

Piotr Skowron¹, Damian Wach¹, Tamara Jadczyzyn¹, Sebastian Kuśmierz²

¹Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

²Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

WYKORZYSTANIE NARZĘDZI WSPOMAGANIA DECYZJI
W RACJONALNYM NAWOŻENIU, NA PRZYKŁADZIE SYSTEMU
FAST, KALKULATORA MANURE STANDARDS
I NARZĘDZIA INTERNAW*

Słowa kluczowe: nawozy naturalne, azot, fosfor, program azotanowy

Wstęp

Stale rosnąca populacja ludzi na Ziemi, przy ograniczonych możliwościach produkcyjnych agroekosystemów, powoduje szereg trudności w racjonalnym gospodarowaniu rolniczą przestrzenią produkcyjną. Szacuje się, że do roku 2050 liczba ludności na świecie osiągnie poziom 10 miliardów (4, 22), co przy postępujących globalnych zmianach klimatycznych będzie skutkowało ciągłym przyrostem populacji narażonej na głód (2). Obecnie w rolnictwie obserwuje się wzrost znaczenia działań rolno-środowiskowych w skali zarówno pojedynczego gospodarstwa, jak również regionów, całych państw i struktur międzynarodowych (13, 15, 22). W konsekwencji wybór strategii zarządzania gospodarką rolną odbywa się wielopłaszczyznowo, począwszy od podejmowania decyzji na poziomie pojedynczego gospodarstwa, poprzez prawo krajowe, a kończąc na dyrektywach Unii Europejskiej (1, 26).

Postępująca intensyfikacja rolnictwa, oparta na chemizacji i wprowadzaniu do agroekosystemów dużych dawek składników pokarmowych, jest przyczyną znacznego wzrostu antropogenicznych presji środowiskowych. Brak racjonalnego gospodarowania rolniczą przestrzenią produkcyjną w konsekwencji powodować może szereg niekorzystnych zjawisk, takich jak wzbogacanie wód powierzchniowych w biogeny, eutrofizacja zbiorników i cieków wodnych, zakwaszenie i zasolenie gleby, spadek bioróżnorodności czy spadek jakości plonów (18).

*Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.1 pt. „Nawożenie użytków rolnych” z dotacji budżetowej przeznaczonej na realizację zadań MRiRW w 2021 r.

Jednym ze środków wspierających działania rolno-środowiskowe, pozwalającym na uzyskanie pożądaných plonów przy możliwie najmniejszym wpływie na środowisko naturalne, jest wykorzystanie planu nawożenia opartego na poprawnie zbilansowanych składnikach pokarmowych NPK, połączonego z systemowym zarządzaniem nawozami w gospodarstwie. Niestety barierą utrudniającą lub niekiedy uniemożliwiającą wdrażanie takich rozwiązań na poziomie krajowym jest stosunkowo wysoki koszt tego typu inwestycji na poziomie państwa lub regionu. Narzędzia wspomaganie decyzji w nawożeniu są oparte na wynikach badań naukowych, przepisach prawnych, obowiązujących w poszczególnych krajach i zasadach dobrej praktyki rolniczej (12). W Polsce aktualnie obowiązującymi aktami prawnymi, które mają tu zastosowanie są: ustawa Prawo wodne (24) i akt wykonawczy do tej ustawy – rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu” (program azotanowy) (17). Już od lat 90. dostępne były odpowiednie do przygotowania planu nawożenia narzędzia informatyczne, takie jak programy komputerowe (NAW-1, NAW-2, NAW-3, Agronom, Plano RS, NawSald, Macrobil) czy kalkulatory internetowe, opracowane przez IUNG-PIB w Puławach, które umożliwiają sporządzanie kompleksowego planu nawożenia podstawowymi składnikami pokarmowymi NPKMg oraz wapnowania gleb. Obecnie IUNG-PIB jest zaangażowany w projekt InterNAW finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, który ma na celu budowę nowego i efektywnego modelu interaktywnego systemu wspierania decyzji agrochemicznych mającego optymalizować nawożenie i chronić wody przed zanieczyszczeniami pochodzenia rolniczego. W ramach tego projektu przygotowano narzędzie informatyczne służące do opracowania kompleksowych planów nawożenia i wapnowania gleb. Narzędzie to będzie udostępnione nieodpłatnie na stronie internetowej Krajowej Stacji Chemiczno-Rolniczej. Jest ono przeznaczone do pracy na komputerach stacjonarnych, jak i na urządzeniach mobilnych. W realizacji założeń programu azotanowego pomagają arkusze MS Excel opracowane i udostępnione przez CDR Brwinów, Oddział w Radomiu (10). Działanie wszystkich tych narzędzi oparte jest na zasadzie zrównoważonego zarządzania składnikami pokarmowymi. Zgodnie z tą zasadą ilość składników pokarmowych wnoszona w nawozach naturalnych i organicznych jest uzupełniana o ilości zawarte w nawozach mineralnych, przy czym w bilansie uwzględnia się zasobność gleby w analizowane składniki pokarmowe. Celem pracy jest przedstawienie rozwijanych obecnie systemów i narzędzi służących wspieraniu decyzji agrotechnicznych, które będą miały duże znaczenie w realizacji celów Wspólnej Polityki Rolnej (WPR).

Narzędzie FaST a Wspólna Polityka Rolna

Działania Unii Europejskiej (UE) w zakresie sektora rolnego określane są mianem Wspólnej Polityki Rolnej. Trudności w realizacji celów WPR stanowią podstawę do stworzenia systemów o wysokim stopniu indywidualizacji, umożliwiających

prowadzenie wielkoskalowych strategii rolno-środowiskowych (2, 19). W grudniu 2019 roku Komisja Europejska przygotowała komunikat dotyczący Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ), który jest nową strategią mającą na celu przestawić całą gospodarkę europejską (w tym rolnictwo) i społeczeństwo na tory zrównoważone. Jednym z elementów EZŁ jest zaprezentowana w 2020 roku przez KE strategia „od pola do stołu”, której założeniem jest stworzenie sprawiedliwego, zdrowego i przyjaznego środowiska systemu żywnościowego, gdzie żywność byłaby wytwarzana w sposób bezpieczny dla środowiska przyrodniczego oraz neutralny klimatycznie.

Jednym z głównych celów strategicznych EZŁ jest zmniejszenie strat składników pokarmowych o co najmniej 50%, co miałyby wynikać z ograniczenia stosowania nawozów o co najmniej 20%, przy równoczesnym zachowaniu żyzności gleby. Spełnienie tych celów oraz ich zabezpieczenie finansowe będzie realizowane głównie poprzez działania w obszarze WPR w latach 2021–2027. W zakres tych działań oprócz dobrowolnych praktyk w ramach płatności bezpośrednich wchodzi opracowanie i przestrzeganie planu nawożenia z wykorzystaniem narzędzia FaST (Farm Sustainability Tool). Jest to skierowana do rolników i wspierana przez Unię Europejską platforma usług cyfrowych, na której udostępniane są możliwości ograniczenia w zakresie rolnictwa, ochrony środowiska i przepisów administracyjnych obowiązujących na danym obszarze. Platforma FaST ma na celu wspomaganie działań w ramach WPR, począwszy od poziomu pojedynczego gospodarstwa, poprzez jednostki administracyjne krajów członkowskich, kończąc na instytucjach UE (7). Nie ulega wątpliwości, że to właśnie WPR jest główną polityką UE, kształtującą rozwój sektora rolnego oraz bezpośrednio wpływającą na to, jak poszczególni rolnicy decydują się zarządzać swoją ziemią, uprawami i inwentarzem.

Czynnikiem mającym kluczowy wpływ na genezę narzędzia FaST była potrzeba stworzenia uniwersalnej platformy wspierającej indywidualnych rolników w wypełnianiu zobowiązań krajów członkowskich zapisanych w artykule 39 Traktatu o funkcjonowaniu Unii Europejskiej (TFUE) (23). Realizacja celów WPR oraz zobowiązań wynikających z art. 39 TFUE jest utrudniona z uwagi na mnogość interakcji pomiędzy czynnikami agroklimatycznymi o wyjątkowo dużym zróżnicowaniu przestrzennym w obrębie UE oraz stosowane praktyki rolnicze w poszczególnych krajach członkowskich (20).

