

# Dynamic model of polymer film production plan

## Dynamiczny model planu produkcji folii polimerowej

DOI: 10.15199/62.2019.2.XX

Obecnie firmy muszą mierzyć się z wielką presją konkurencji oraz przewagą podaży nad popytem, co oznacza konieczność opracowania biznesowej strategii produkcyjnej. Aby zarządzać zapotrzebowaniem, należy wykorzystywać bardziej nowoczesne i bardziej złożone metody także w planowaniu sprzedaży. Zaproponowano dynamiczny model planu produkcji w przemyśle chemicznym, którego zadaniem jest zmiana sposobu obecnego planowania w odniesieniu do realizacji kontraktowo zagwarantowanych i nowych zamówień.

Strategia produkcyjna w firmach chemicznych produkujących folię polimerową opiera się na wiedzy o stanie i rozwoju środowiska rynkowego. Odpowiedni plan produkcji jest konieczny do sprostania popytowi na te produkty<sup>1</sup>). Statyczne metody tworzenia planów produkcji nie są skuteczne, ponieważ przedsiębiorstwa muszą mierzyć się z konkurencją, co stwarza konieczność stosowania bardziej złożonych metod planowania produkcji<sup>2</sup>). Ma to również istotne znaczenie w obszarze poligrafii i produkcji folii, ponieważ jest to dynamiczna branża, na którą wpływ wywiera nie tylko rynek docelowy, lecz także pojedyncze działania poszczególnych producentów<sup>3</sup>). Znajomość zachowań klientów pozwala uniknąć działań nieefektywnych, takich jak składowanie nadwyżek lub przekraczanie zdolności produkcyjnych<sup>4</sup>). Można to osiągnąć poprzez dynamiczne, a nie statyczne planowanie produkcji, które stwarza warunki i założenia do odpowiedniego przydziału środków niezbędnych do produkcji, zakupu surowców, przygotowywania siły roboczej, zapewniania możliwości produkcyjnych oraz kompletnej infrastruktury, jak również rozwiązań logistycznych<sup>5</sup>).

### Statyczny plan produkcji

Plan produkcji w firmach chemicznych produkujących folie polimerowe powinien obejmować prognozy popytu, w tym szacowane roczne wielkości sprzedaży do wszystkich znaczących odbiorców. Dlatego firma musi rozróżnić 3 grupy klientów wg wielkości obrotów i wskaźników rynkowych: (i) ponadnarodowe, globalne przedsiębiorstwa w różnych segmentach spożywczych z regularnym

Rules and recommendations for dynamic planning the com. production of polypropylene films were given. An algorithm for development of an extended prodn. plan was elaborated.

Companies are presently forced to great competition pressure, prevalence of offer over demand, which requires necessity to adapt business production strategy. To manage such needs newer, more modern and more complex approaches also in the planning of the sales have to be used. The contribution suggests a dynamic model for production plan in area of chemical industry, with task to change way of present planning, with regard to meet contracted and guaranteed, as well as new obtained orders.

Production strategy in a polymer films-producing chemical company is built on knowledge of the state and development of market environment. A proper production plan is necessary to meet the market demands<sup>1</sup>). The actual static methods for making production plans are not efficient, since companies are exposed to competition, demanding to adapt to the demands of more complex approaches to the production plan<sup>2</sup>). It must be regarded also in polygraph segment and film production, since it means dynamic environment, influenced not only by target market, but also by single activities of individual producer<sup>3</sup>). Knowledge of consumers' behavior means to avoid ineffective steps, as for example stockpiling or over resizing the production capacities<sup>4</sup>). It can be done through dynamic, not static production planning, which creates conditions and assumptions for proper sources allocation, necessary for the production, purchase of materials, working power preparation, providing of production capacities and total infrastructure, as well as logistics<sup>5</sup>).

### Static production plan

The state production plan in the polymer films-producing chemical company should contain the demand prognosis including estimated annual volumes of purchase to all important consumers. Therefore company has to distinguish 3 consumer groups according their turnover volume and market rate: (i) transnational, global producers of various grocery segments with regular demand presenting approximately 50% of sale volume, (ii) national and regional big and medium enterprises presenting approximately 35% of sale volume, and finally (iii) small enterprises (approximately 15% of sale volume).

Annual production plan should take into consideration all financial needs and maximize (but not exceed) load of technological nodes, during assumption of non-stop service<sup>6</sup>). Cooperation with consumers is defined by contract and by various technical units (mass in kilogram, area of final production in m<sup>2</sup> or length of production in meter). Capacity reserve for smaller consumers is determined as approximately 10% annually.

