

Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie

**prof. dr hab. Stanisław Kaniszewski
prof. dr hab. Waldemar Treder
Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach**

RACJONALNE NAWADNIANIE WARZYW

Brwinów 2021

Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie

ISBN 978-83-88082-44-3

Wydawca: Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie

Projekt okładki Agnieszka Leitgeber-Graczyk

Korekta redakcyjna: Marta Gajewska, Anna Kowalska, Łukasz Laskowski

Skład: db PRINT POLSKA Sp. z o.o.

Druk: db PRINT POLSKA Sp. z o.o

Autor

prof. dr hab. Stanisław Kaniszewski, prof. dr hab. Waldemar Treder

Nakład: 1500 szt.

Poradnik opracowano w ramach Planu operacyjnego KSOW na lata 2020-2021.
Operacja pt. „Dobre praktyki w gospodarowaniu wodą w rolnictwie i na obszarach wiejskich.”



„Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie”
Publikacja opracowana przez prof. dr hab. Waldemara Tredera i prof. dr hab. Stanisława Kaniszewskiego na zlecenie Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie w ramach operacji „Dobre praktyki w gospodarowaniu wodą w rolnictwie i na obszarach wiejskich”. Operacja współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Schematu II Pomocy Technicznej „Krajowa Sieć Obszarów Wiejskich” Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020.
Instytucja Zarządzająca Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020 - Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Spis treści

1. Wstęp	7
2. Kryteria nawadniania roślin	9
3. Systemy nawadniania	15
4. Źródła i jakość wody do nawadniania	22
5. Zasady integrowanego nawadniania	28
6. Nawadnianie warzyw	33
6.1. Nawadnianie warzyw korzeniowych	35
6.1.1. Marchew	35
6.1.2. Pietruszka	39
6.1.3. Seler korzeniowy	41
6.1.4. Burak ćwikłowy	43
6.1.5. Pasternak	44
6.1.6. Agrotechniczne metody ograniczania ewaporacji	45
6.2 Nawadnianie warzyw kapustowatych	49
6.2.1. Kalafior	49
6.2.2. Brokuł	52
6.2.3. Kapusta głowiasta biała, czerwona, włoska	54
6.2.4. Jarmuż	57
6.2.5. Agrotechniczne metody ograniczania ewaporacji	58
8.3. Nawadnianie warzyw cebulowatych i liściowych	63
8.3.1. Cebula	63
6.3.2. Por	66
6.3.3. Czosnek	68
6.3.4. Sałata	69
6.3.5. Szpinak	71
6.3.6. Seler naciowy	72
6.3.7. Agrotechniczne metody ograniczania ewaporacji	73
6.4. Nawadnianie warzyw psiankowatych i dyniowatych	77
6.4.1. Pomidor	77
6.4.2. Papryka	81
6.4.3. Ogórek	82
8.4.4. Dynia	85
8.4.5. Agrotechniczne metody ograniczenia ewaporacji	87

Kryteria, zasady i systemy nawadniania roślin

1. Wstęp

Polska ma jeden z najgorszych bilansów wodnych w Europie. Powodem takiej sytuacji są małe opady roczne (średnio ok. 650 mm), wysoka ewapotranspiracja* (450 mm) i mały udział dopływu rzecznej spoza granic kraju (13%). Ograniczone zasoby wodne mogą w przyszłości stanowić barierę rozwoju gospodarczego kraju oraz negatywnie wpływać na stan środowiska i jakość życia społeczeństwa.

Dostępność wody jest jednym z ważniejszych czynników określających możliwość rozwoju gospodarczego. Przy obecnie panujących tendencjach, wraz ze wzrostem populacji, zwiększa się zapotrzebowanie na wodę. Wynika to nie tylko z poprawy jakości życia i wzrostu przemysłowania, ale także z intensyfikacji rolnictwa, które w wielu rejonach świata jest głównym konsumentem wody. Z powodu znacznego zwiększenia powierzchni upraw nawadnianych w latach 1960 - 2000 zużycie wody na świecie wzrosło dwukrotnie. Także w skali naszej gospodarki rolnictwo jest znaczącym konsumentem wody.

