



**Politechnika Rzeszowska**  
**Wydział Elektrotechniki i Informatyki**  
**Katedra Informatyki i Automatyki**

**Laboratorium**  
**Sterowanie procesami dyskretnymi**

**Stanowisko 5**

Harmonogramowanie produkcji  
w praktyce przemysłowej  
– oprogramowanie Preactor

Rzeszów 2012

# 1. Wprowadzenie

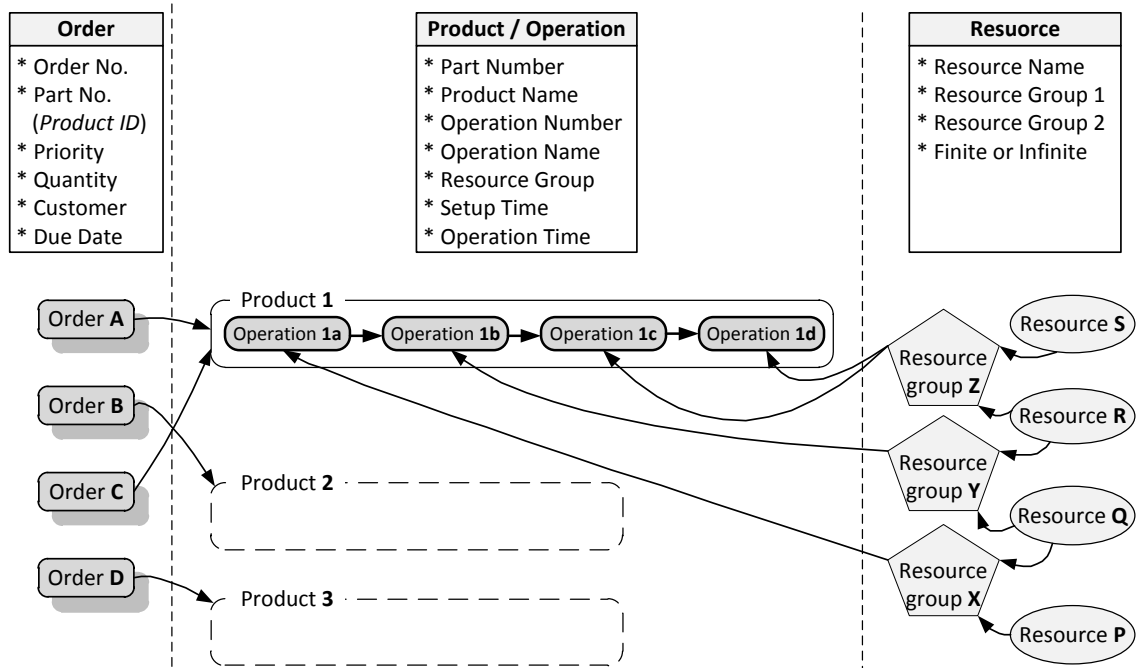
Preactor jest jednym z komercyjnych pakietów oprogramowania, przeznaczonych do planowania i harmonogramowania produkcji. Jest dostępny w kilku wersjach, różniących się zakresem funkcjonalności. Najprostszą wersją, która będzie wykorzystana w ramach ćwiczenia, jest Preactor Express. Jest to wersja bezpłatna, przeznaczona do zapoznania się z podstawową funkcjonalnością oprogramowania, może być jednak używana także w praktycznych zastosowaniach, w których jej zakres funkcjonalności będzie wystarczający. Ograniczenia pakietu Preactor Express wiążą się przede wszystkim z bardzo zawężonym zbiorem dostępnych algorytmów harmonogramowania automatycznego. Brakuje także mechanizmów obsługi wymiany danych z nadrzędnymi systemami zarządzania zasobami przedsiębiorstwa (systemy klasy ERP/MRP). Pomimo ograniczeń, Preactor Express jest użytecznym pakietem planistycznym, który charakteryzuje się m.in.:

- Strukturą danych nakierowaną na praktyczne wykorzystanie w planowaniu realnych zadań produkcyjnych. Jest to struktura znacznie bardziej rozbudowana w porównaniu do używanej w oprogramowaniu o charakterze akademickim, przeznaczonym do pracy nad rozwojem nowych algorytmów (porównaj np.: pakiet LiSA, ćwiczenie nr 3).
- Bogatym graficznym interfejsem użytkownika, pozwalającym na przejrzystą prezentację danych i wygodne zarządzanie funkcjami (m.in. interaktywne wykresy Gantta, kalendarze dostępności zasobów, generatory raportów itp.).

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z podstawowym zakresem funkcjonalności oprogramowania planistycznego, przeznaczonego do użytku w praktyce przemysłowej.