\* Author for correspondence/Autor do korespondencji:

Technical University Kosice, Faculty BERG, Letná 9, 04201 Košice, Slovakia, e-mail: adriana.csikosova@tuke.sk

popytem, stanowiące ok. 50% obrotów ze sprzedaży, (ii) krajowe i lokalne przedsiębiorstwa duże i średnie, stanowiące ok. 35% obrotów ze sprzedaży, a także (iii) przedsiębiorstwa małe (ok. 15% obrotów ze sprzedaży).

W rocznym planie produkcji należy uwzględnić wszystkie potrzeby finansowe oraz zmaksymalizować (ale nie przekroczyć!) obciążenia węzłów technologicznych przy założeniu nieprzerwanego świadczenia usług<sup>6</sup>. Współpraca z odbiorcami jest określona umowami, w których zamówienia są definiowane przy wykorzystaniu różnych jednostek technicznych (masa w kilogramach, powierzchnia produkcji końcowej w metrach kwadratowych, długość w metrach). Rezerwa zdolności produkcyjnych dla mniejszych odbiorców jest w przybliżeniu określana jako 10% rocznej produkcji.

Plan produkcji musi obejmować również kilka czynników wpływających na segment produkcji i sprzedaży folii polimerowej. W szczególności należy brać pod uwagę wzrost liczby mniej korzystnych zamówień i zmniejszenie się ich średniej wielkości, zwiększenie presji odbiorców na elastyczność i szybkość dostaw, presję konkurencji w zakresie ceny oraz krótszy cykl na wprowadzanie innowacji w produktach, zmiany we wzorach produktów i różne warianty produktów, a także działania wspierające.

## Produkcja folii polimerowych

Podstawowe surowce do produkcji opakowań elastycznych to granulaty polimerowe, folie, barwniki i dodatki<sup>7</sup>. Proces produkcji w przeważającej mierze obejmuje drukowanie i laminowanie, a także wykończeniowe cięcie oraz wytwarzanie worków i toreb.

Do podstawowych surowców należą PP, PE, PET i polimery PA (ewentualnie ich podwójne lub potrójne kombinacje). Mają one odmienne właściwości fizyczne i chemiczne. Poszczególne materiały stosowane są w zależności od potrzeb produkcji folii i okresu przydatności produktu<sup>8</sup>. Główne procesy technologiczne obejmują druk wklęsły, fleksografię i laminowanie poprzez łączenie folii spoiwem. Węzły technologiczne związane są ponadto z produkcją rolek folii, głównie z PE, w procesie z rozdmuchiwaniami. Produkcja dla wszystkich zastosowań i odbiorców wymaga wytwarzania różnych asortymentów podstawowych, liczonych rocznie w setkach sztuk, a także łączenia rozmaitych materiałów o różnych wymiarach<sup>9</sup>.

## Modelowanie czasu produkcji w węzłach i wielkości zamówienia

Plan produkcji sporządza się w jednostkach technicznych (np. kg), a jego wykonanie oznacza realizację konkretnych zamówień na poszczególne rodzaje folii. Produkcja wzoru  $N$  w typowym węźle obejmuje 5 faz: (i) fazę przygotowania biegnącą równoległe z produkcją poprzedniego wzoru  $N-1$ , (ii) fazę montażu nowego wzoru po zakończeniu produkcji poprzedniego wzoru  $N-1$ , (iii) fazę rozruchu i ustawienia wzoru  $N$ , (iv) fazę drukowania wzoru  $N$  oraz (v) fazę demontażu wzoru  $N$ .

Po zakończeniu produkcji każdego wzoru sprzęt jest resetowany, dzięki czemu uzyskuje się skrócenie czasu przestoju. Ze względu na modelowanie całkowitego czasu niezbędnego do produkcji w wybranym węźle istnieje określony, matematycznie zaprogramowany algorytm, który wynika z rzeczywistych parametrów produkcyjnych asortymentu i pracy węzłów. Parametry wejściowe modelu to liczba, grubość i szerokość produktu, całkowita wielkość zamówienia w jednostkach technicznych, średnia liczba kolorów oraz średnia wielkość zamówienia. Czas potrzebny do realizacji zamówienia produkcyjnego w danym węźle jest parametrem modelu wyjściowego. Czas technologiczny do obliczania modelu wg parametrów wejściowych dzieli się na czas niezbędny do przygotowania produkcji (np. montaż i rozruch urządzeń), czas potrzebny na produkcję i jej zakończenie, a także czas na demontaż oraz czas całkowity. Nieliniowa zależność wielkości produkcji i czasu ma bezpośredni wpływ na całkowity czas niezbędny