Chcąc konkurować na rynkach światowych polskie rolnictwo zmuszone zostanie do znacznego zwiększenia powierzchni nawadnianych upraw, a więc i większego zużycia wody. Konieczne jest zatem podjęcie działań na rzecz stosowania racjonalnych metod gospodarowania wodą, retencjonowania powstałych zasobów wodnych, ich zagospodarowywania i ochrony. W celu zwiększenia efektywności wykorzystania wody i zminimalizowania jej strat rolnicy powinni wykorzystywać oszczędne metody nawadniania, połączone z nawykiem poszanowania tego surowca. Istotne jest wprowadzenie metod integrowanego nawadniania, polegające na tym, by nawadniać tylko wtedy, gdy przyniesie to oczekiwane efekty związane ze zwykłą plonem i poprawą jego jakości. Kluczowe znaczenie ma także zastosowanie automatyki nawadniania, która wyeliminuje możliwość popełnienia błędów przez użytkownika, a tym samym znacząco obniży straty wody.

Obecnie nawadnianie upraw w wielu gospodarstwach stosuje się jeszcze w ograniczonym zakresie. Wynika to często ze względów ekonomicznych i braku dostępu do odpowiedniej ilości i jakości wody. Prognozowane zmiany klimatu w perspektywie 40-50 lat wskazują na konieczność stosowania nawadniania w połowej produkcji ogrodniczej. Zgodnie z różnymi scenariuszami zmian klimatu w Europie Centralnej, kilkustopniowemu wzrostowi temperatury nie będzie towarzyszył istotny wzrost opadów. Nasili się występowanie zjawisk ekstremalnych takich jak susze czy lokalnie występujące gwałtowne ulewy, charakteryzujące się bardzo niską efektywnością. Obecnie można zaobserwować zmianę rozkładu opadów w ciągu roku – ich wzrost w okresie zimowym i spadek w okresie letnim. Wszystkie powyższe czynniki wpłyną na pogorszenie bilansu wodnego, dlatego też konieczne jest podjęcie szeregu działań zarówno profilaktycznych, jak i interwencyjnych.

Działania profilaktyczne to oszczędzanie wody, które ma wymiar nie tylko proekologiczny, ale również ekonomiczny. Ograniczone zasoby wodne mogą w przyszłości stanowić barierę rozwoju nie tylko dla szeroko pojętego rolnictwa, ale także innych działów gospodarki. Dlatego należy jak najoszczędniej gospodarować zasobami wodnymi, wodę pobierać tylko zgodnie z regulacjami opisanymi w Prawie Wodnym.

W warunkach Polski podstawowym źródłem wody dla roślin uprawianych w polu są opady atmosferyczne. Bardzo niekorzystnym obserwowanym obecnie zjawiskiem jest zwiększe-

nie częstotliwości występowania lat z wysokimi niedoborami opadów oraz coraz częstsze występowanie ciągów (następujących po sobie) lat suchych. Średnio w okresie wielolecia dotkliwe susze w Polsce występowały raz na 4 - 5 lat. Ostatnie dotkliwe susze rolnicze na terenie całego kraju wystąpiły w 2015, 2018 i 2019 roku. Powoduje to, że wielkość i rozkład opadów w czasie jest niewystarczająca dla uprawy warzyw, drzew i krzewów owocowych. Działaniami zapobiegającymi suszy jest zwiększanie pojemności wodnej gleb poprzez odpowiednie zbięgi agrotechniczne lub ograniczanie ewaporacji poprzez stosowanie ściółek. Lata suche oraz intensyfikacja produkcji sprawiają, że zabiegi profilaktyczne są niewystarczające i konieczne jest zastosowanie nawadniania.

Przy planowaniu nawadniania należy wziąć pod uwagę wiele czynników, zarówno technicznych, technologicznych, jak i ekonomicznych. Wybór optymalnego, efektywnego dla danego gospodarstwa i uprawy sposobu nawadniania wymaga podstawowej wiedzy technicznej. Wiedza ta jest także potrzebna do obiektywnej oceny jakości oferowanych rozwiązań. Cena nie może być traktowana jako jedyne kryterium wyboru konkretnego rozwiązania technicznego. Instalacje nawodnieniowe buduje się na co najmniej kilka lat. Muszą być jak najmniej zawodne, zwłaszcza, że w okresie wzrostu roślin nie ma możliwości na dodatkowe naprawy i przeróbki. Złej jakości przewody, elementy złączne i emiterzy są przyczyną częstej awaryjności instalacji nawodnieniowych. Skutkuje to stratą czasu, wody, energii i nawozów. W celu optymalnego wykorzystywania wody konieczna jest także wiedza o potrzebach wodnych roślin i praktycznym stosowaniu kryteriów nawodnieniowych.

