009) Schultz Grafisk, Copenhagen.
- Farmer A., Bassi S., Fergusson M. (2008). *Water Scarcity and Droughts. Policy Department A: Economic and Scientific Policy*, DG Internal Policies, European Parliament. 2, [http://www.ieep.eu/assets/427/water\\_scarcity.pdf](http://www.ieep.eu/assets/427/water_scarcity.pdf)
- Grant O., Davies M., Longbottom H., Atkinson C. (2009). *Irrigation scheduling and irrigation systems: optimising irrigation efficiency for container ornamental shrubs*. *Irrigation Science*. 27: 139-153.
- Grant O., Davies M., Longbottom H., Herrero A., Harrison-Murray R. (2011). *Application of deficit irrigation to controlling growth of hardy nursery stock*. *Acta Hort.* 889: 409-416.
- Incrocci L., Marzalletti P., Incrocci G, Di Vita A., Balendonck J., Bibbiani C., Spagnol S., Pardossi A. (2014). *Substrate water status and evapotranspiration irrigation scheduling in heterogenous container nursery crops Agric*. *Water Management* 131 30– 40.
- Klamkowski K., Treder W. (2008). *Kalibracja sond pojemnościowych dla wybranych podłoży organicznych i mineralnych*. *Zeszyty Naukowe ISK t.16*, s. 205-211.
- Kramer P.J., Boyer J.S.(1995). *Water relations of plants and soils*. Academic Press, Inc., San Diego, USA.
- Koniarski M., Matysiak B. (2013). *Growth and development of potted Rhododendron cultivars ‘Catawbiense Boursault’ and ‘Old Port’ in response to regulated defficit irrigation*. *J. Hort. Research*. 21(1): 29-37.
- Kuchar L., Iwański S. (2013). *Ocena opadów atmosferycznych dla potrzeb produkcji roślinnej w perspektywie lat 2050-2060 i wybranych scenariuszy zmian klimatu w północno-centralnej Polsce*. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*: Nr 2(I). 187-200.
- Lea-Cox L., J.D., Ross, D.S. and Tefteau, K.M. (2004). *Developing wate and nutrient mamagement plans for container nursery and greenhouse production systems*. *Acta Hort.* 633 s.373-379.
- Ley T.W., Stevens R.G., Topielec R.R., Neibling W.H. (1994). *Soil water monitoring and measurement*. *Pacific Northwest Extension Publication 475*, s. 1 – 36.

- Lloyd J., Herms D., Rose M., Van Wagoner J. (2006). *Fertilization rate and irrigation scheduling in the nursery influence growth, insect performance, and stress tolerance of 'Sutyzam' crabapple in the landscape*. HortScience. 41: 442-445.
- Łabędzki L. (2009). *Przewidywane zmiany klimatyczne a rozwój nawodnień w Polsce*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. 1(3), s. 5-18.
- Marosz A. (2013a). *Changes in ornamental nursery production following Polish integration with the European Union*. Ann. Warsaw Univ. Life Sci. – SGGW, Horticult. Landsc. Architect. 34: 51-60.
- Marosz A. (2013b). *Systemy nawadniania i zużycie wody w szkółkach roślin ozdobnych w Polsce na podstawie badań ankietowych*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. 03 (3): s. 137–152
- Orlikowski L.B., Gabarkiewicz R., Skrzypczak Cz. (1995). *Phytophthora species in Polish ornamental nurseries. I. Isolation and identification of Phytophthora species*. Phytopathol. Pol. 9: 73-79
- Orlikowski L.B., Ptaszek M., Trzewik A., Wierchowski M. (2012). *Występowanie i ocena chorobotwórczości izolatów Phytophthora spp. uzyskanych z rzek i zbiornika wodnego*. Sylwan 156: 533-541
- Skimina C.A. (1992). *Recycling water, nutrients and waste in the nursery industry*. HortScience 27: 968-971
- Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J., Hanson C.E., (eds), Climate Change (2007). Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 2007.
- Ponder G.H., Gillian H., Evans C.E. (1984). *Trickle irrigation of field-grown nursery stock based on net evaporation*. HORTSCIENCE 19(2): 304-306.
- Silber A., Levi M., Cohen M., David N., Shtaynmetz Y., Assouline S. (2007). *Response of Leucadendron 'Safari Sunset' to regulated deficit irrigation: Effects of stress timing on growth and yield quality*. Agric. Water Management. 87: 162-170.
- Snyder R.L., Lanini B.J., Shaw D.A., Pruitt W.O. (1987). *Using reference evapotranspiration (ET<sub>r</sub>) and crops coefficients to estimate crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>) for agronomic crops, grasses, and vegetable crops*, University of California, Division of Agricultural and Natural Resources, Leaflet 21427, 12 pp.
- Stanghellini, C., Bosma A.H., Gabriels P.C.J., Werkoven C. (1990). *The water consumption of agricultural crops: how crop coefficient are affected by crop geometry and microclimate*, Acta Hort. 278, 509–516.
- Treder, J., Matysiak, B., Nowak, J. and Treder, W. (1997). *Evapotranspiration and potted plants water requirements as affected by environmental factors*. Acta Hort. 449, s. 235-240.
- Treder J., Treder W, Klamkowski K., Borkowska A., Tryngiel-Gać A. (2013). *Wpływ sposobu nawadniania gerbery na wzrost roślin i plon kwiatów*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. 1 (II), s. 63–72
- Treder W. (2007). *Możliwości wykorzystania czujników pojemnościowych do kontrolowania nawadniania szkółek*. Materiały, XI Ogólno.Konf. Szkółkarska, ISK, Skierniewice, .s. 77-84.

- Treder W., Wójcik K., Żarski J. (2010). *Wstępna ocena możliwości szacowania potrzeb wodnych roślin na podstawie prostych pomiarów meteorologicznych*. Zesz. Nauk. Inst. Sadow. Kwiac. 18: 143-153.
- Wada Y., van Beek L. P. H., Bierkens F. P. (2011). *Modelling global water stress of the recent past: on the relative importance of trends in water demand and climate variability*. Hydrol. Earth Syst. Sci., 15,, s. 3785–3808.
- Warsaw A. L. i Fernandez R. T. (2009). *Container-grown ornamental plant growth and water runoff nutrient content and volume under four irrigation treatments*. HortScience 44(6), s. 1573–1580.

Prof. dr hab. Waldemar Treder  
Dr hab. Jadwiga Treder  
Dr hab. Bożena Matysiak  
Prof. dr hab. Leszek Orlikowski  
Dr Krzysztof Klamkowski  
Mgr Anna Tryngiel-Gać  
Instytut Ogrodnictwa  
96-100 Skierniewice, ul. Konstytucji 3 Maja 1/3  
Tel. 46 8345246 e-mail: waldemar.treder@inhort.pl

Małgorzata Czajka  
SensorTech S.A.

Wpłynęło: 29.12.2014.

Akceptacja do druku: 17.04.2015.