*The production plan has to include also some factors influencing segment of polymer film production and sale. In particular, growth of less advantage orders and decrease of average order volume, increase of consumers pressure to the flexibility and speed of supply, pressure of competition to price as well as shorter innovation cycle applied to products, design change and various product variants or supporting activities have to be taken into account.*

## Production of polymer films

*Basic materials entering the process for flexible packages production are polymer granulates, films, colorants or additives<sup>7</sup>. Production process includes technologic nodes, prevailing printing and lamination as well as final cutting and production of sacks or bags.*

*As basic materials are considered prevailingly PP, PE, PET and PA polymers (eventually their duplex or triplex combinations) that have various physical and chemical characteristics, applied according needs of film production and time of expire<sup>8</sup>. Bearing technological nodes present mainly refinement by gravure or flexography and lamination by bonding the films with an adhesive. Bearing node is also single production of basic rolls, mainly on PE basis by blowing technology. Production for all segments and consumers demands a number of basic assortments (used annually in hundreds of pieces) and combination of various materials with different sizes<sup>9</sup>.*

## Modelling of production time in the node and order volume

*The production plan is prepared in technical units (for example kg) and its fulfilling means production of particular orders with individual film motives. Production of particular design  $N$  in a typical node consists of 5 phase cycles: (i) preparation phase running parallel with production of previous design  $N-1$ , (ii) assembling phase after completing the production of previous design  $N-1$ , (iii) start-up phase and setting of design  $N$ , (iv) phase of printing the design  $N$ , and finally (v) disassembling phase of design  $N$ .*

*After completing any design production, the equipment is resetted and the rising downtime disposal capacity is decreasing. Due to the modeling of total time, necessary for production in chosen node, there is a defined algorithm, mathematically programmed, resulting from real production parameters of assortment and nodes. The number of assortment, thickness and width of assortment, total volume of order in technical units, average number of coloring and average volume of order are the input model parameters. The time necessary for execution of the production order in given node is the output model parameter. Technological times for model calculation according input parameters are divided to time necessary for order preparation (e.g. assembling and starting), time necessary for production and finalization, time for disassembling and total time. Nonlinear dependence of volume and time is directly influencing the total time necessary for executing all orders individually for various production nodes. Total time for realization is calculated according technological parameters of the order, volume of the order and number of designs and then transferred to the production plan in the individual nodes.*

*An example of technological units need (blue color) and significantly different time need of capacities in one of main technological nodes (red color) was shown on Fig. 1.*

*Visualization of order numbers per year and their volume for particular segment and consumer was shown on Fig. 2. Necessity of considerable competition advantage is flexibility, which means ability of reduction of delivery times. Decrease or growth of orders or changes in their volume for new consumers are ranked to the production process operatively, after expert evaluation of capacities by internal logistics. Also guarantee of flexibility has great influence on the production plan. An ability of producer to supply new and reproducible products in contracted time is demanded by consumers. In case of delayed supply, there is risk of penalization. Possibility to execute a big order in a long period ahead is available only in a very limited range. Elimination of ineffective small orders can be achieved*

do realizacji wszystkich zamówień indywidualnie w poszczególnych węzłach produkcyjnych. Całkowity czas realizacji oblicza się wg parametrów technologicznych zamówienia, jego wielkości i liczby wzorów, po czym przekłada się go na plan produkcyjny dla poszczególnych węzłów.

Przykład wykorzystania węzłów technologicznych (kolor niebieski) i znacząco różnych wymogów czasowych w zakresie możliwości produkcji w jednym z głównych węzłów technologicznych (kolor czerwony) przedstawiono na rys. 1.

