

Agnieszka Peszek, Mariusz Fitowski, Stanisława Roczowska-Chmaj

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie

IMPLEMENTACJA MODELU PRODUKCJI ROLNICZEJ Z ZASTOSOWANIEM SYSTEMU KLASY APS

IMPLEMENTATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION MODEL USING APS SYSTEM

Słowa kluczowe: model, produkcja rolna, systemy klasy APS

Key words: model, agricultural production, APS

Abstrakt. Przedstawiono analizę możliwości wykorzystania systemu klasy APS (*Advanced Planning and Scheduling*) do planowania i organizacji procesów produkcji rolnej. Na przykładzie wybranego gospodarstwa rolnego nastawionego na produkcję towarową oraz przyjętego modelu planowania produkcji rolnej wykonano analizę możliwości zastosowania systemów klasy APS do planowania i harmonogramowania zasobów ludzkich oraz technicznych. Wykorzystując system Qguar APS firmy Quantum Qguar Spółka z o.o. przygotowano fragment planu produkcyjnego dla przykładowych typów zbóż (zgodnie z ich technologią produkcji). Następnie dokonano weryfikacji i ewaluacji typowych funkcji systemów klasy APS z uwzględnieniem ich przydatności do wykonywania zaawansowanych operacji planistycznych, symulacyjnych i optymalizacyjnych. Podano także typy gospodarstw, w których wdrażanie systemu informatycznego (APS) jest uzasadnione.

Wstęp

Planowanie produkcji rolnej jest jednym z trudniejszych zadań w zarządzaniu gospodarstwem rolnym. Składa się na to wiele czynników wewnętrznych i zewnętrznych, np. ograniczone zasoby ludzi i maszyn, płodozmian czy choćby pogoda [Proś 2007]. Ryzyk związanych z produkcją rolną jest dużo [Grudziński 2008], ale i sposobów radzenia sobie z trudnościami też jest wiele. Jednym z nich jest wprowadzenie informatyzacji do procesu produkcji rolniczej, a dokładnie wdrożenie specjalistycznego oprogramowania wspierającego świadome planowanie i organizację tym procesem. Inwestycja w poprawę efektywności procesu planowania i realizacji produkcji, przez wdrożenie odpowiedniego systemu informatycznego może przynieść w niedługim czasie wymierne korzyści i zwrócić poniesione koszty.

Umiejętność planowania, kontrolowania i wykorzystania zasobów produkcyjnych poszczególnych etapów produkcji jest ważnym elementem wpływającym na efektywność i opłacalność produkcji rolnej. Polscy rolnicy często do planowania kierowanym przez siebie gospodarstwem wykorzystują głównie swoją wiedzę i doświadczenie, nie doceniając faktu, że dobra organizacja pracy i umiejętne zarządzanie pozwalają zwiększyć wynik finansowy gospodarstwa. Drogą do osiągnięcia tych celów może być użycie metod opartych na nowoczesnych technologiach informacyjnych.

W internecie można znaleźć przykłady narzędzi umożliwiających planowanie i organizację procesów produkcyjnych w rolnictwie [Cupiał, Kuboń 2005]. Centrum Doradztwa Rolniczego przygotowało opracowanie systemów stosowanych w produkcji rolnej [www.cdr.gov.pl/informator/programy_komp.pdf]. Przeanalizowane systemy pokrywają częściowo wybrane obszary funkcjonalności produkcji rolnej [Borczyńska-Zbikowska, Pruszek 2014]. W przeważającej części ograniczają się jednak do uporządkowania ewidencji pól, posiadanych zwierząt oraz parku maszynowego. Przedstawione systemy nie mają też modułów planowania, które uwzględniałyby następujące istotne uwarunkowania procesu produkcyjnego:

- technologii produkcji poszczególnych wyrobów rolniczych,
- właściwego zaopatrzenia surowcowego,

- harmonogramu wyrobów gotowych,
- zapewnienia koniecznych zasobów ludzkich i maszynowych,
- zachowania odpowiednich norm produkcyjnych dotyczących jakości, bezpieczeństwa, dokumentacji,
- ustalenia zasobów nakładających się lub alternatywnych,
- możliwości płynnego przesunięcia prac w czasie,
- ustalenia tzw. wąskich gardeł procesu produkcji i niewykorzystanych zdolności produkcyjnych,
- innych (specyficznych) uwarunkowań konkretnych rodzajów produkcji rolniczej.