Pierwsze odniesienia do narzędzia FaST znajdują się w propozycji rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) z dnia 1 czerwca 2018 (16). Pierwotnie narzędzie FaST znajdowało się w pierwszym filarze WPR jako norma GAEC 5 „Stosowanie narzędzia dotyczącego zrównoważonego charakteru gospodarstw rolnych w zakresie składników pokarmowych (FaST)”, która stanowiła element nowej wzmocnionej warunkowości, co oznaczało obowiązkowe jej wprowadzenie w krajach członkowskich dla beneficjentów wsparcia. Wydawało się to logiczne ze względu na określone cele strategiczne EZŁ oraz na to, że norma ta wprowadzała konkretne narzędzie umożliwiające zrównoważone zarządzanie nawożeniem, co powodowałoby w jakimś stopniu rzeczywistą kontrolę rozproszenia biogenów. Jednakże

na skutek negocjacji i kompromisu w Radzie ds. Rolnictwa i Rybołówstwa z dnia 21 października i głosowania w Parlamencie Europejskim (PE) z 23 października 2020 roku element ten został wykreślony z obowiązkowej warunkowości i przeniesiony do ekoschematów dobrowolnych dla rolnika. Oznacza to, że norma może, lecz nie musi być wybierana przez rolników do realizacji i pozyskiwania dopłat. Powoduje to znaczące osłabienie jej znaczenia w realizacji nowej WPR.

Co to jest narzędzie FaST i jaki jest postęp prac przy jego tworzeniu

Według KE platforma usług cyfrowych FaST, wspierana przez Dyрекcję Generalną ds. Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich Komisji Europejskiej (DG AGRI), Dyрекcję Generalną ds. Przemysłu Obronnego i Przestrzeni Kosmicznej (DG DEFIS) oraz Dyрекcję Generalną ds. Informatyki (DG DIGIT), ma w przyszłości udostępnić rolnikom z UE nowe narzędzie wsparcia rolnictwa, środowiska i zrównoważonego rozwoju. Korzystać z niego będą również agencje płatnicze państw członkowskich, doradcy rolni, naukowcy i twórcy rozwiązań cyfrowych. Ambicją tej platformy jest, aby FaST stał się wiodącym na świecie rozwiązaniem dla zrównoważonego i konkurencyjnego rolnictwa, opierając się na danych kosmicznych (Copernicus i Galileo) oraz innych publicznych i prywatnych bazach danych. Modułowa platforma będzie wspierać rolnictwo UE i WPR, umożliwiając korzystanie z rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji, stosowanych do rozpoznawania obrazów, a także wykorzystywać dane sektora publicznego oraz informacje generowane przez użytkowników.

Pierwsza wstępna charakterystyka narzędzia FaST znalazła się we wspomnianym wcześniej projekcie rozporządzenia PE i Rady UE z dnia 1 czerwca 2018 (16). Zaproponowano tam, aby częścią nowych wymogów podstawowych – norm dobrej kultury rolnej zgodnej z ochroną środowiska (GAEC), były plany gospodarki składnikami pokarmowymi. Projektowane narzędzie miałyby pomóc w opracowywaniu takich planów w gospodarstwach rolnych, a poszczególne państwa członkowskie miałyby je udostępniać rolnikom. Oprócz tej podstawowej funkcjonalności FaST miałyby mieć strukturę modułową i powinien umożliwić dodawanie innych funkcji zarządzania gospodarstwem oraz zbieranie danych przez agencje płatności i inne instytucje publiczne. KE deklaruje wsparcie państw członkowskich w opracowywaniu wspomnianego narzędzia, a także w świadczeniu koniecznych do jego funkcjonowania usług przechowywania i przetwarzania danych, aby zapewnić równe warunki działania dla rolników w całej UE.

W propozycji rozporządzenia, w załączniku III do przepisów dotyczących warunkowości, można odnaleźć szczegółową specyfikację, która określa minimalne wymagania, jakie powinno spełniać narzędzie FaST:

- informacje o gospodarstwie oparte na systemie identyfikacji działek rolnych oraz zintegrowanym systemie zarządzania i kontroli;
- informacje pochodzące z badań próbek gleby;

- informacje na temat właściwych praktyk zarządzania, historii upraw i celów dotyczących plonów;
- informacje dotyczące ograniczeń prawnych i wymogów w zakresie gospodarki składnikami pokarmowymi w gospodarstwie;
- kompletny bilans składników pokarmowych;
- automatyczna integracja danych z różnych źródeł: Land Parcel Identification System (LPIS), Integrated Administration and Control System (IACS), danych generowanych przez rolników, analiz gleby itp.;
- umożliwienie dwukierunkowej komunikacji między instytucjami zarządzającymi czy agencjami płatniczymi a rolnikami;
- modułowość i możliwość dalszego wspierania celów zrównoważonego rozwoju (np. zarządzanie emisjami, gospodarka wodna);
- poszanowanie unijnych zasad interoperacyjności, otwartości i ponownego wykorzystania;
- zagwarantowanie bezpieczeństwa danych i prywatności zgodnie z najlepszymi dostępnymi standardami.

W opublikowanej przez KE w listopadzie 2019 ekspertyzie „Feasibility Study for joint Space-Agriculture Solutions on Nutrient Management” (6) można odnaleźć już bardziej szczegółową strukturę narzędzia FaST, strategię jego dalszego rozwoju i wdrożenia oraz wersję demonstracyjną. Podkreślono, że narzędzie to będzie stosowane do wspomagania decyzji podejmowanych przez rolników, korzystnych dla nich ekonomicznie i wspierających równocześnie ochronę środowiska, a nie do ich kontroli przez władze. Ma ono być łatwe w obsłudze, a wsparcie dla użytkowników mają zapewnić systemy doradztwa rolniczego poszczególnych krajów członkowskich.

W ww. ekspertyzie zaproponowano następujące elementy narzędzia:

1. Informacje o gospodarstwie na podstawie LPIS i IACS – dane z systemu IACS dotyczące płatności WPR (identyfikacja, składanie i rozpatrywanie wniosków, kontrola, rejestr rolników, baza danych o zwierzętach) oraz dane z systemu LPIS (identyfikacja wszystkich działek rolnych w UE na podstawie zdjęć lotniczych lub/i satelitarnych).
2. Wyniki analiz gleby – dane zawartości NPK i pH próbek gleby pobieranych co najmniej co 4 lata lub częściej, w zależności od wymagań poszczególnych krajów, powiązane z systemem Land Use and Coverage Area frame Survey (LUCAS) i krajowymi systemami udostępniania danych przez laboratoria.
3. Najlepsze praktyki zarządzania składnikami pokarmowymi w nawożeniu – działania mające na celu utrzymanie właściwej żyzności gleby, bez nadmiernego nawożenia i dużych strat biogenów podczas transportu, przechowywania i stosowania nawozów, zgodnie z zasadą: odpowiedni nawóz, w odpowiedniej dawce, w odpowiednim czasie i w odpowiednim miejscu, z uwzględnieniem specyficznych warunków poszczególnych krajów.

4. Historia upraw – pozwala na bardziej precyzyjne zarządzanie składnikami pokarmowymi w dłuższej perspektywie czasowej, z uwzględnieniem zmianowania, resztek poźniwnych i nawozów naturalnych.
5. Oczekiwane plony – realistyczne i dokładne prognozy dla poszczególnych upraw uwzględniające warunki siedliska, wskaźniki ekonomiczne i cele środowiskowe.
6. Ograniczenia i wymagania prawne – uwzględnione zostają odpowiednie warunki i ograniczenia prawne na poziomie regionalnym, krajowym i UE, w celu zachowania spójności rekomendacji z przepisami prawa.
7. Bilans składników pokarmowych – podstawa zarządzania składnikami pokarmowymi w nawożeniu na poziomie pola i gospodarstwa.

Określono też niezbędne funkcjonalności:

1. Automatyczna integracja z bazami danych – w celu zredukowania do minimum ilości danych wprowadzanych przez rolnika narzędzie będzie automatycznie pobierało dane z publicznych źródeł (LPIS, IACS, bazy danych laboratoryjnych wyników analiz gleby itp.).
2. Komunikacja między rolnikiem a agencją płatniczą – agencje płatnicze będą mogły udostępniać rolnikowi przydatne informacje, wiadomości i ostrzeżenia w aplikacji, rolnik będzie mógł przysyłać wnioski o płatność, dokumentację fotograficzną oraz zgłaszać problemy podczas realizacji zobowiązań.
3. Modułowość aplikacji – pozwala na rozszerzanie aplikacji o elementy pożądane z regionalnego i krajowego punktu widzenia oraz wynikające z nowych wymagań na poziomie UE.
4. Interoperacyjność, otwartość i ponowne wykorzystanie danych – oszczędność czasu i środków finansowych przy korzystaniu z danych publicznych w granicach ich dostępności na poziomie krajowym i UE.
5. Bezpieczeństwo danych i prywatność – zgodność z aktualnymi standardami UE – General Data Protection Regulation (GDPR) w przypadku udostępniania danych agencjom płatniczym, doradcom i instytucjom naukowym, własność i szyfrowanie danych.