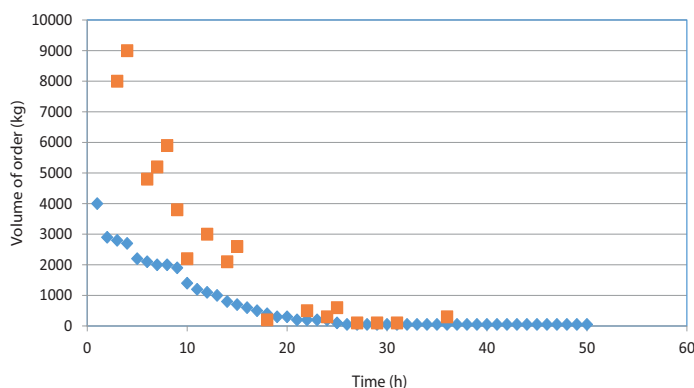


Fig. 1. Necessity of technological units and time in node

Rys. 1. Potrzeby węzłów technicznych i wymogi czasowe

Wizualizację liczby zamówień na rok i ich wielkości dla danego asortymentu i odbiorcy przedstawiono na rys. 2. Konieczność uzyskania przewagi konkurencyjnej wymaga elastyczności, czyli zdolności do skracania czasu dostawy. Spadek lub wzrost liczby zamówień lub zmiany ich wielkości dla nowych klientów są odpowiednio uszeregowane w procesie produkcyjnym, po eksperckiej ocenie możliwości w zakresie logistyki wewnętrznej. Znaczący wpływ na plan produkcji ma ponadto gwarancja elastyczności. Klienci wymagają od producenta dostarczania nowych i odtwarzalnych produktów w kontraktowym czasie. W przypadku opóźnionej dostawy istnieje ryzyko nałożenia kary. Realizacja dużego zamówienia z wyprzedzeniem w długim okresie jest możliwa jedynie w bardzo ograniczonym zakresie. Eliminację nieefektywnych małych zamówień można uzyskać również za pomocą powszechnie stosowanych modułów cenowych dotyczących kosztów w odniesieniu do stosunku czasu produkcji do jej wielkości. W ten sposób daje się kupującym możliwość optymalizacji kosztów realizacji ich zamówienia, gwarantowanych w umowie w okresie kilku miesięcy<sup>10</sup>. Ewentualną elastyczność planu produkcyjnego determinuje się poprzez określenie możliwości zweryfikowanych obrotów ze sprzedaży dla poszczególnych technologii produkcji wraz z planowaniem odpowiedniego zestawienia możliwości dostaw dla różnych asortymentów dla tej samej technologii produkcji. W każdym segmencie rynku istnieją indywidualnie stosowane terminy dostaw i wielkości produkcji poszczególnych wzorów.

## Odpowiednie zarządzanie produkcją, planowanie ogólne

W praktyce wszystkie zamówienia i zapotrzebowania klientów są przesyłane w postaci cyfrowej i wprowadzane do planu zdolności produkcyjnych w poszczególnych węzłach wg rankingu i źródeł, niezbędnych do realizacji przyjętego zamówienia zgodnie z wymaganiami lub ustalonymi w umowie warunkami. Program do modelowania zdolności produkcyjnych pozwala obliczyć czas niezbędny do realizacji konkretnego zamówienia i zapewnienia ciągłości pracy poszczególnych węzłów, zgodnie z metodologią dotyczącą wymaganych parametrów węzłów produkcyjnych. W programie planowania ogólnego głównym

also by commonly used pricing modules regarding costs on production time against volume. By this way, there are created possibilities for buyers due to the costs optimizing of their order; guaranteed by agreement to several months period<sup>10</sup>. Ability of a production plan to possible flexibility is determined by setting the capacity verified volume of sale for individual production technologies with planning of proper capacity mix of supplies for various segments for the same production technology. In any market segment, there are individually applied delivery times and volumes of design.

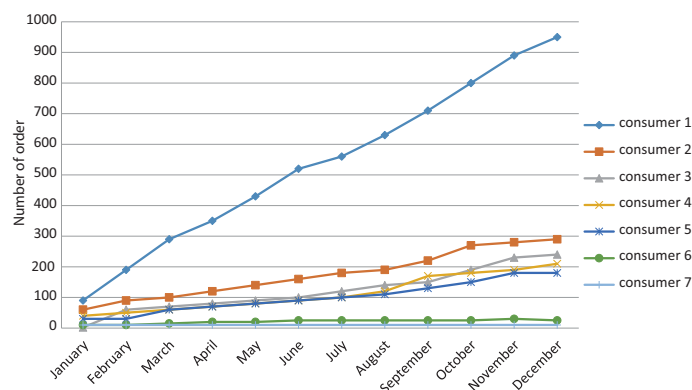


Fig. 2. Visualization of annual number of orders per consumers

Rys. 2. Wizualizacja rocznej liczby zamówień przypadających na klienta

## Operative management of production and aggregate planning

Actually, all orders and demands of consumers are transmitted in digital form to capacity production plan in individual nodes according ranking and sources, necessary for execution of any accepted order in its demanded or agreed advanced term. The existing modeling program of production capacity needs helps to calculate the time, necessary for particular order operation and continuity of individual nodes, using the methodology, regarding demanded parameters in production nodes. In the program of aggregate planning, the main big element is reserved capacity, set by empirically obtained values.