Metoda planowania wszystkich etapów produkcji i harmonogramowanie ma na celu zorganizowanie pracy, w efekcie której dojdzie do wytworzenia zaplanowanych wyrobów rolniczych przy użyciu posiadanych zasobów. Alternatywnie, jeśli nie jest to możliwe na bazie posiadanych zasobów, metoda planowania powinna ujawnić miejsca procesu, w których występuje problem zbyt szczupłych zasobów (ludzkich, maszynowych, surowcowych i innych).

Planowanie procesu produkcji rolnej może przebiegać dwuetapowo. Pierwszym etapem procesu planowania jest ustalenie struktury zasiewów (zbiór roślin) i/lub zwierząt dostosowanych do czynników produkcyjnych danego gospodarstwa (wiemy co i ile chcemy wyprodukować). Na ten temat jest wiele prac poświęconych maksymalizacji całkowitego zysku z upraw i hodowli zwierząt [Cardin-Pedrosa, Alvarez-López 2012, Janová, Ambrožová 2013, Osaki, Batalha 2014]. Są to najczęściej modele decyzyjne.

Po ustaleniu struktury wyrobów, kolejnym etapem staje się organizacja procesu produkcji, który doprowadzi do wytworzenia ustalonych wyrobów przy pomocy posiadanych zasobów, w zadanym okresie czasowym, z użyciem możliwie małych nakładów. W literaturze można znaleźć wiele metod harmonogramowania procesów produkcji [Kopanos i in. 2012 a,b], jednak nie były one dotychczas stosowane do typowej produkcji rolnej, tylko do przemysłu rolno-spożywczego np. produkcji konserw owocowych, gdzie surowcem są produkty rolne, a dokładniej owoce różnej wielkości i jakości [Parthanadee, Buddhakulsomsir 2010].

Celem pracy jest pokazanie możliwości zastosowania systemu klasy APS (*Advanced Planning and Scheduling*) dla usprawnienia planowania i nadzorowania procesów produkcyjnych w rolnictwie. Przykład implementacji wybranego modelu produkcji rolniczej stosowanego w dużym gospodarstwie rolnym zostanie przeprowadzony z użyciem systemu Qguar APS klasy APS firmy Quantum Qguar Spółka z o.o.¹.

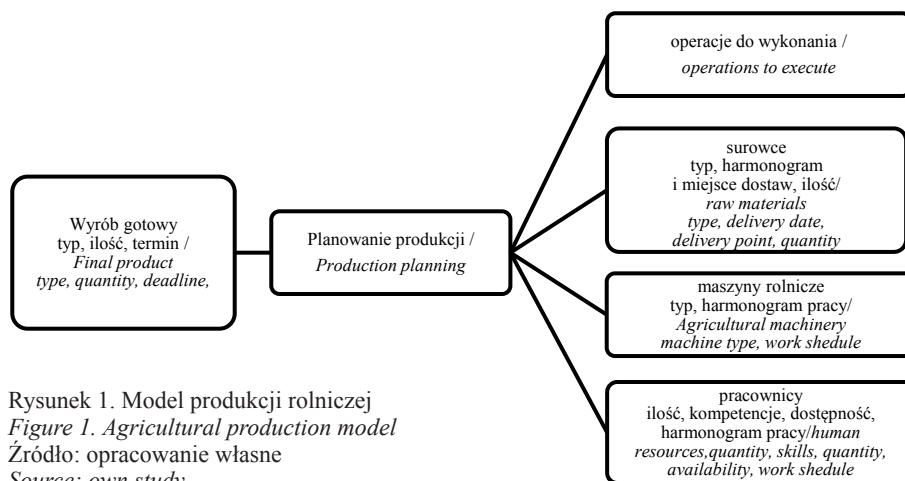
Material i metodyka badań

Zaproponowano ogólny model produkcji rolnej. W modelu tym wychodzi się od gotowego wyrobu rolniczego (może on być w postaci produktów lub półproduktów rolniczych) i na podstawie technologii produkcji dochodzi do zasobów i nakładów koniecznych do wytworzenia tego wyrobu. Aby otrzymać gotowy wyrób rolniczy potrzebne są czynniki produkcji, tj. zasoby i nakłady. Czynniki te zostały podzielone według schematu na rysunku 1.