Przewidziano następujące rozszerzenia aplikacji:

1. Emisje gazów cieplarnianych (GhG) – wdrażanie praktyk niskoemisyjnych w gospodarstwach w hodowli zwierząt i nawożeniu, wraz z systemem monitoringu emisji.
2. Ochrona i zarządzanie wodami – wdrażanie praktyk mających na celu zminimalizowanie strat składników pokarmowych przez wymywanie czy ograniczanie zużycia wody, a także zarządzanie systemami nawadniania.
3. Monitoring – wykorzystanie nowych technologii (odbiorniki Global Navigation Satellite System (GNSS) i Galileo, satelity European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS) i Copernicus Sentinel) w celu kontroli kryteriów kwalifikowalności.

4. Dodatkowe moduły w wyspecjalizowanych obszarach działalności rolniczej – np. przestrzeganie wymagań w rolnictwie ekologicznym, pszczelarstwie, uprawa winorośli, rejestracja zwierząt.

Co ważne, państwa członkowskie mają dużą swobodę we wprowadzaniu nowego cyfrowego narzędzia do zrównoważonego zarządzania składnikami pokarmowymi. Wiele krajów posiada już takie narzędzia i aby spełniać wymagania zawarte w przyszłym rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiającemu przepisy dotyczące wsparcia na podstawie planów strategicznych sporządzanych przez państwa członkowskie w ramach wspólnej polityki rolnej, powinny dostosować swój system do wymagań i funkcjonalności opisanej w załączniku III. Kraje nieposiadające takiego narzędzia będą miały możliwość stworzenia własnego narzędzia zgodnego z wymaganiami lub wykorzystania aplikacji FaST po wcześniejszym dostosowaniu go do warunków krajowych.

Od strony technicznej zaproponowano wysoki poziom modułowości w celu umożliwienia państwom członkowskim zarówno rozszerzania funkcjonalności według własnych potrzeb, jak i opcjonalnego przyjmowania tylko części rozwiązań i integracji z własnymi istniejącymi usługami. Ogólna architektura rozwiązania oparta jest na środowisku „chmurowym”, a funkcjonalności są podzielone na małe jednostki mikroserwisowe, aby przyspieszyć działanie, uruchamiając tylko niezbędne w danym momencie elementy.

W zakresie wdrożenia narzędzia przewidziano trzy opcje:

1. Wspólna platforma FaST, uruchomiona na wielu chmurach, tworząca wspólne źródło danych pozwalających na zarządzanie składnikami pokarmowymi, praktykami środowiskowymi, statystykami oraz systemami wspomagania decyzji. System byłby zarządzany centralnie przez UE. Niektóre moduły mogłyby być nadal zlokalizowane dla każdego kraju (np. uwierzytelnianie, serwis pogodowy itp.). Koszt dla pierwszego roku wprowadzania platformy dla UE szacowany jest na 9 mln EUR przeznaczonych na rozwój i uruchomienie oraz od 0,25 do 1 mln EUR dla państw członkowskich na dostosowanie platformy do własnych potrzeb.
2. Oddzielne platformy FaST, wdrożone w każdym państwie członkowskim. Umożliwiłoby to poszczególnym krajom korzystanie z platformy FaST, po umieszczeniu jej we własnej infrastrukturze chmurowej. Państwo członkowskie byłoby całkowicie autonomiczne w zakresie rozmieszczenia i eksploatacji swojej platformy. Szacowany koszt to 5 mln EUR w pierwszym roku funkcjonowania dla każdego z państw członkowskich.
3. Wariant hybrydowy, polegający na wdrożeniu wspólnej platformy FaST dostępnej dla państw członkowskich, które mogłyby wybrać potrzebne dla siebie funkcjonalności, a pozostałe elementy opracować we własnym zakresie i pozycjonować je we własnej infrastrukturze informatycznej lub działać całkowicie niezależnie, rozwijając własne rozwiązania.

Opracowany w ramach tej ekspertyzy prototyp systemu FaST został wdrożony na platformie chmurowej Sobloo DIAS. Dane testowe pozyskano z hiszpańskiego regionu Kastylii i León oraz wybranych regionów Francji. Utworzono aplikację internetową, jak również aplikację na urządzenia mobilne wraz z zapleczem pozwalającym na podstawową funkcjonalność. Wersja demonstracyjna aplikacji jest dostępna pod adresem: <https://www.figma.com/proto/WYUoKmrXS5ahE8VkJGomwms8X/Farmer-app?node-id=870%3A48513&scaling=scale-down>, natomiast kod źródłowy pod adresem: <https://github.com/PwC-FaST>. Kontynuując prace rozpoczęte w ekspertyzie (6), w styczniu 2020 rozpoczęto realizację projektu FaST– EU Space Data for Sustainable Farming z udziałem w fazie 1. agencji płatniczych z regionów Kastylii i León, Andaluzja (Hiszpania), Piemont (Włochy) oraz Estonii, których rolą jest testowe zaimplementowanie platformy w warunkach rzeczywistych, przez wybranych rolników. Współpraca zespołu odpowiedzialnego za techniczną stronę systemu z niewielką grupą interesariuszy pozwoli na uwzględnienie ich uwag i przygotowanie wysokiej jakości prototypu do dalszej, rozszerzonej fazy testów i późniejszej implementacji. W sierpniu 2020 r. opublikowano pierwszą wersję testową aplikacji v0.1, przeznaczoną na urządzenia mobilne, a w marcu 2021 r. rozpoczęto testy wersji v1.0. Od czerwca 2021 r. grupa testowa została powiększona w fazie 2. o agencje płatnicze z Walonii (Belgia), Bułgarii, Grecji, Rumunii i Słowacji. Zakończenie etapu drugiego projektu FaST jest przewidywane na maj 2022 r.

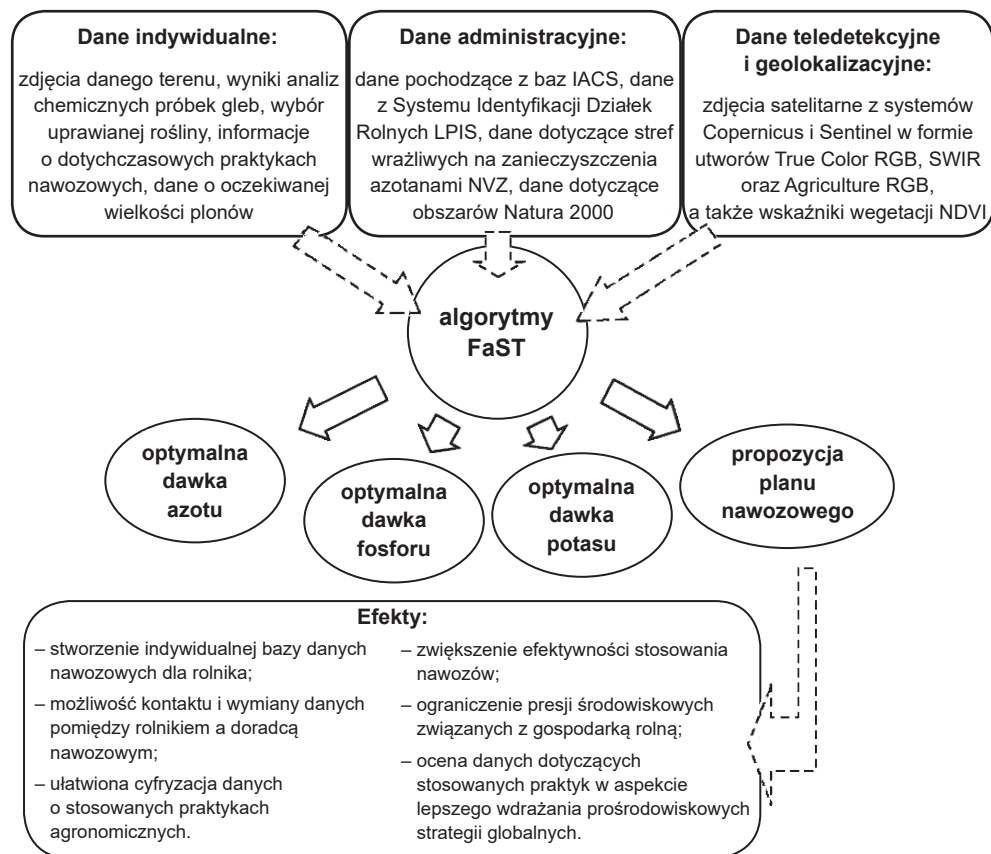
Aktualna koncepcja systemu składa się z 3 głównych elementów:

1. Aplikacja mobilna dostępna w sklepach z aplikacjami na systemy Apple/iOS i Google/Android;
2. Infrastruktura chmury wdrożona na jednym lub wielu Data and Information Access Services (DIAS) w systemie Copernicus;
3. Usługi działające w infrastrukturze systemu, odizolowane w regionalnych przestrzeniach ze względów bezpieczeństwa.