** Ewapotranspiracja - całokształt procesów związanych z odpływem do atmosfery wody parującej z powierzchni gleby (ewaporacja) pokrytej roślinnością (transpiracja). Na wielkość ewapotranspiracji wpływają czynniki meteorologiczne (m. in. temperatura i wilgotność powietrza, radiacja słoneczna, prędkość wiatru), glebowe (m. in. skład mechaniczny, wilgotność) oraz roślinne (m. in. gatunek, faza rozwojowa, zawartość łanu).*

2. Kryteria nawadniania roślin

Kryteria nawadniania roślin to nic innego jak mierzalne parametry według, których prowadzi się nawadnianie. Teoretycznie można stosować kryteria roślinne, klimatyczne i glebowe. Ze względu na małą dostępność tanich i wiarygodnych czujników roślinnych, w praktyce do planowania częstotliwości nawadniania wykorzystuje się kryteria klimatyczne i/lub glebowe.

Kryteria klimatyczne

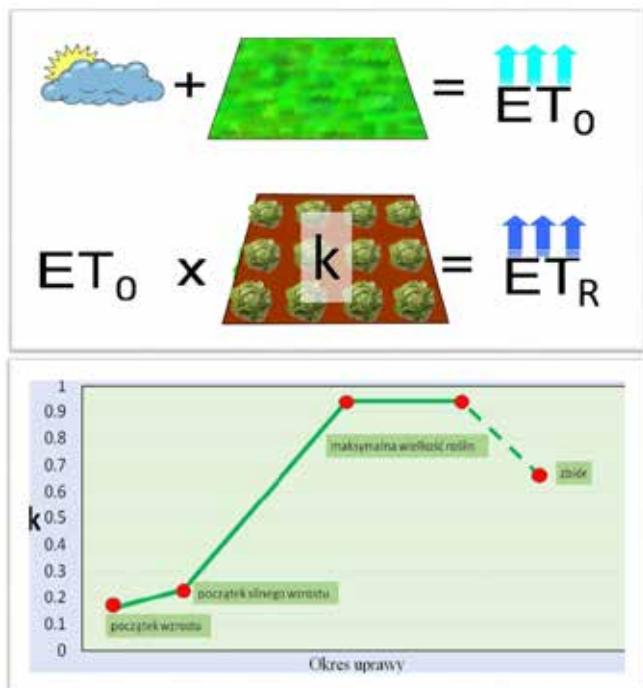
Potrzeby wodne roślin zależne są od przebiegu warunków pogody, specyficznych cech gatunkowych oraz wielkości roślin. Przebieg pogody wpływa na wysokość parowania z powierzchni gleby (ewaporacja) oraz roślin (transpiracja). Suma parowania nazywana jest ewapotranspiracją. Wartość ewapotranspiracji określonego gatunku roślin szacuje się poprzez wyznaczenie tzw. ewapotranspiracji wskaźnikowej (ET₀), która określa zdolność atmosfery do wywołania parowania wody z powierzchni pokrytej roślinami, przy optymalnej wilgotności gleby (odnośnikiem jest tu łąk trawy). Potrzeby wodne określonego gatunku roślin (ewapotranspiracja rzeczywista ETR) określana jest poprzez pomnożenie wartości ewapotranspiracji wskaźnikowej przez specyficzny dla każdego gatunku roślin współczynnik roślinny (k).
Rys. 1. Schemat metodyki wyznaczania potrzeb wodnych roślin