Na rysunku 1.1 przedstawiono sposób organizacji danych zastosowany w Preactor Express. Ilustracja obejmuje najważniejszą część struktury danych. W

rzeczywistości struktura ta jest bardziej rozbudowana, np. każdemu z zamówień może być przypisany klient scharakteryzowany dodatkowymi danymi, do każdego z zasobów przypisany jest kalendarz dostępności, dla operacji może być narzucona konkretna maszyny z grupy zasobów itp.



Rys. 1.1. Struktura danych oprogramowania Preactor Express

Wyroby wytwarzane w procesach produkcyjnych definiowane są poprzez ciągi operacji (ścieżki technologiczne) potrzebne do ich wyprodukowania. Głównymi parametrami zdefiniowanymi dla każdej operacji są:

- **Part Number** – symbol produktu, do którego ścieżki technologicznej należy dana operacja,
- **Product Name** – opisowa nazwa produktu, do którego ścieżki technologicznej należy dana operacja,
- **Operation Number** – numer operacji w ścieżce technologicznej produktu, operacje związane z jednym produktem są porządkowane według rosnącej wartości tych numerów; nie muszą być one kolejnymi liczbami, dobrą praktyką jest numerowanie operacji z określonym krokiem (np. co 10), aby łatwo można było w razie potrzeby wstawić w dowolne miejsce ścieżki technologicznej nowe operacje,
- **Operation Name** – opisowa nazwa operacji,

- **Resource Group** – grupa zasobów (maszyn) odpowiednich do wykonania operacji,
- **Setup Time** – czas przygotowawczo-zakończeniowy (TPZ), czyli czas potrzebny do przygotowania zasobu (maszyny) do realizacji danej operacji,
- **Operation Time** – czas trwania operacji.

Każda operacja posiada przypisaną grupę zasobów (**resource group**), do każdej z grup powinien należeć co najmniej jeden zasób (**resource**). Przypisanie grupy zasobów do operacji oznacza, że do jej wykonania może zostać wybrany dowolny zasób (maszyna) z grupy. Wybór dokonywany jest na etapie tworzenia harmonogramu.

Liczbę produkowanych wyrobów każdego rodzaju definiują zamówienia (**orders**). Może istnieć wiele zamówień na jeden produkt. Głównymi parametrami, charakteryzującymi każde zamówienie, są:

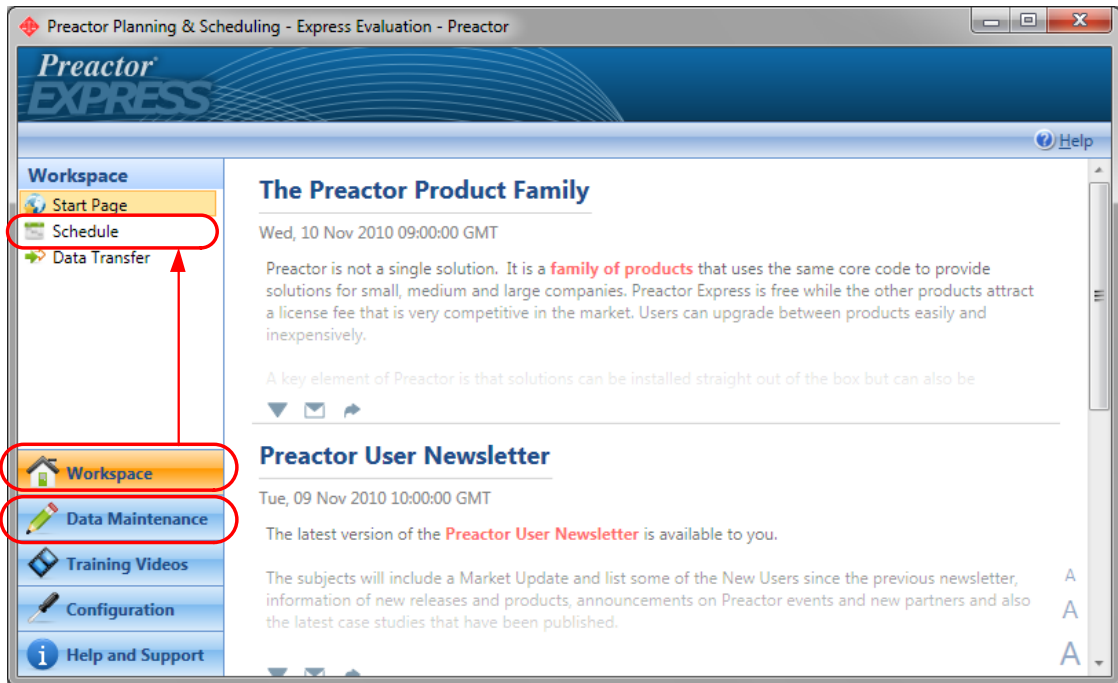
- **Order Number** – symbol zamówienia,
- **Part Number** – symbol produktu, którego dotyczy zamówienie,
- **Prioryty** – priorytet realizacji zamówienia określony za pomocą liczby naturalnej, im większa liczba tym wyższy priorytet, priorytety zostaną uwzględnione w przypadku wyboru odpowiedniej opcji harmonogramowania automatycznego,
- **Quantity** – rozmiar zamówienia (liczba sztuk wyrobu),
- **Customer** – nazwa klienta,
- **Due Date** – pożądana data realizacji zamówienia, parametr ten zostanie uwzględniony w przypadku wyboru odpowiedniej opcji harmonogramowania automatycznego.