## Restrictions of static production plan

Under conditions of permanent production with maximal utilization of total installed and available capacity of all machinery, the production is limited by time for production in bearing node, for example in blow molding centers, deep printing and flex printing. This time is maximally influenced by order volume. Capacity reserve for demand seasonality of individual consumers, segments and assortments is not determined. The influence of delivery times of external raw materials suppliers, mainly suppliers of basic rolls, is also a significantly limited factor. Variability of type, width, thickness and necessary volume is very high and agreed terms of supply of these input materials are sometimes longer than period for total order execution.

Actually, there is lack of direct connection to the system of planning and possibility of objective processing any changes of the plan during the year. There is also hardly possible to apply technical prognosis and influence the production seasonality to individual segments, consumers or group of products. There is also not possible to describe process for purchase according the consumer behavior and eventually to discover discrepancies and possible loss in the portfolio of products in a short time.

## Suggestion of dynamic production plan development

To eliminate present production plan, a list of new parameters, which are evaluated and calculated by more exact understanding of needs and changes in process of consumer ordering and consequent production,



elementem są możliwości określone za pomocą empirycznie uzyskanych wartości.

### Ograniczenia statycznego planu produkcji

W warunkach stałej produkcji z maksymalnym wykorzystaniem wszystkich możliwości całego zamontowanego i dostępnego sprzętu, produkcja jest ograniczona przez czas niezbędny do produkcji w głównym węźle (np. w węźle rozdmuchiwania, druku głębokiego lub nadruku techniką *flex*). Na ten czas największy wpływ ma wielkość zamówienia. Rezerwa możliwości w związku z sezonowością popytu wśród indywidualnych odbiorców, segmentów i asortymentów jest nieokreślona. Wpływ na czas dostaw wymagany przez zewnętrznych dostawców surowców (głównie dostawców podstawowych surowców) jest również znacznie ograniczony. Zmienność typu, szerokości, grubości i objętości folii jest bardzo duża, a ustalone terminy dostaw surowców są często dłuższe niż czas całkowitej realizacji zamówienia.

W praktyce brak jest bezpośredniego powiązania z systemem planowania i możliwości obiektywnego wprowadzania wszelkich zmian planu w ciągu roku. Mocno ograniczone są również możliwości sto-

*has to be taken into consideration. By setting functional relations of new parameters, there is possible to achieve a stable long-term prediction of capacity needs for individual consumers and to solve possible collisions in ahead. By new dynamic modelling of incoming demands and trends, there is rising possibility to specify decision process<sup>1)</sup>.*

*Suggested methodology for developing dynamic production plan is based on an extended annual plan, specification of planning parameters, and detailed dynamic monitoring of parameters in particular orders. Annual plan is developed for all consumers and covers all agreed and long-term customers with some volume (also any not specific future customers). Such plan is then filled manually before expected demands to order seasonality, resulting from knowledge of consumers' needs in previous period, from contracted and planned changes in particular year. This level consists of 3 basic phases: (i) creation of extended annual plan for consumer in form of a table, (ii) verification of plan for all consumers from the view of capacity, and (iii) quarterly dynamic verification of annual plan according individual plants.*

*Annual plan of unique assortment needs can be quantified for particular consumers by definition of number and average of order volume. On this level, it is modelled by allotment to in ahead determined intervals in technical units. Parameters of planning in individual plants for this level are given by Table.*