W oparciu o model przedstawiony na rysunku 1 planowane będzie wykorzystanie przede wszystkim maszyn i zasobów ludzkich. W małym gospodarstwie rolnym organizacja pracy nie stwarza większych problemów i nie wymaga dużych nakładów. Rolnik jest w stanie sam, nawet bez pomocy komputerów, zaplanować prace rolne, często sam je wykonując. Jednak w przypadku dużych i bardzo dużych gospodarstw sprawa znacznie się komplikuje. Racjonalne planowanie i harmonogramowanie staje się kluczem do sprawnego funkcjonowania gospodarstwa. Na uwagę zasługuje fakt, że pewne prace polowe np. zbiór zbóż, nie mogą być rozciągnięte w czasie z uwagi na ściśle określony termin zbioru [Noworolnik 2011]. Układ modelu z rysunku 1 pozwala dostosować proces produkcji rolnej do dowolnie dużego gospodarstwa.

Analizie poddano gospodarstwo rolne z gminy Radłów o powierzchni 460 ha nastawione na produkcję towarową. Strukturę zasiewów oraz średnią odległość od gospodarstwa przedstawiono w tabeli 1.

¹ Oprogramowanie to zostało udostępnione autorom dzięki uprzejmości firmy Quantum Qguar Spółka Z O.O. Ma ono szerokie zastosowanie w firmach produkcyjnych w Polsce i za granicą.



Rysunek 1. Model produkcji rolniczej
 Figure 1. Agricultural production model
 Źródło: opracowanie własne
 Source: own study

Tabela 1. Rozłóg gospodarstwa wraz ze strukturą zasiewów i odległością
 Table 1. A tract of farm with the crops structure and the distance

Numer pola/ Field number	Powierzchnia/ Area [ha]	Zboże/ Grain	Odległość od gospodarstwa/ Dinstance from farm [km]	Oczekiwany plon z pola/ Expected crop volume [t]
1	35	rzepak/ rape	2,5	157,5
2	30		4	135
3	20		2	90
4	40	pszenica ozima/ wheat	1	360
5	40		1,5	360
6	40		3	360
7	30	burak cukrowy/ sugar beets	5	1800
8	30		7	1800
9	80	kukurydza/ corn	2,5	800
10	60		6	600
11	60		4	600

Źródło: opracowanie własne
 Source: own study

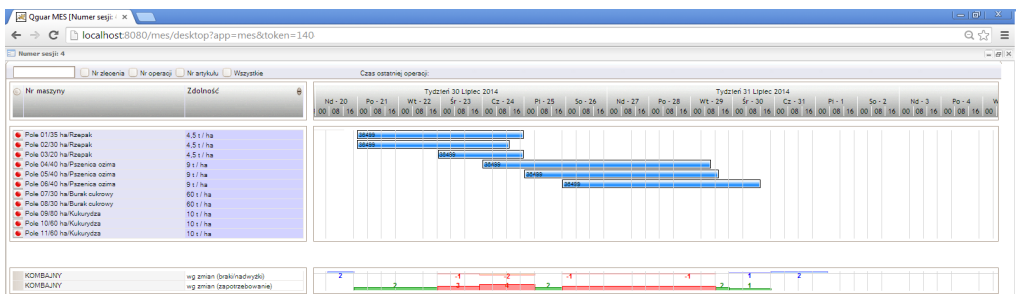
czterech ciągników o średniej mocy 77,7 kW, dwóch kombajnów zbożowych Bizon Z-110 o wydajności 1,86 ha/godz. oraz czterech przyczep D737 o ładowności 6 t. Założono, że współczynnik wykorzystania czasu eksploatacyjnego (K_{07}) dla kombajnu wynosi 0,5, a praktyczna wydajność kombajnu zbożowego to 0,9 ha/godz.

Wyniki badań

Dla prezentacji idei wykorzystania systemów klasy APS do planowania produkcji rolnej, na rysunku 2 przedstawiono wycinek harmonogramu zawierającego zaplanowane operacje koszenia pól.

Pas koloru ciemnoszarego ulokowany na poziomie wybranego pola oznacza, że w tym okresie zaplanowano na danym polu wykonanie operacji koszenia. Każda z tych operacji wymaga zasobów maszynowych (kombajn, ciągnik, przyczepa) oraz ludzkich (osoby obsługujące sprzęt rolniczy).