$$ETR = k \cdot ET_0$$

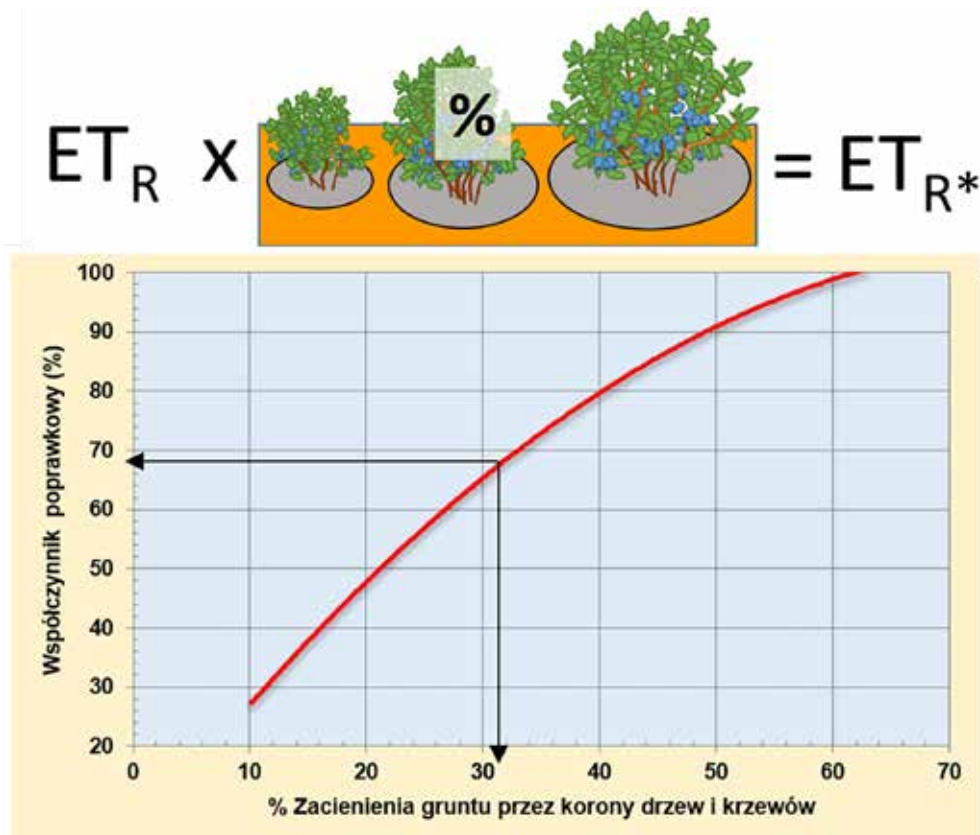
Wartość tego współczynnika jest charakterystyczna dla każdego gatunku roślin i zmienia się w poszczególnych fazach rozwojowych (Rys. 1).

Ponadto przy obliczaniu ewapotranspiracji rzeczywistej u roślin sadowniczych uwzględnia się wielkość korony drzew i krzewów. Wyznaczoną wcześniej wartość ETR mnoży się przez współczynnik poprawkowy, uwzględniający wielkość drzew lub krzewów. Wysokość współczynnika poprawkowego można wyznaczyć za pomocą nomogramu przedstawionego na (rys 2.)

Rys. 1. Schemat metodyki wyznaczania potrzeb wodnych roślin



Rys. 2. **Nomogram do wyznaczania wartości współczynnika poprawkowego uwzględniającego wielkość koron drzew lub krzewów.**



W warunkach klimatycznych Polski maksymalna ewapotranspiracja przypada na lipiec i sierpień. Jej średnia dzienna wartość w tym okresie wynosi zazwyczaj około 3,5 mm (35 m³ wody/ha/dobę), jednak w bardzo upalne i wietrzne dni może przekraczać 5 mm na dobę. Oznacza to, że w takich warunkach użytki zielone przy optymalnej wilgotności gleby pobierają ponad 50 m³ wody dziennie. Ponieważ wielkość ewapotranspiracji (ET₀) zależy od parametrów pogodowych (temperatura i wilgotność powietrza, promieniowanie słoneczne, prędkość wiatru), można ją obliczyć wykorzystując dane meteorologiczne lub odczytać z automatycznej stacji meteorologicznej (o ile stacja ma taką funkcjonalność), (Fot. 1).

W celu ułatwienia ogrodnikom praktycznego stosowania integrowanego nawadniania, w Instytucie Ogrodnictwa opracowano Internetową Platformę Wspomagania Decyzji Nawodnieniowych (IPWDN): <http://www.nawadnianie.inhort.pl>. Serwis poświęcony jest nawadnianiu wszystkich rodzajów upraw ogrodniczych. Na stronie można znaleźć publikacje naukowe, artykuły popularnonaukowe oraz wykłady poświęcone nawadnianiu. Bardzo ważnym elementem serwisu są aplikacje obliczeniowe, które pozwalają na wyznaczenie wielu istotnych parametrów przydatnych przy prowadzeniu nawadniania i fertygacji roślin ogrodniczych (m. in. według kryteriów klimatycznych i glebowych). Na stronie portalu umieszczono kalkulatory do wyznaczania ewapotranspiracji wskaźnikowej www.nawadnianie.inhort.pl/