Table. Suggested parameters of extended production plan model

Tabela. Proponowane parametry modelu planu zwiększonej produkcji

Annual plan/ Roczny plan	Total/ Łącznie, t	Average vol. of order/ Średnia objętość zlecenia, kg	Motive no., pieces/Nr motywu, szt.	No. of order, pieces/ Nr zlecenia, szt.	Average thick-ness/ Średnia grubość	Average print width/ Średnia szerokość nadruku, mm	Average no. of colors/ Średnia liczba kolorów	Coefficient of plan change/ Współczynnik zmiany planu, %	Node 1. Print 1/ Węzeł 1. Druk 1	Node 2. LAM/ Węzeł 2. LAM	Node 3. ZV/Węzeł 3. LAM
Annual matrix of sources and needs/ Roczna macierz źródeł i potrzeb	700							Plan of expected growth (loss)/ Plan oczekiwa- nego wzrostu (spadku)	300 t	700 t	600 t
Character of plant/ Charakter zakładu	stable/ stabilny										
Assortment 1 – plan/ Asortyment 1 – plan	100	S-420 M-780 L-3000	S-10 M-15 L-5	S-25 M-35 L-20	50	1110	8		50	100	0
1. quarter/1 kwartał	A		30/1					24	V1	V1	V1
2. quarter/2 kwartał	B							24	V1	V1	V1
3. quarter/3 kwartał	C							28	V1	V1	V1
4. quarter/4 kwartał	D							32	V1	V1	V1
Assortment 2 – plan/ Asortyment 2 – plan											
1. quarter ... /1 kwartał ...											
Assortment 3 – plan/ Asortyment 3 – plan											
1. quarter /1 kwartał ...											
Average of node usage/Srednie wykorzystanie węzła									5,8	3,7	4,4
Need of node capacity per year/Roczne zapotrzebowanie na przepustowość węzła											

sowania prognoz technicznych i wpływania na sezonowość produkcji dla poszczególnych segmentów, odbiorców lub grup produktów. Nie jest ponadto możliwe opisanie procesu zakupu na podstawie zachowania się klientów i ostatecznej identyfikacji rozbieżności oraz ewentualnych strat w *portfolio* produktów w krótkim czasie.

### Propozycja dynamicznego planu produkcji

W celu eliminacji obecnie stosowanego planu produkcji, należy wziąć pod uwagę wykaz nowych parametrów, ocenianych i obliczanych na podstawie dokładniejszego zrozumienia potrzeb i zmian w procesie zgłaszania zamówień przez odbiorców, a w konsekwencji zmian produkcji. Ustalenie powiązań funkcjonalnych nowych parametrów pozwala uzyskać stabilną długoterminową prognozę potrzeb w zakresie możliwości produkcyjnych dla indywidualnych klientów, co jest przydatne w celu rozwiązywania ewentualnych sprzeczności w przyszłości. Dzięki nowemu, dynamicznemu modelowaniu pojawiających się zapotrzebowań i trendów, wzrasta możliwość określenia procesu decyzyjnego<sup>11</sup>.

Zaproponowana metodologia rozwoju dynamicznego planu produkcji oparta jest na rozszerzonym planie rocznym, specyfikacji parametrów planu i szczegółowym dynamicznym monitorowaniu tych parametrów w poszczególnych zamówieniach. Roczny plan jest opracowywany dla wszystkich odbiorców i obejmuje wszystkich ustalonych i długoterminowych klientów ze ściśle określoną wielkością zamówień (w tym także wszelkich niepewnych przyszłych klientów). Taki plan jest następnie wypełniany ręcznie na podstawie wiedzy o potrzebach klientów w poprzednim okresie i zgodnie z sezonowością zapotrzebowań, z uwzględnieniem kontraktowych i planowanych zmian w danym roku. Ten etap składa się z 3 podstawowych faz. Są to (i) sporządzenie rozszerzonego rocznego planu klienta w postaci tabeli, (ii) sprawdzenie planu dla wszystkich klientów w zakresie wydajności oraz (iii) kwartalna dynamiczna weryfikacja rocznego planu wg poszczególnych zakładów.

Roczny plan indywidualnych potrzeb asortymentowych można stworzyć dla poszczególnych odbiorców poprzez określenie liczby i średniej wielkości zamówień. Na tym poziomie jest on modelowany poprzez przydział czasu w określonych odstępach w jednostkach technicznych. Parametry planowania w poszczególnych zakładach na tym poziomie podano w tabeli.

### Dynamiczna ocena planu produkcji

Dalsze obliczanie rocznego planu na podstawie indywidualnych zachowań klientów składa się z działań przedstawionych na rys. 3. Opisany tam algorytm obejmuje 5 etapów. W pierwszym etapie oblicza się produkcję w tonach osiągniętą w rzeczywistości i porównuje się ją z planem. Po obliczeniu można podjąć decyzję np. o przesunięciu lub poprawie niezbędnej rezerwy możliwości na potrzeby nowego okresu (kwartału) planowania. W drugim etapie można podjąć się wdrożenia nowego, urealnionego stanu ustalonego w trakcie negocjacji biznesowych i dotyczącego wielkości (współczynnik planowanych zmiany). W trzecim etapie można dokonać nowego obliczenia następujących po sobie kwartalnych wielkości produkcji w jednostkach technicznych i możliwości poszczególnych węzłów produkcyjnych. W czwartym etapie można przeprowadzić weryfikację równowagi możliwości w następujących po sobie kwartałach w głównych węzłach produkcyjnych. W piątym etapie uwzględnia się planowane możliwości odbiorców i węzłów do zaprogramowania w celu stworzenia harmonogramu (planowanie ogólne).