W analizowanym gospodarstwie rozłóg pól jest korzystny, bo składa się z 11 pól o średniej powierzchni 42 ha, które są położone blisko od gospodarstwa – średnio 3,5 km. Na polach 1-3 uprawiany jest rzepak o łącznej powierzchni 85 ha i średnim plonie 4,5 t/ha. Na polach 4-6 znajduje się pszenica ozima o łącznej powierzchni 120 ha i średnim plonie 9 t/ha, na polach 7-8 burak cukrowy, a na 9-11 kukurydza uprawiana na ziarno. Średni plon buraków wynosi 60 t/ha, a kukurydzy 10 t/ha. Główne prace w gospodarstwie wykonuje 4 pracowników zatrudnionych na stałe oraz 3 sezonowo. Park maszynowy składa się przede wszystkim z



Rysunek 2. Decyzje czasowe wykorzystania kombajnów zbożowych

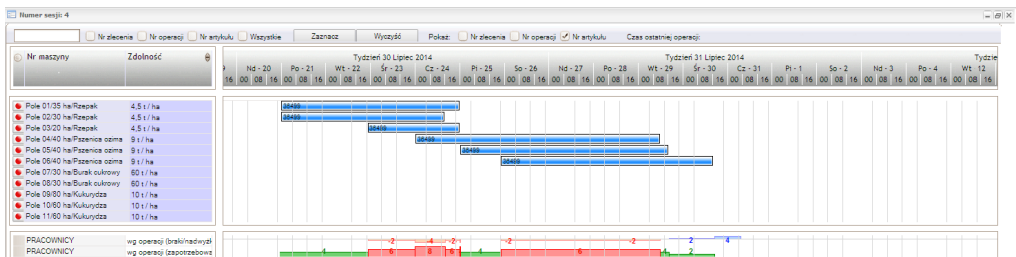
Figure 2. Timing decisions for combine-harvester using

Źródło: opracowanie własne w oparciu o system Qguar APS firmy Quantum Qguar Sp. z o.o.

Source: own study based on Qguar APS system from Quantum Qguar Sp. z o.o. company

Dla zadanego rozkładu czasowego operacji system APS wylicza sumaryczne zapotrzebowanie na dany typ zasobu w czasie (wykres w dolnej sekcji ekranu) oraz różnice (brak/nadwyżka) między posiadanym zasobu w danym czasie a zapotrzebowaniem na ten zasób w tym czasie. Na tej podstawie można szybko zweryfikować realizowalność zaplanowanego harmonogramu operacji w odniesieniu do dostępności zasobów danego typu. Z rysunku 2 można odczytać, że między 23-24 oraz 26-28 lipca zapotrzebowanie na kombajny zbożowe jest większe niż posiadany zasób. Jakkolwiek modyfikacja zaplanowanego harmonogramu operacji spowoduje automatyczne przeliczenie zapotrzebowania na dany sprzęt rolniczy w czasie i umożliwi ponowną weryfikację nowego harmonogramu. Dlatego przesunięcie koszenia pszenicy na polu o numerze 4 o jeden dzień do przodu spowoduje rozłożenie prac w czasie, a zapotrzebowanie na jeden kombajn będzie rozłożone na kolejnych pięć dni. W efekcie rolnik może podjąć decyzję najęcia usługi koszenia na pięć dni (wynajęcie jednego dodatkowego kombajnu). W harmonogramie przedstawionym na rysunku 2 można zawrzeć dodatkowe informacje dotyczące zaplanowanych operacji (przypisani wykonawcy, postęp, status). Informacje te mogą być prezentowane np. za pomocą koloru, który może być przypisany statusowi zadania (zadanie rozpoczęte, w trakcie, zakończone) lub pojawiających się podpowiedzi systemowych (*tooltips*). Podany system APS może zostać zintegrowany z systemem klasy MES (*Manufacturing Execution System*), za pomocą którego użytkownicy mogą dostarczać bieżących informacji dotyczących realizacji zaplanowanych operacji (np. potwierdzenie skoszenia danego pola za pomocą aplikacji mobilnej dostępnej na telefonie komórkowym). Daje to możliwość kontroli wykonywania prac w czasie rzeczywistym i w razie konieczności np. deszczu, podejmowania szybkich, lecz świadomych decyzji. Harmonogram może uwzględniać kolejne dni tygodnia i miesiąca lub zawierać rozłożenia prac z dokładnością do godziny.