Aplikacja mobilna jest funkcjonalnie taka sama dla systemów iOS i Android, dla różnych regionów i państw. Oczywiście aplikacja otrzymuje inną konfigurację w zależności od kraju, który jest wybierany przez użytkownika podczas logowania. Infrastruktura chmury to pula maszyn i zasobów działających w architekturze sobloo DIAS, która jest wspólna dla wszystkich regionów. Silnik systemu jest zainstalowany w tej infrastrukturze, aby zapewnić zgodność z usługami uruchamianymi w razie potrzeby, a podstawowe moduły są jednolite dla wszystkich regionów. Usługi wdrażane są w oddzielnych przestrzeniach, w ramach infrastruktury. Dzięki temu silne zasady sieci zapobiegające wyciekom między „regionami” mogą być domyślnie implementowane w całej infrastrukturze. Dla każdego regionu/obszaru usługi są wdrażane w następującej kolejności: wszystkie podstawowe usługi, usługi niestandardowe, specyficzne dla tego regionu, dodatki wybrane dla konkretnego regionu.

Głównym elementem aplikacji pozostaje plan nawożenia, a projekt ma na celu, między innymi, zastosowanie i przetestowanie optymalnych algorytmów obliczających w sposób wiarygodny wielkości dawek nawozów, na podstawie których sporządza-

ny jest bilans składników pokarmowych. Algorytmy powinny uwzględniać przede wszystkim bazy danych (gleby, wody obszarów wrażliwych na zanieczyszczenie wód azotanami pochodzenia rolniczego (NVZ), obszary Natura 2000, przepisy dotyczące nawożenia w poszczególnych krajach, rośliny uprawne, agrotechnika, stosowane nawozy) zawarte w aplikacji i aktualizowane w ramach komunikacji z chmurą, z opcją wprowadzania przez rolnika własnych danych, jak również dane pogodowe. Schemat konwersji danych przedstawiono na rysunku 1.

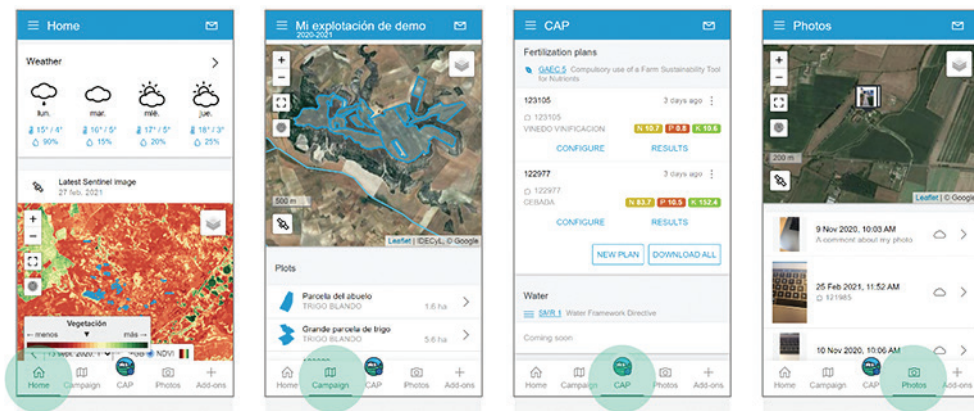


Rys.1. Konwersja danych w aplikacji FaST

Źródło: opracowanie własne na podstawie (7)

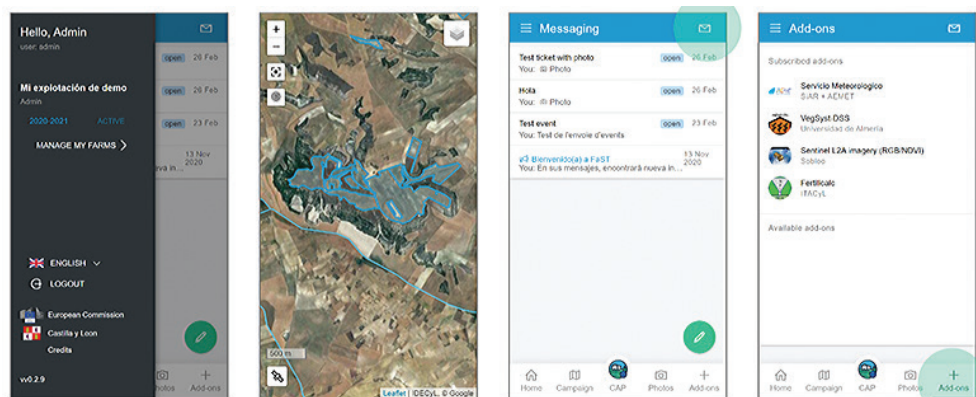
Interfejs aplikacji umożliwia płynne przejścia pomiędzy wybranymi funkcjonalnościami aplikacji, m.in.: prognozą pogody ekstrapolowaną w odniesieniu do wybranej lokalizacji, obserwacjami zdjęć satelitarnych wskaźników Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) danego obszaru pochodzących z satelity Sentinel, geolokalizacją obszarów zapisanych przez użytkownika, przeglądaniem umieszczonych w aplikacji danych dotyczących analizowanych obszarów oraz tworzeniem specyficz-

nych dla danych warunków propozycji planów nawozowych. Część funkcjonalności aplikacji przedstawiają rysunki 2 oraz 2a.



Rys. 2. Przykładowe funkcjonalności aplikacji mobilnej FaST, od lewej: dane pogodowe, zdjęcia satelitarne NDVI; zdjęcia lotnicze i dane poszczególnych działek; plan nawożenia

Źródło: opracowanie własne na podstawie (7)



Rys. 2a. Przykładowe funkcjonalności aplikacji mobilnej FaST, od lewej: synchronizacja danych gospodarstwa z systemem IACS; zdjęcia lotnicze – wybór warstw; komunikacja z agencją płatniczą; dodawanie i usuwanie dodatkowych usług

Źródło: opracowanie własne na podstawie (7)

Proces wprowadzania danych do aplikacji jest kilkuetapowy i wygląda następująco:

1. Wybór działki/terenu, na której/którym planowane jest wykorzystanie narzędzia FaST.
2. Automatyczne lub manualne wprowadzenie informacji geolokalizacyjnych.
3. Opcjonalne umieszczenie własnych zdjęć danego obszaru.
4. Wybór, czy plan nawozowy ma dotyczyć wybranego pola, czy grupy pól o zróżnicowanych parametrach.

5. Wybór gatunku rośliny uprawnej z uwzględnieniem jej odmiany.
6. Wprowadzenie informacji dotyczącej zastosowanego systemu nawadniania.
7. Wybór wielkości oczekiwanego plonu.
8. Wprowadzenie informacji dotyczących uprzednio prowadzonej gospodarki rolnej (podanie informacji odnoszących się do uprawianych roślin i wielkości uzyskiwanych plonów).
9. Dodanie informacji, czy w poprzednich latach plony uboczne roślin były zbierane z pola czy przyorywane po zbiorach.
10. Opcjonalne wprowadzenie informacji dotyczących parametrów fizycznych i fizykochemicznych gleb na danym terenie (skład granulometryczny, zawartość materii organicznej, zawartość makroelementów).
11. Wybór planowanej strategii gospodarki nawozowej (strategia efektywna – minimalizacja wykorzystania nawozów; strategia zachowawczej intensyfikacji – nawożenie zrównoważone; strategia intensyfikacji produkcji – maksymalizacja plonowania).