### Wnioski

Zaproponowany model zastępuje statyczny sposób sporządzania planu produkcji. Jest on oparty nie tylko na oszacowaniu

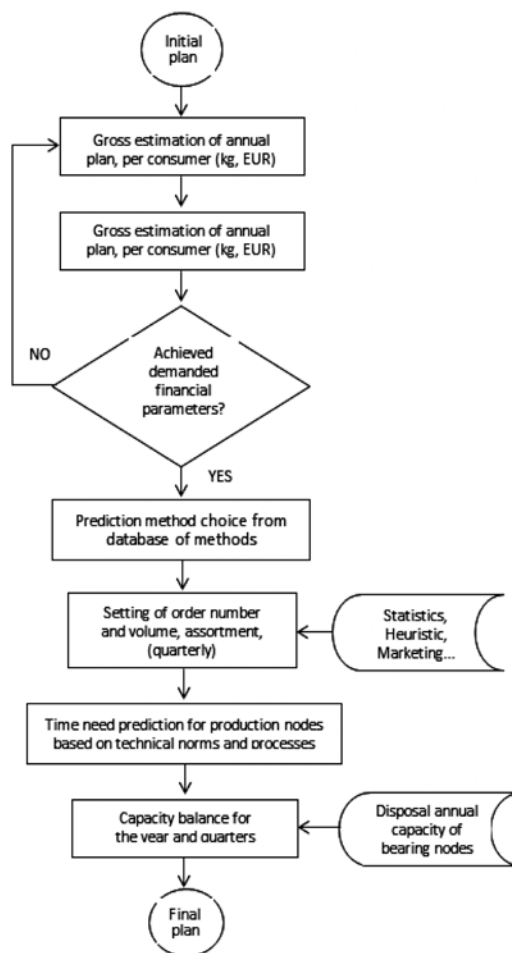


Fig. 3. Algorithm for creation of extended production plan

Rys. 3. Algorytm do tworzenia rozszerzonego planu produkcji

### Dynamic evaluation of production plan

Further calculation of annual plan according individual consumers consists of the steps illustrated by Fig. 3. There are 5 individual steps in the algorithm. In the first step, a calculation of achieved reality in tones is done and compared with the plan. After calculation, a decision e.g. about transition or amendment to new necessary capacity reserve for new planning period (quarter) can be made. In the second step, implementation of new reality, obtained in running business relation and contracting to the table of volume (coefficient of planned change) can be undertaken. In the third step, a new calculation of following quarterly volumes in technical units and capacities of nodes can be carried out. In the fourth step, a verification of capacity balance for following quarters in bearing nodes may be done. Finally in the fifth step, an application of planned capacity values for consumers and nodes to program for creation of schedule (aggregated planning) takes place.

### Conclusions

Suggested model replaces static way for production plan preparation, based not only on the disposal estimation of total assumed volume of sale for a particular customer by dynamic model. There is necessary to analyze in the company also behavior of individual consumers in assortment. Capacity loading, as well as needs of individual inputs to production process depends also on volume of orders, frequency of appearance, assortment in specific widths, thickness, color and preparing and finishing times, non-linear dependence between total volume and capacity demands, resulting from its realization.

Dynamic of model is also under sliding conversion during the year, incorporating capacity changes from the view of producer, as well as changes in ordered volume according results of tenders from the view of consumers, as well as new products installment. It enables to manage and correct produc-

całkowitych zakładanych obrotów ze sprzedaży dla danego klienta z wykorzystaniem modelu dynamicznego, lecz konieczna jest również analiza zachowań indywidualnych klientów w kontekście zamawianego asortymentu. Obciążenia objętościowe oraz potrzeby poszczególnych wejść do procesu produkcji zależą również od wielkości zamówień, częstotliwości występowania asortymentu o określonej szerokości, grubości i kolorze, a także od czasu przygotowania i ukończenia produkcji z uwzględnieniem nieliniowej zależności pomiędzy możliwością całkowitej wielkości produkcji a wielkością zapotrzebowania.