Analogiczne harmonogramowanie prac dotyczy pracowników i ciągników z lub bez przyczepy. Na rysunku 3 przedstawiono zapotrzebowanie pracowników w okresie żniw. Na każdą operację

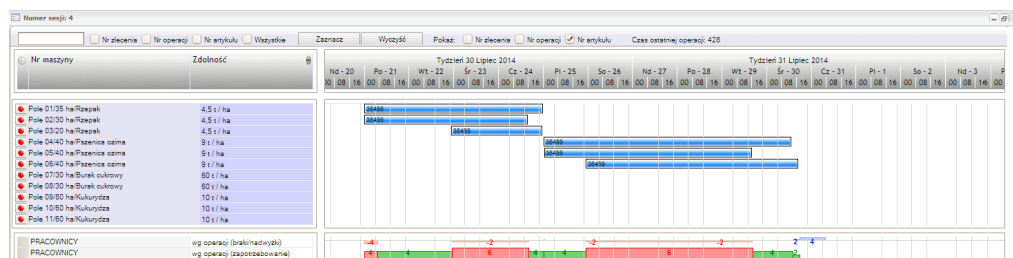


Rysunek 3. Decyzje czasowe wykorzystania pracowników

Figure 3. Timing decisions for workers

Źródło: jak na rys. 2

Source: see fig. 2



Rysunek 4. Decyzje czasowe wykorzystania pracowników po uwzględnieniu zmian

Figure 4. Timing decisions for workers including changes

Źródło: jak na rys. 2

Source: see fig. 2

koszenia zdefiniowano 2 pracowników potrzebnych do obsługi kombajnu i ciągnika z przyczepą. Przy ustalonym początkowo harmonogramie koszenia widać, że 24 lipca zapotrzebowanie pracowników przewyższa dostępny zasób (rys. 3). Przy jednoczesnym koszeniu na czterech polach potrzeba łącznie 8 pracowników, a dostępnych jest tylko czterech. Dlatego po przesunięciu operacji koszenia pola nr 4 w czasie (o jeden dzień), do zbioru ostatni zbóż potrzeba dodatkowo tylko dwóch pracowników (rys. 4).

Kolejność koszenia zbóż wynika z terminów ich zbiorów, jednak modyfikacji kolejności koszenia w obrębie tego samego zasiewu jest wiele. Korzystając z powyższego modułu można łatwo prześledzić najbardziej optymalne rozwiązanie.

Trzeba jeszcze raz podkreślić, że zaprezentowano tylko demonstracyjną wersję oprogramowania, która tylko w niewielkim stopniu została dostosowana do potrzeb produkcji rolniczej. Nie ma przeszkód, by oprogramowanie dostosować do zasobów i potrzeb danego gospodarstwa, do jego specyfikacji i wdrożyć go uwzględniając oczekiwania rolnika. Z uwagi na koszty z tym związane, w chwili obecnej autorzy nie dysponują odpowiednim materiałem uwzględniającym wyniki wdrożenia.

Podsumowanie i wnioski

W pracy przedstawiono metodę planowania i harmonogramowania produkcji rolnej, która w oparciu o listę wyrobów zaplanowanych do wytworzenia oraz technologię produkcji pozwala stworzyć harmonogram operacji koniecznych do wykonania oraz zweryfikować dostępność zasobów (surowcowych, ludzkich, maszynowych). Metoda opiera się na wykorzystaniu systemu klasy APS (*Advanced Planning and Scheduling*). Przykładową implementację przygotowano w oparciu o system Qguar APS firmy Quantum Qguar Sp. z o.o.

Do głównych korzyści wdrożenia systemu klasy APS w rolnictwie zaliczyć można: lepszą organizację pracy uwzględniającą wszystkie uwarunkowania planowania produkcji (dostępność oraz wydajność zasobów ludzkich i maszynowych, technologia produkcji), usprawnienie logistyki produkcji (zaopatrzenie surowcowe, harmonogram dostaw surowców, harmonogram dostaw-odbiorów wyrobów gotowych), ewidencję postępu realizacji prac w systemie, statystyczną informację zarządczą w zakresie tworzonych harmonogramów produkcji (obliczanie wskaźników efektywności, stopień wykorzystania zasobów, identyfikacja wąskich gardeł procesu). W przypadku integracji z systemem MES (*Manufacturing Execution System*) możliwe jest także monitorowanie (*on-line*) postępu produkcji rolnej (raportowanie, monitorowanie stopnia realizacji planu produkcyjnego, szybkie reagowanie na opóźnienia, zmiany planów produkcyjnych w trakcie realizacji, bieżącą informację zarządczą – natychmiastowe raportowanie postępu przez aplikację mobilne). Z uwagi na ograniczoną, pokazową wersję oprogramowania Qguar APS przedstawiono jedynie koncepcję i możliwości wykorzystania pełnego oprogramowania klasy APS. Istnieją realne możliwości wykorzystania go w rolnictwie z dużą korzyścią. W przypadku