Fot. 1. **Automatyczna stacja meteorologiczna**

eto, a także aplikacje służące do wyznaczania potrzeb wielu gatunków roślin sadowniczych i warzywnych na podstawie obliczonej wcześniej ewapotranspiracji. Wymienione informacje można znaleźć na stronach:

- rośliny sadownicze: <http://www.nawadnianie.inhort.pl/potrzeby-nawadniania-rs>.
- rośliny warzywne: <http://www.nawadnianie.inhort.pl/potrzeby-wodne-rw>

Na platformie zamieszczono również metodyki, opisujące sposób samodzielnego wyznaczania potrzeb wielu gatunków roślin: <http://www.nawadnianie.inhort.pl/metodyki>

Metoda nawadniania oparta na kryteriach klimatycznych bardzo dobrze sprawdza się w praktyce, na co wskazują wyniki badań. Należy jednak podkreślić, że wymaga ona odpowiedniej wiedzy, doświadczenia, wiarygodnych danych meteorologicznych i zaangażowania czasu własnego.

Kryteria glebowe

Alternatywą lub uzupełnieniem dla metod opartych o analizę danych klimatycznych są techniki wykorzystujące pomiary parametrów glebowych. Właściwości wodne gleby można opisać dwójako:

- określając ilość wody w danej objętości (lub masie) gleby,
- charakteryzując jej dostępność (potencjał), poprzez określenie siły, z jaką jest zatrzymywana w glebie/podłożu. Potencjał wody w glebie przyjmuje wartości ujemne (w wodzie wynosi 0) i jest wyrażany w jednostkach podciśnienia.

Stan uwodnienia może zostać określony poprzez trzy poziomy charakterystyczne dla każdego typu gleby: maksymalną pojemność wodną (MPW), połowę pojemność wodną (PPW) i punkt trwałego wędnięcia (PTW).

MPW – to maksymalna ilość wody jaką gleba może zgromadzić w profilu, odpowiadająca całkowitemu nasyceniu wodą wszystkich porów glebowych.

Fot. 2. **Bezprzewodowa sonda pomiarowa**



Fot. 3. **Tensjometr**



PPW – to zawartość wody w momencie, gdy ustanie odpływ wody grawitacyjnej, która znajdowała się w największych porach glebowych i odpłynęła w głąb profilu dzięki sile grawitacji.

PTW – określa stan, kiedy zawartość wody w glebie zmniejsza się aż do poziomu, w którym nie może już zostać pobrana przez rośliny. Prowadzi to do trwałego wędnięcia roślin, co oznacza, że nie odzyskują one pełnego turgoru, nawet w przypadku zwiększenia zawartości wody w glebie.

Na podstawie powyższych kategorii można obliczyć zapas wody ogólnie dostępnej dla roślin (PPW-PTW). W praktyce nawadnianie rozpoczyna się w momencie wyczerpywania zapasu tzw. wody bardzo łatwo dostępnej. Potencjał wodny gleby, która zawiera wodę bardzo łatwo dostępną, mieści się w zakresie (od -20 do -70 kPa). Potencjał ten można zmierzyć za pomocą tensjometrów (Fot. 2).

Tensjometr składa się z ceramicznego sącza, rurki z tworzywa sztucznego i wakuometru (miernika podciśnienia). Po napełnieniu tensjometru wodą i umieszczeniu go w glebie ustala się stan równowagi. Gdy gleba przesyca, woda przemieszcza się do niej przez element ceramiczny powodując zmianę ciśnienia w rurce, a przez to i odczytu na mierniku.

W handlu dostępne są tensjometry o zróżnicowanej długości, umożliwiające pomiar potencjału wody w glebie na różnych głębokościach. Zakres działania tensjometru wynosi od 0 (pełne nasycenie gleby wodą) do ok. (- 80) kPa. Tensjometr jest urządzeniem wymagającym nadzoru. W przypadku zbyt niskiego potencjału do wnętrza tensjometru może dostać się powietrze. Zapowietrzony tensjometr podaje błędny odczyt, zatem należy go ponownie napełnić wodą. Istnieje możliwość podłączenia tensjometrów do układów elektronicznych, co umożliwi automatyczny odczyt, rejestrację danych, a także możliwość kontrolowania pracy zaworów.