Oparcie planu nawożenia wyłącznie na podstawie danych domyślnych nie spowoduje wadliwej pracy aplikacji, jednakże w znacznym stopniu może przyczynić się do zmniejszenia dokładności proponowanego planu nawozowego. Plany nawozowe proponowane przez platformę są zapisywane w urządzeniu obsługującym aplikację wraz z synchronizacją w chmurze (5, 9).

Na tym etapie aplikacja FaST v 1.0 przy sporządzaniu planów nawozowych korzysta z gotowych algorytmów opracowanych wcześniej podczas realizacji innych projektów w wybranych państwach członkowskich: ARC (Agricultural Research Center, Estonia), Fertilcalc (University of Cordoba, Hiszpania, <http://www.uco.es/fitotecnia/fertilcalc.html>), VegSyst (University of Almeria, Hiszpania, <https://w3.ual.es/GruposInv/nitrogeno/VegSyst-DSS.shtml>), Visione (Piemonte University, Włochy). Zgodnie z założeniami projektu FaST– EU Space Data for Sustainable Farming obowiązkiem agencji płatniczej uczestniczącego państwa członkowskiego jest dostarczenie algorytmu do obliczania dawek nawozów, odpowiedniego dla warunków lokalnych lub skorzystania z rozwiązań opracowanych i przetestowanych w ramach projektu.

W 2020 roku KE zleciła wykonanie ekspertyzy pod tytułem „Study for the development of a common framework for the quantitative advice of crop nutrient requirements and greenhouse gas emissions and removal assessment at farm level”. Do jej wykonania przystąpiło konsorcjum składające się z przedsiębiorstw i instytucji naukowych (Hiszpania: AgriSat Iberia s.l. Instituto Técnico Provincial de Albacete – ITAP, Universidad Castilla-La Mancha – UCLM, Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias – INTIA; Włochy: Council for Agricultural Research and Economics – CREA, Ariespaces.r.l.; Niemcy: Institute for Energy and Environmental Research – IFEU; Francja: Institut National de Recherche pour l’agriculture, l’alimentation et l’Environnement – INRAE; Polska: Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy – IUNG-PIB). Głównym celem projektu jest opraco-

wanie kompleksowych ram metodologicznych, które będą zastosowane do obliczania planu nawozowego, bilansu składników pokarmowych, oceny emisji i wiązania GhG oraz analizy ekonomicznej gospodarstwa. Opracowane rozwiązanie będzie docelowo zaimplementowane w systemie FaST i proponowane krajom członkowskim jako rozwiązanie optymalne i odpowiednie dla całego obszaru UE.

Po przeprowadzeniu kompleksowego przeglądu istniejących modeli opracowanych podczas realizacji innych projektów na obszarze UE, dokonano ich oceny na podstawie symulacji i testów oraz określono koncepcje 5 linii pracy narzędzia, gdzie w zależności od precyzji i dostępności danych użytkownik będzie mógł otrzymać wyniki na różnym poziomie dokładności. Cele użytkownika i dostępność danych zdefiniują linie narzędzia FaST Navigator Tool, od modelu najbardziej złożonego L1 (dane pomiarowe) do najprostszego L4 (parametry domyślne), po modele ilościowe (L2) i jakościowe (L3). Linia L5 będzie służyć do dodatkowych obliczeń w strefach NVZ (ang. *Nitrate Vulnerable Zones* – strefy wrażliwe na azotany). Ramy metodologiczne proponowane dla określenia wymagań pokarmowych i potrzeb nawozowych roślin wprowadzają 3 tryby oceny w zależności od fazy monitorowania upraw: przed, w trakcie i po sezonie wegetacyjnym. Do obliczeń wykorzystano modele: NC (Nitrogen Calculator Web Application) <https://www.carm.es/chac/calculnitro/> – obliczenia dawek nawozów azotowych w NVZ, AGROasesor <https://www.agroasesor.es/en/> – kompletna platforma wspomagania decyzji w produkcji roślinnej, STICS (Simulateur multi-disciplinaire pour les Cultures Standard, lub multidisciplinary simulator for standard crops) https://www6.paca.inrae.fr/stics_eng, – model porównawczy, używany do parametryzacji innych modeli (3), FATIMA <http://fatima-h2020.eu/> – model zawierający komponenty nawożenia, nawadniania, analizę ekonomiczną, rolnictwa precyzyjnego, działający w skali od pojedynczych działek po zlewnie, PAS (Principles of Agronomy for Sustainable Agriculture) – model obliczający dawki i bilans NPK, S, Ca, Mg, planowanie nawożenia na podstawie bazy nawozów, wraz z regulacją pH gleby (25), rozszerzony model Fertilicalc <http://www.uco.es/fitotecnia/fertilicalc.html> – różne strategie nawożenia (maksymalny plon, nawożenie zrównoważone, utrzymanie minimalnej zasobności gleby), DSSAT <https://dssat.net/> – oprogramowanie, które zawiera modele symulacyjne upraw.

Narzędzie obejmuje też programy do zarządzania bazami danych dla gleby, pogody i upraw oraz danymi eksperymentalnymi, narzędziami i programami aplikacyjnymi do sterowania maszynami rolniczymi. Modele symulują wzrost, rozwój i plony roślin jako funkcję dynamiki gleba-roślina-atmosfera. Ramy metodologiczne proponowane do oceny emisji i pochłaniania GhG integrują trzy różne moduły: produkcji roślinnej, produkcji zwierzęcej oraz elementów naturalnych i sposobu użytkowania gruntów (w tym lasów). Wykorzystano tu modele IPCC Tier 1 i 2 oraz model Stehfest & Bouwman (21). Ocena efektywności ekonomicznej gospodarstwa będzie oparta na danych Farm Accountancy Data Network (FADN) i modelu FATIMA. Kluczowym elementem opracowywanej ekspertyzy jest proces parametryzacji polegający na testowaniu aplikacji FaST Navigator w warunkach rzeczywistych, w różnych lokalizacjach, w poszczególnych krajach UE. Do testów wybrano 11 lokalizacji z obszarów

o klimacie kontynentalnym (Polska, Niemcy, Austria) i śródziemnomorskim (Hiszpania, Włochy, południowa Francja) Europy. Parametryzacja ma za zadanie zweryfikować dopasowanie wybranych modeli do większości europejskich upraw, lokalizacji i agrotechniki. Po pomyślnie zakończonych testach, implementacja modeli do aplikacji FaST będzie przeprowadzona w projekcie FaST – EU Space Data for Sustainable Farming, którego zakończenie jest przewidywane w 2023 roku.

Kalkulator nawozów naturalnych Manure Standards

Wiarygodne informacje na temat zawartości składników odżywczych zawartych w nawozach naturalnych są niezbędne do opracowania kompleksowego planu zarządzania tymi nawozami w gospodarstwie. Celem poprawnego zarządzania nawozami naturalnymi jest wzrost efektywności wykorzystania zawartych w nich składników pokarmowych przez rośliny uprawne oraz zminimalizowanie ryzyka ich wymywania do wód glebowo-gruntowych. W planowaniu nawożenia w gospodarstwach ukierunkowanych na produkcję zwierzęcą konieczne jest oszacowanie ilości składników pokarmowych znajdujących się w nawozach naturalnych wytworzonych w gospodarstwie oraz właściwe rozdysponowanie tych nawozów na poszczególne pola. Konieczne jest również zaplanowanie miejsc do przechowywania nawozów naturalnych. Aby spełnić wymagania określone w ustawodawstwie krajowym, muszą mieć odpowiednią pojemność, co zapewni bezpieczne składowanie nawozów oraz pozwoli na ich aplikację w okresach, w których uprawy mogą w jak największym stopniu przyswoić dostępne w nich składniki pokarmowe (14).


Standardowe zawartości składników pokarmowych w nawozach naturalnych (często określane jako wartości tabelaryczne) są dostępne na poziomie krajowym i mogą być wykorzystywane do planowania nawożenia. Jednak właściwości chemiczne i fizyczne nawozów naturalnych różnią się znacznie w poszczególnych gospodarstwach, w zależności m.in. od systemu żywienia i utrzymania zwierząt oraz sposobu zarządzania nawozami. Co więcej, właściwości nawozów naturalnych są specyficzne dla gospodarstwa i mogą znacząco odbiegać od uogólnionych wartości tabelarycznych. Dokładne dane dotyczące nawozu naturalnego wytwarzanego w konkretnym gospodarstwie można uzyskać poprzez wykonanie analizy chemicznej tegoż nawozu lub alternatywnie, wykorzystując kalkulatory oparte na obliczaniu bilansu masy obornika (14).