wdrożenia go do produkcji rolniczej program jest dostosowywany do wymagań konkretnego gospodarstwa i z całą pewnością byłby bardzo użytecznym narzędziem do harmonogramowania procesu produkcji rolnej. Zaprezentowane oprogramowanie ma zastosowanie dla dużych i bardzo dużych gospodarstw o różnym profilu produkcyjnym. Ze względu na koszty raczej nie nadaje się do małych gospodarstw rodzinnych. Może się sprawdzić w gospodarstwach mniejszych, lecz zrzeszonych lub działających np. w ramach spółki. Przedstawiona metoda stanowi innowacyjne, zaawansowane podejście do rozwiązań problemów produkcyjnych w rolnictwie.

Literatura

- Borczyńska-Żbikowska J., Pruszek P. 2014: *Programy komputerowe w rolnictwie*, CDR, http://www.cdr.gov.pl/informator/programy_komp.pdf, dostęp 3.09.2014.
- Cardin-Pedrosa M., Alvarez-López C.J. 2012: *Reprint of: Model for decision-making in agricultural production planning*, Computers and Electronics in Agriculture, vol. 86, 131-139.
- Cupał M., Kuboń M. 2005: *Dobór środków transportowych dla gospodarstwa przy pomocy programu „AGREGAT-2”*, Inżynieria Rolnicza, 14, 69-74.
- Grudziński J. 2008: *Informatyczne narzędzia zarządzania ryzykiem w rolnictwie*, Inż. Rol., 11(109), 69-74.
- Janová J., Ambrožová P. 2013: *Optimization of production planning in Czech agricultural co-operative via linear programming*, Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, vol. 57, no. 6, 99-104.
- Kopanos, Puigjaner, Georgiadis 2012a: *Efficient mathematical frameworks for detailed production scheduling in food processing industries*, Computers & Chemical Engineering, vol. 42, 206-216.
- Kopanos, Puigjaner, Georgiadis 2012b: *Simultaneous production and logistics operations planning in semicontinuous food industries*, Omega, vol. 40, Issue 5, 634-650.
- Kuboń M., Cupiał M. 2005: *Założenia wejściowe do programu optymalizującego dobór liczby środków transportowych dla gospodarstw rolniczych*, Inż. Rol., 14, 203-209.
- Noworolnik K. 2011: *Wpływ terminu siewu i terminu zbioru na plonowanie i zawartość białka w ziarnie owsa*, Polish Journal of Agronomy, 6, 34-37
- Osaki M., Batalha M.O. 2014: *Optimization model of agricultural production system in grain farms under risk in Sorriso, Brazil*, Agricultural Systems, vol. 127, 178-188.
- Parthanadee P., Buddhakulsomsir J. 2010: *Simulation modeling and analysis for production scheduling using real-time dispatching rules: A case study in canned fruit industry*. Computers and Electronics in Agriculture, vol. 70, Issue 1, 245-255.
- Proś J. 2007: *Zarządzanie ryzykiem pogodowym*, CEDEWU Sp. z o.o., Warszawa. www.cdr.gov.pl/informator/programy_komp.pdf.

Summary

The article presents an analysis of the possibility of using APS class system (Advanced Planning and scheduling) to planning and organization the agricultural production process. The model created in the analysis is applied to plan the resources (humans, machines, row materials) in the chosen farm oriented to food production. With help of commercial software (Qguar APS of Quantum Qguar Spółka z o.o.) some cases concerning implementation of the model were presented. Also given examples of the types of farms, in which the implementation of the system (APS) is justified. Final conclusions and remarks on the benefits of APS-systems user are also done.

Adres do korespondencji
 dr Agnieszka Peszek, dr Mariusz Fitowski, dr Stanisława Roczowska-Chmaj
 Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
 Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki
 30-149 Kraków, ul. Balicka 116 B
 tel. (12) 662 46 89
 e-mail: agnieszka.peszek@ur.krakow.pl, mariusz.fitowski@ur.krakow.pl,
stanislawa.roczowska-chmaj@ur.krakow.pl