Ponadto dynamika modelu do pewnego stopnia zmienia się w ciągu roku, odzwierciedlając zmiany w możliwościach producenta, zmiany w objętości zamówień odbiorców wg wyników przetargów, jak również uruchomionych nowych produkcji. Pozwala to na aktywne zarządzanie i korygowanie planu produkcji w ciągu roku zgodnie ze zmianami i rozwojem zapotrzebowania klientów oraz warunków rynkowych. Umożliwia to ponadto aktywne zarządzanie *portfolio* wg danych z poszczególnych faz w celu proponowania różnych oszczędności kosztów i zoptymalizowanego zakupu dla klientów (co przynosi wartość dodaną), jak również w celu stworzenia systemów pomiaru i oceny parametrów sprzedaży jako założeń do oceny wydajności produkcji i indywidualnej sprzedaży. W ten sposób ustanowiony zostaje system motywacji w przyszłości.

Opisany model obejmuje ponadto rozszerzoną bazę danych o wielkiej wartości informacyjnej, które nie są obecnie dostępne w firmie, przede wszystkim poprzez eksport danych wymagających analizy do właściwego oprogramowania umożliwiającego ich wizualizację, ilustrację i aktualizację. Model oferuje wyniki potrzebne do podejmowania inwestycji, obliczenia wielkości sprzedaży, zamawiania surowców z dłuższym czasem dostawy oraz planowania w centrach produkcyjnych (np. w przypadku produkcji folii do druku głębokiego) i przedstawia realne założenia do rocznego planowania produkcji.

## Podziękowania

Artykuł powstał jako częściowy rezultat projektów VEGA MŠVVaŠ SR Nr 1/0651/18 i VEGA Nr 1/0515/18.

*tion plan actively during the year in accord with changes and development of consumers demand and market conditions. It enables also to manage actively portfolio according data from individual levels, to suggest various cost-saving projects, optimized purchase for consumers, which brings value added, as well as to create systems for measuring and evaluating parameters of sale as assumption for evaluation of production performance and individual sale. Therefore, it establishes a motivation system in the future.*

*The described model presents moreover an extended base of data with great information value that are presently not available in the company, mainly by using of data export for analysis to proper visualization software, data illustration and actualization. The model offers results for investment, sale calculation, material ordering with longer delivery time, planning in production centers, e.g. production of deep printing rollers and it presents real input for annual production planning.*

## Acknowledgements

*Contribution is a partial result of projects VEGA MŠVVaŠ SR No 1/0651/18 and VEGA No 1/0515/18.*

*Otrzymano/Received: 02-03-2018, ponownie/second time: 14-12-2018*

## REFERENCES

### LITERATURA

- [1] E. Arica, P.Falster, H.H. Hvolby, J.O. Strandhagen, K. Fraser, IEEE Intern. Conf. Ind. Eng. Eng. Management, 27. December 2016, 7798131, 1518.
- [2] D. Kržanović, V. Conić, D. Stevanović, B. Kolonja, J. Vaduvesković, Arch. Mining Sci. 2017, 62, No. 4, 807.
- [3] P.K. Hopke, Chemometrics Intelligent Lab. Systems 2015, 149, No. 15, 205.
- [4] A. Csikósová, M. Janošková, K. Čulková, Industrial marketing. Case study Slovakia, LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrücken 2016.
- [5] P.J. Daugerty, H. Chen, D. Mattioda, S.J. Grawe, J. Business Logistics 2009, 30, No. 1, 12.
- [6] V.C.S. Wiers, T.W. van der Schaaf, Prod. Planning Control 1997, 8, No. 6, 533.
- [7] J. Shi, Q. Ma, Y. Zhou, R. Chen, IOP Conf. Ser. Materials Sci. Eng. 2017, 272, No. 1, 1.
- [8] M.A. Alrefae, A. Kumar, P. Pandita, A. Candadai, I. Bilonis, T.S. Fisher, AIP Adv. 2017, 7, No. 11, 115102.
- [9] A. Pacana, A. Radon-Cholewa, J. Pacana, A. Wozny, Przem. Chem. 2015, 94, No. 8, 1334.
- [10] J.K. Shim, G. Joel, J.G. Siegel, Modern cost management and analysis, Barron's Business Library Series, 2009.
- [11] A. Pacana, M. Pasternak-Malicka, M. Zawada, A. Radon-Cholewa, Przem.Chem. 2016, 95, No. 5, 1042.