Ponieważ nawozy naturalne nie są jednorodne, odpowiednia metoda pobierania próbek ma kluczowe znaczenie dla uzyskania reprezentatywnej próbki do analizy. Przy pobieraniu próbek nawozów naturalnych należy stosować zasadę, że im większy magazyn obornika, tym więcej próbek z różnych miejsc przyzmy/zbiornika należy pobrać. Próbkę można pobrać z miejsca składowania lub z kilku załadunków podczas stosowania. Metoda ta zapewnia dokładność, jest jednak czasochłonna i nie dostarcza danych do zastosowania w trakcie pobierania próbek i aplikacji nawozów naturalnych. Wyniki analiz mogą być jednak wykorzystywane do obliczeń uzupełniających ilości składników pokarmowych wnoszonych w nawozach mineralnych. Alternat-

tywnie do określenia ilości produkowanych w gospodarstwie nawozów naturalnych i ich jakości można wykorzystać obliczenia oparte na bilansie masy tych nawozów na każdym etapie ich „produkcji”, od technologii żywienia zwierząt (skład i ilość pokarmu, pobieranie paszy oraz wydalanie kału i moczu) – „nawóz od zwierzęcia” (*ex animal*), poprzez uwzględnienie praktyk zarządzania nawozami w budynku inwentarskim związanych z utrzymaniem zwierząt – „nawóz z budynku” (*ex housing*), a skończywszy na praktykach związanych z przechowywaniem nawozu – „nawóz z miejsca składowania” (*ex storage*). Dokładność tych szacunków uzależniona jest jednak od wiarygodności danych wejściowych (11, 14).

Przykładem kalkulatora opartego na bilansie masy nawozów jest arkusz MS Excel – „Calculation tool for manure properties at farm level” stworzony w ramach projektu „MANURE STANDARDS – Nowe standardy zawartości biogenów w nawozach naturalnych środkiem zrównoważonego zarządzania składnikami nawozowymi”. Był to flagowy projekt Strategii UE dla regionu Morza Bałtyckiego (SUE RMB) w ramach programu Interreg Baltic Sea Region, realizowany w latach 2017–2019. Brały w nim udział wszystkie państwa nadbałtyckie. Oficjalna strona projektu: <https://www.luke.fi/manurestandards/en/frontpage/>. Ze strony Polski w projekcie uczestniczyli IUNG-PIB w Puławach oraz CDR Brwinów, Oddział w Radomiu.

Kalkulator nawozów naturalnych Manure Standards jest narzędziem umożliwiającym oszacowanie wielkości produkcji nawozów naturalnych w gospodarstwie oraz ocenę ich jakości na podstawie danych dotyczących technologii żywienia, utrzymania zwierząt i sposobu przechowania nawozów. Sposób obliczania ilości i ocena jakości nawozów naturalnych pochodzących bezpośrednio od zwierząt (*ex-animal*) oparte są na duńskim systemie normatywnym (Normtal). Użytkownik może jednak dodać szczegółowe informacje na temat systemu utrzymania zwierząt oraz modyfikować dane odnośnie ilości i rodzaju stosowanej ściółki, zużycia wody technologicznej czy współczynników emisji odpowiednich dla danego kraju. Kalkulator uwzględnia trzy główne grupy zwierząt gospodarskich: bydło, trzoda chlewna i drób, z podziałem na grupy technologiczne i system żywienia (rys. 3 i 4) (11, 14).

Ex-animal		
Feedin cattle (TMR)	Ex-housing and ex-storage	Feeds
Feedin cattle (AFC)		Technology
Feedin pigs (Intensive)		Additional information
Feedin pigs (AFC)		
Feedin poultry (Intensive)		
Feedin poultry (AFC)		
 Manure Standards		

Rys. 3. Panel wyboru systemu żywienia i wprowadzania dodatkowych informacji w kalkulatorze nawozów naturalnych Manure Standards

Źródło: opracowanie własne na podstawie (11)

Cattle
Dairy cows
Heifers (6 months to calving). Available also in subgroups, if necessary.
Beef cattle (6 months to slaughtering). Available also in subgroups, if necessary.
Cow calves (0 to max 6 months)
Bull calves (0 to max 6 months)
Suckler cows
Pigs
Fattening pigs. Available also in subgroups, if necessary.
Weaners
Sows
Poultry
Laying hens
Broilers
Young birds

Rys. 4. Grupy technologiczne zwierząt dostępne w kalkulatorze nawozów naturalnych Manure Standards

Źródło: opracowanie własne na podstawie (11)

Jak wspomniano wcześniej, narzędzie Manure Standards oblicza ilość i skład nawozów naturalnych na trzech etapach zarządzania nimi:

1. **Nawozy naturalne od zwierzęcia (*ex animal*)** – określa udział paszy (bilans masy), która trafia do wydalanego kału i moczu, po uwzględnieniu pobrania przez zwierzę paszy potrzebnej do wzrostu, reprodukcji i wielkości produkcji, tj. mleka, mięsa i jaj (rys. 5). Na tym etapie użytkownik musi zdefiniować bazę paszową (rys. 6) oraz zużycie paszy przez stado, przy czym ma możliwość wybrania systemu żywienia zwierząt: TMR – dawki pełnoporcjowe (w przypadku posiadania informacji dla wszystkich grup zwierząt) lub AFC – roczne zużycie paszy przez stado (w przypadku niepełnych informacji odnoszących się do wszystkich grup technologicznych) (rys. 7).

Dairy cows	<i>Animal number, year cows</i>	100			
	<i>Milk yield, kg/year</i>	10000			
	<i>Milk protein, %</i>	3,2			
	<i>Average weight, kg</i>	600			
	<i>Mature weight, kg</i>	640			
	<i>Grazing</i>	<i>Days per year</i>	0	<i>Hours per day</i>	0

Rys. 5. Przykład wprowadzania danych odnoszących się do wielkości produkcji stada

Źródło: opracowanie własne na podstawie (11)

Feed	Dry matter		Digestibility		Ash				Crude protein				P				K			
	%	g/kg FM	%	OM	% DM	% FM	g/kg FM	g/kg DM	% DM	% FM	g/kg FM	g/kg DM	% DM	% FM	g/kg FM	g/kg DM	% DM	% FM	g/kg FM	g/kg DM

Rys. 6. Tabela do przygotowania bazy paszowej

Źródło: opracowanie własne na podstawie (11)

Feed	Quantity	DM	DM digestibility	CP	P	K
	t/year		%	t/year		
Silage 2 (medium)	4000	1200,0	51,8	109,20	2,40	19,20
Hey	2000	1660,0	55,7	132,80	3,82	29,88
Barley	1000	860,0	81,8	118,68	4,30	4,73

Rys. 7. Przykład składu i rocznego zużycia paszy przez stado

Źródło: opracowanie własne na podstawie (11)

2. **Nawozy naturalne z budynku (*ex housing*)** – jest to bilans masy wydalanego kału i moczu (*ex animal*), zależnie od technologii utrzymania, z uwzględnieniem dodatków (ściółka, woda) (rys. 8) oraz ich strat (sucha masa, woda, związki gazowe).

Bedding				
Type	DM	N	P	K
	g/kg DM			
Straw	85,0	5,0	0,7	15,0
Peat	65,0	20,0	1,1	8,0
Wood shavings	61,0	1,1	0,1	1,1
Sawdust	61,0	1,1	0,1	1,1

Rys. 8. Przykład standardowych zawartości składników mineralnych w ściółce, które mogą być modyfikowane przez użytkownika

Źródło: opracowanie własne na podstawie (11)

3. **Nawozy naturalne z miejsca składowania (*ex storage*)** – to bilans masy nawozu z budynku uwzględniający warunki przechowywania (powierzchnia, pokrycie) i warunki klimatyczne panujące w gospodarstwie (opady, parowanie, straty gazowe) (rys. 9).