Tensjometr należy umieścić w strefie korzeniowej roślin na głębokości zalegania głównej masy korzeniowej, w obszarze, gdzie działanie systemu nawadnieniowego ma wpływ na zmiany potencjału wodnego gleby. Te same zalecenia dotyczą czujników mierzących wilgotność gleby (zawartość wody w glebie). Sama wilgotność nie mówi jeszcze o potencjale wodnym gleby, ale można założyć, że rośliny będą miały nieograniczony dostęp do wody, przy utrzymaniu jej wilgotności w zakresie 80-100% polowej pojemności wodnej. Obserwacja

Rys. 3. **Bezprzewodowy system czujników pomiarowych i sterowania zaworami Agreus.**

przebiegu odczytów miernika wilgotności umożliwia wyznaczenie punktu, odpowiadającego połowej pojemności wodnej. Jest to wartość odczytu od 1 do 2 dni po intensywnych opadach deszczu lub intensywnym nawadnianiu.

Poziom optymalnej wilgotności można również wyznaczyć organoleptycznie, pobierając próbki gleby i ściskając je w dłoni. Jeżeli woda z gleby daje się łatwo wycisnąć, przypuszczalnie gleba jest bardzo wilgotna (wilgotność zbliżona do wartości PPW nawet wyższa). W przypadku, gdy powstała po zgnieceniu bryłka rozsypuje się i nie zostawia wilgoci na palcach, gleba jest za sucha. Można przyjąć, że gleba o optymalnej wilgotności po zgnieceniu stworzy trwałą bryłkę, a na dłoni i palcach pozostanie ślad wilgoci. Przy takiej wilgotności gleby należy odczytać wartość na posiadanym mierniku i w ten sposób wyznaczyć próg wilgotności. Nie należy dopuszczać, aby gleba przesychała dużo poniżej tego progu.

Wilgotność gleby można wyznaczać za pomocą różnego rodzaju mierników. Najprostsze wykorzystują zjawisko wpływu wody na zmiany oporności elektrycznej, mierzonej w porowatym bloczku umieszczonym w glebie. Zaawansowane urządzenia monitorują zmiany przenikalności elektrycznej gleby (Fot 3.). Czujniki tego typu znajdują coraz szersze zastosowanie do kontrolowania wilgotności gleby w warunkach polowych oraz wilgotności podłoża bezglebowych w uprawach pod osłonami. Zaletą czujników nowej generacji jest łatwa integracja z systemami

Fot. 4. **Miernik z sondą pomiarową**

gromadzenia danych oraz możliwość przesyłania wyników pomiarów bezprzewodowo.

Obecnie na rynku znajdują się także sondy pomiarowe całkowicie bezprzewodowe, zasilane solarnie, umożliwiające odczyt mierzonych parametrów w aplikacji internetowej. Tego rodzaju czujniki glebowe mogą mierzyć wilgotność, temperaturę, ale także zasolenie gleby, dzięki czemu użytkownik może w sposób bardziej precyzyjny sterować nie tylko nawadnianiem, ale także nawożeniem. Umieszczenie w jednej sondzie pomiarowej czujników na różnych poziomach pozwala na monitorowanie parametrów glebowych na kilku głębokościach profilu glebowego. Uzyskane w ten sposób informacje pozwalają między innymi na obiektywną ocenę efektywności opadów oraz ich wpływu na wymywanie składników mineralnych w głąb gleby.

Najnowsze rozwiązania na poziomie tzw. internetu rzeczy (IoT) pozwalają na budowę bezprzewodowych systemów automatycznego sterowania nawadnianiem na podstawie monitoringu wilgotności i zasolenia gleby. Bezprzewodowy jest nie tylko odczyt mierzonych parametrów, ale także sterowanie zaworami (Fot. 4.) i (Rys. 3).

Wymienione w powyższym rozdziale kryteria nawadniania mogą być stosowane rozdzielnie lub łącznie. W zależności od potrzeb nawadnianej uprawy i posiadanych rozwiązań technicznych może to być:

- określanie częstotliwości i dawki wody na podstawie szacowanej ewapotranspiracji, przy wspomaganie się okresowymi pomiarami wilgotności gleby;
- nawadnianie na podstawie pomiarów wilgotności (potencjału wodnego) gleby.

Bardzo ważnymi elementami przy podejmowaniu decyzji o nawadnianiu są także: znajomość okresów krytycznych wrażliwości na suszę poszczególnych gatunków roślin, głębokości ich korzenia się, a także posiadana wiedza na temat właściwości wodnych gleb.