Emission factors ex-storage													Ex-housing					
Animal species	Manure storage type	Code	NH ₃ -N				Denitrification		N ₂ O-N		NH ₄ -N/total N		Leaching			NH ₄ -N/total N		
			Faeces		Urine		Faeces	Urine	Faeces	Urine	Faeces	Urine	N	P	K	Faeces	Urine	
			Cover type	SM	Cover type	LM												
			Storage roofed	5,0	Storage roofed	2,2												
			Storage, natural cover		Storage, floating cover													
			Heap, natural crust		Storage, natural crust													
	Solid manure (SM), liquid manure (LM)	1					5,0		2,0	0,10	0,25	0,90					0,25	0,90

Rys. 9. Standardowe wartości emisji w trakcie składowania dla obornika i gnojówki z obory płytkiej

Źródło: opracowanie własne na podstawie (11)

Dokładność obliczeń wielkości produkcji i składu nawozów naturalnych uzyskiwana przy użyciu „Kalkulatora nawozów naturalnych Manure Standards” w dużej

mierze zależy od dokładności danych odnoszących się do technologii żywienia i utrzymania zwierząt oraz warunków przechowywania nawozów. Dlatego też kalkulator ten jest przeznaczony głównie dla dużych producentów rolnych lub doradców, którzy dysponują dokładnymi planami żywieniowymi wyznaczonymi dla poszczególnych grup technologicznych zwierząt, a informacje na temat technologii utrzymania zwierząt i składowania nawozów są w stanie dość łatwo uzupełnić. Kalkulator jest dostępny do pobrania pod adresem: http://tek.emu.ee/userfiles/yksused/tek/taastuenergia_keskus/manure_standards/outputs/final/Calculation%20tool%20for%20manure%20properties%20at%20farm%20level.zip, a instrukcja: http://tek.emu.ee/userfiles/yksused/tek/taastuenergia_keskus/manure_standards/outputs/final/Manure%20Standards%20Calculation%20tool%20instructions_ENG.pdf.

InterNAW – Interaktywny system wspierania decyzji agrochemicznych

Niezależnie od prowadzonych w UE prac nad narzędziem FaST w Polsce został opracowany nowy system komputerowego doradztwa nawozowego o nazwie InterNAW. Program opracowano w ramach projektu finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach GOSPOSTRATEG, realizowanego przez konsorcjum w składzie: Krajowa Stacja Chemiczno-Rolnicza, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy oraz Instytut Technologiczno-Przyrodniczy – Państwowy Instytut Badawczy. Program umożliwia opracowanie planu nawożenia podstawowymi makroskładnikami: azotem, fosforem, potasem i magnezem oraz wapnowania gleby. Sposób obliczania dawek nawozów azotowych został ściśle dostosowany do wymagań i założeń „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu” (tzw. programu azotanowego) (17). Gospodarstwa, których nie dotyczy obowiązek planowania nawożenia azotem mogą korzystać z opcji „Maksymalna dawka azotu”. W programie przewidziano możliwość prowadzenia ewidencji zabiegów nawożenia zgodnie z wymogami programu azotanowego. Dawki nawozów fosforowych, potasowych i magnezowych obliczane są na podstawie bilansu tych składników pokarmowych z uwzględnieniem ich zawartości w glebie. Program wykorzystuje do obliczeń również wyniki analiz gleby wykonanych metodami „klasycznymi”: Egner-Riehm (P i K), Schachtschabel (Mg) i wyciąg HCL dla mikroelementów lub metodą Mehlich 3 wdrożoną w ostatnich latach w okręgowych stacjach chemiczno-rolniczych. Zgodnie z tą metodą ekstrakcja fosforu, potasu i magnezu oraz mikroelementów prowadzona jest za pomocą tego samego ekstrahenta. Proces analityczny jest dzięki temu łatwiejszy, szybszy i tańszy. Oczekuje się zatem wzrostu zainteresowania producentów rolnych badaniami gleby. Po obliczeniu dawek nawozów program umożliwia określenie salda składników pokarmowych NPKMg w skali pola metodą „na powierzchni gleby”, z uwzględnieniem dawek nawozów organicznych i mineralnych wynikających z planu nawożenia. Na podstawie wartości salda PKMg program wyznacza kierunek zmian (wzrost/spadek) zawartości tych

składników w glebie. Odrębny moduł programu umożliwi określenie dawek nawozów wapniowych na glebach kwaśnych według nowego systemu doradztwa w zakresie wapnowania. System InterNAW obejmuje także moduł nawożenia mikroelementami według nowo opracowanych zaleceń w tym zakresie. Interfejs programu InterNAW przedstawiają rysunki 10–12.



Rys. 10. Menu systemu InterNAW

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów niepublikowanych

InterNAW mobil 1.118 - 2021

Plan nawożenia azotem

Data	Nr działki	Nr pola	Powierz.	Gatunek rośliny	Prog. plon
2021-04-28	1	1	1,00	Burak cukrowy	70,00

Razem w gosp. Dawka N nawoz. mineral. kg/ha kg/pow.

Nr działki / nr pola 1 1

Gatunek rośliny Burak cukrowy

Prognozowany plon 70 t/ha Powierzchnia 1 ha

Nawozy naturalne / organiczne

Rodzaj nawozu 1 Obornik z głębokiej Bydło / Krowy mleczne >8 tys. l/rok

Dawka / termin 30 t/ha wiosna

Rodzaj nawozu 2

Dawka / termin t/ha

Suma N w nawozach naturalnych 111 Kg/ha

Nawóz organiczny t/ha

Dawka N w nawoz. mineralnych

233 kg/ha Dawka I 163 II 70 III 0 kg/ha

233 kg/pow.

Oblicz

Wydruk

obliczenia

Email

Rys. 11. Plan nawożenia azotem wg InterNAW

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów niepublikowanych

InterNAW mobil 1.118 - 2021

Bilans N P K Mg

Data	Nr działki	Nr pola	Pow.	Gatunek rośliny
2021-04-28	1	1	1,00	Burak cukrowy

Oblicz
Wydruk

Ilość składników w nawozach mineralnych kg/ha INPUT

N 233 P2O5 97 K2O 455 Mg 65

W nawozach naturalnych kg/ha

N 111 P2O5 78 K2O 114 Mg 57

W nawozach organicznych kg/ha

N 0 P2O5 0 K2O 0 Mg 0

Azot związany symbiotycznie kg/ha

N 0 Gatunek rośliny Burak cukrowy

Pobranie z plonem kg/ha OUTPUT

N 245 P2O5 112 K2O 455 Mg 77

Różnica bilansowa kg/ha BILANS

N 99 P2O5 63 K2O 114 Mg 45

Oczekiwany przyrost zawartości w glebie PRZYROST

Fosfor	0,69	mg P2O5/100g
Potas	0,91	mg K2O/100g
Magnez	0,34	mg Mg/100g

Rys. 12. Bilans składników pokarmowych w skali pola

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów niepublikowanych

Doradztwo mikroelementowe, jak i nowe zalecenia w zakresie wapnowania zostały omówione w odrębnych pracach niniejszego zeszytu Studia i Raporty IUNG-PIB. Na podstawie planów nawożenia dla poszczególnych pól wyliczane jest całkowite

zapotrzebowanie na składniki nawozowe w skali całego gospodarstwa. Z wykorzystaniem modułu „Dobór nawozów” rolnik może sporządzić listę zakupu określonych form nawozów, uwzględniając ich skład chemiczny.

Dane o gospodarstwie i poszczególnych polach uprawnych są archiwizowane oraz przechowywane do dalszego wykorzystania, z zachowaniem obowiązujących przepisów o ochronie danych osobowych. Dostęp do danych posiada wyłącznie osoba zarejestrowana w systemie (właściciel gospodarstwa).

InterNAW jest programem doradztwa dla upraw polowych roślin rolniczych na gruntach ornych i dla użytków zielonych. Korzystanie z programu będzie bezpłatne po zarejestrowaniu się w systemie poprzez stronę internetową Krajowej Stacji Chemiczno-Rolniczej. Program jest dostosowany do pracy na komputerach stacjonarnych, jak i na urządzeniach mobilnych (telefon komórkowy, tablet). Rolnicy, którzy korzystają z usług okręgowych stacji chemiczno-rolniczych w zakresie analizy gleby będą mieli możliwość bezpośredniego eksportu wyników analiz do systemu.

Podsumowanie

Powstanie narzędzia FaST jest elementem wieloletniej strategii zrównoważonego rolnictwa realizowanej przez KE. System FaST ma w założeniach objąć swoim zasięgiem wszystkie kraje członkowskie UE i pomóc w stworzeniu podstaw kompleksowego systemu cyfrowego dla zrównoważonego zarządzania gospodarstwami rolnymi i gruntami w Europie. Ma on wspierać rolników w ich decyzjach dotyczących zarządzania w zakresie rentowności gospodarstw rolnych i zrównoważonego gospodarowania. Jednocześnie system FaST zapewni wykorzystanie rozwiązań cyfrowych (w tym rozwiązań satelitarnych) i dostawców usług w nowych obszarach gospodarki, co przełoży się równocześnie na rozwój tych technologii, zmniejszając przy tym obciążenia administracyjne dla rolników i agencji płatniczych oraz usprawniając komunikację między rolnikami a władzami publicznymi.

Obecnie skutek przeniesienia narzędzia FaST z obowiązkowej warunkowości WPR do jednego z kilkunastu dobrowolnych dla rolnika ekoschematów jego znaczenie może się zmniejszyć. Jednak jeśli poziom dopłat wynikających z realizacji tego ekoschematu pozostanie odpowiednio wysoki, będzie on przez rolników wybierany, co spowoduje konieczność wprowadzenia tego typu narzędzia w poszczególnych krajach. Wiele państw członkowskich posiada już swoje własne systemy wspomagania decyzji agrotechnicznych lub jest w trakcie ich opracowywania. Po spełnieniu przez nie określonych wymagań WPR, będą mogły być wykorzystane do jego realizacji w optymalny sposób jako narzędzia niezależne lub w różny sposób zintegrowane z FaST. Niewątpliwą zaletą systemu FaST jest dostęp do baz danych (LPIS, IACS i LUCAS, itp.), danych obrazowych (lotniczych i satelitarnych) czy bezpośrednia komunikacja z agencjami płatniczymi. Duże znaczenie ma też możliwość większego pozycjonowania aplikacji FaST w warunkach lokalnych (wykorzystywanie krajowych algorytmów doradztwa nawozowego i przepisów prawa) i modułowa struktura, co

umożliwi wprowadzanie nowych elementów w przyszłości. Problemem, który wydaje się obecnie istotny jest zakres udostępniania danych z gospodarstw dla służb UE, agencji rządowych poszczególnych krajów, doradców i naukowców. Może to hamować upowszechnianie sytemu wśród rolników, co jest brane pod uwagę przez KE przy decyzji wprowadzenia aplikacji w mniejszym lub większym stopniu niezależnej od sytemu (off-line). W warunkach polskich podczas wdrażania rozwiązania FaST powinno się brać pod uwagę realizację projektu InterNAW, który ma się zakończyć uruchomieniem sytemu wspomagania decyzji agrochemicznych już w niedalekiej perspektywie. Dopóki to nie nastąpi, trudno jest ocenić możliwość zarówno niezależnego współistnienia obu systemów, jak i ich mniejszej lub większej integracji.

Literatura

1. B a c h e v H.: Management strategies for conservation of natural resources in agriculture. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*, 2013, **4(1)**: 4-45.
2. B e h a g h e l L., Macours K., Subervie J.: How can randomised controlled trials help improve the design of the common agricultural policy? *European Review of Agricultural Economics*, 2019, **46(3)**: 473-493.
3. Brisson N., Mary B., Ripoche D., Jeuffroy M.H., Ruget F., Nicoullaud B., Gate P., Devienne-Barret F., Antonioletti R., Dürr C., Richard G., Beaudoin N., Recous S., Tayot X., Plenet D., Cellier P., Machet J.M., Meynard J.M., Delécolle R.: STICS: a generic model for the simulation of crops and their water and nitrogen balances. I. Theory and parameterization applied to wheat and corn. *Agronomic*, 1998, **18**: 311-346.
4. C o h e n J.E.: Human population: The next half century. *Science*, 2003, **302(5648)**: 1172-1175.
5. FaST Half-way webinars July 16th/17th 2020. Demo and architecture review for participating member states, paying agencies and interested parties, https://www.youtube.com/watch?v=1tMyTpD_Iuo (dostęp 27.07.2021)
6. Feasibility study for joint space-agriculture solutions on nutrient management. Final report, N° ENTR/341/PP/2013/FC – Framework Contract for Expert Advisory Support to the European Space Policy and Programmes, DG AGRI, EU 2019, <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fd112dfa-09ba-11ea-8c1f-01aa75ed71a1/language-en> (dostęp 27.07.2021)
7. <https://fastplatform.eu/> (dostęp 27.07.2021)
8. <https://gitlab.com/fastplatform> (dostęp 27.07.2021)
9. https://gitlab.com/fastplatform/docs/-/blob/master/journey_doc/journey_doc.md. (dostęp 27.07.2021)
10. <https://www.cdr.gov.pl/aktualnosci/57-cdr-informuje/2784-aplikacje-do-sporzadzania-planu-nawozenia-azotem-do-wyliczania-maksymalnych-dawek-azotu> (dostęp: 21.06.2021)
11. K a s i k A., Børsting C.F., Lehn F.: Instructions for manure properties calculation tool https://tek.emu.ee/userfiles/yksused/tek/taastuvenergia_keskus/manure_standards/outputs/final/Manure%20Standards%20Calculation%20tool%20instructions_ENG.pdf (dostęp 12.08.2021)
12. K r ó l M.: Legal framework on environmental law for agricultural production in Poland. *Polityki Europejskie, Finanse i Marketing*, 2015, **13(62)**: 86-106.
13. M a g o m e d o v I.A., Dzhabrailov Z.A., B a g o v A.M.: Subsistence agriculture and global warming. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, **677(3)**: 1-4.
14. M y r b e c k Å, Kaasik A., Luostarinen S. (eds): Manure data collection- experiences from pilot farms <https://www.luke.fi/manurestandards/wp-content/uploads/sites/25/2020/04/Manure-data-collection-experiences-from-pilot-farms.pdf> (dostęp 12.08.2021)
15. R o s e n b e r g N.J.: Global climate change holds problems and uncertainties for agriculture. U.S. agriculture in a global setting: An agenda for the future, 2016, p. 203-218.

16. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 1 czerwca 2018 ustanawiające przepisy dotyczące wsparcia na podstawie planów strategicznych sporządzanych przez państwa członkowskie w ramach wspólnej polityki rolnej (planów strategicznych WPR) i finansowanych z Europejskiego Funduszu Rolniczego Gwarancji (EFRG) i z Europejskiego Funduszu Rolnego na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich (EFRROW) oraz uchylające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1305/2013 i rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1307/2013, COM/2018/392 final – 2018/0216 (COD), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2018%3A392%3AFIN> (dostęp 27.07.2021)
17. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 lutego 2020 r. w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu” (Dz.U. 2020 poz. 243).
18. Rutkowska A., Skowron P.: Productive and environmental consequences of sixteen years of unbalanced fertilization with nitrogen and phosphorus—trials in Poland with oilseed rape, wheat, maize and barley. *Agronomy*, 2020, **10(11)**: 1-24.
19. Śmieżik-Ambroży K., Guth M., Stepień S., Brelik A.: The influence of the European union’s common agricultural policy on the socio-economic sustainability of farms (the case of Poland). *Sustainability*, 2019, **11(24)**: 1-15.
20. Sprawozdanie Komisji dla Rady i Parlamentu Europejskiego w sprawie wykonania dyrektywy Rady 91/676/EWG dotyczącej ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego na podstawie sprawozdań państw członkowskich za okres 2004–2007 SEK(2010)118.
21. Stehfest E., Bouwman L.: N₂O and NO emission from agricultural fields and soils under natural vegetation: summarizing available measurement data and modeling of global annual emissions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2006, **74**: 207-228.
22. Tomiyama J., Takagi D., Kantar M.B.: The effect of acute and chronic food shortage on human population equilibrium in a subsistence setting. *Agriculture and Food Security*, 2020, **9(1)**: 1-12.
23. Traktat o funkcjonowaniu Unii Europejskiej, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:12012E/TXT&from=EN> (dostęp 03.08.2021)
24. Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (Dz.U. 2017 poz. 1566).
25. Villalobos F.J., Fereres E.: Principles of agronomy for sustainable agriculture. Springer, 2016, pp. 555.
26. Wang C.: Strategy simulation analysis for the scale operation of ecological agriculture using system dynamics. *Xitong Gongcheng Lilun Yu Shijian/System Engineering Theory and Practice*, 2015, **35(12)**: 3171-3181.

Adres do korespondencji:

dr inż. Piotr Skowron
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy,
tel. 81 4786836
e-mail: Piotr.Skowron@iung.pulawy.pl

AUTOR	ORCID
Piotr Skowron	0000-0001-5092-1447
Damian Wach	0000-0002-5857-5654
Tamara Jadczyzyn	0000-0002-4755-6992
Sebastian Kuśmierz	0000-0003-3200-3188