## Spostrzeżenie

Struktura danych reprezentujących zadanie produkcyjne w pakiecie Preactor jest bardzo zbliżona do struktury definiowanej w teorii harmonogramowania jako *flexible job shop* (FJS), czyli system gniazdowy z maszynami alternatywnymi (porównaj: ćwiczenie 4, pkt. 2.1).

## 2. Obsługa pakietu Preactor

Oprogramowanie należy uruchomić korzystając ze skrótu **Preactor Express (Live)**. Ukaże się okno główne programu (rys. 2.1).

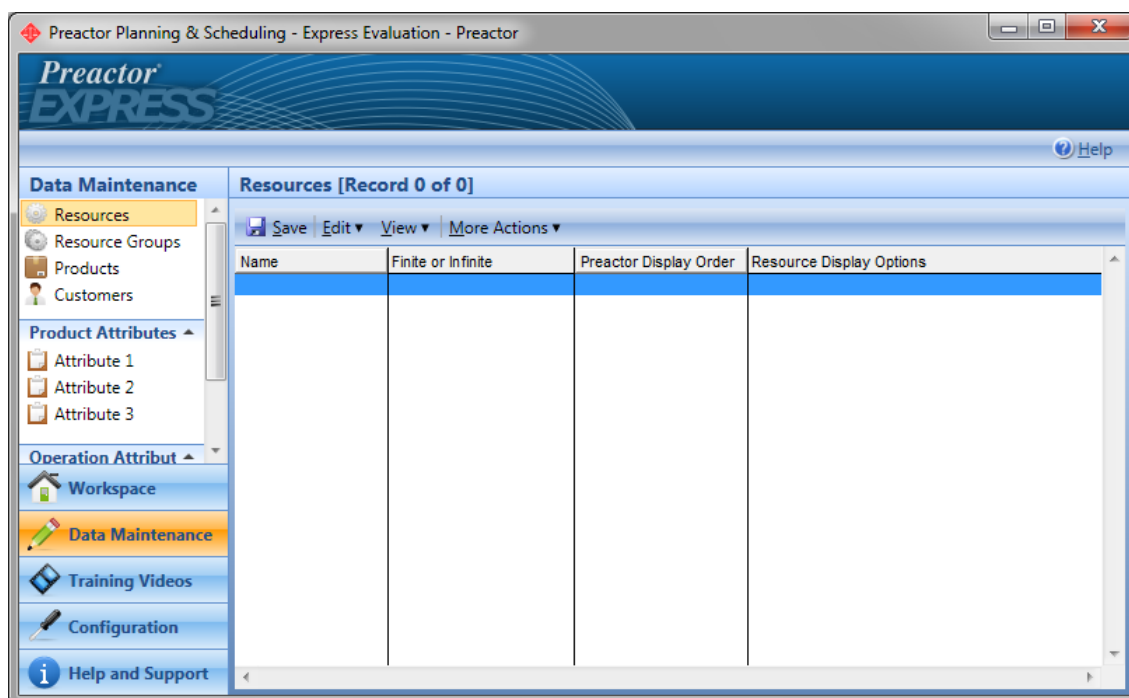


Rys. 2.1. Okno główne programu Preactor Express

Wybór dowolnej z zakładek w lewym menu powoduje otwarcie skojarzonej z nią zawartości w panelu głównym. W trakcie ćwiczeń wykorzystywane będą panele **Data Maintenance** oraz **Workspace** → **Schedule**.

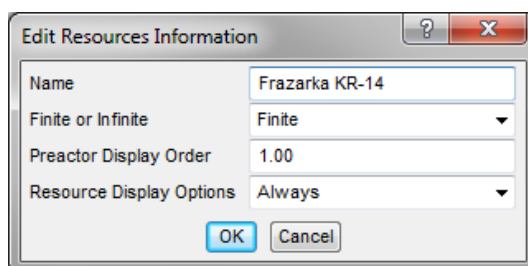
### 2.1. Edycja danych

Wprowadzanie informacji opisujących zadania produkcyjne wymagające zaplanowania należy rozpocząć od wypełnienia panelu **Data Maintenance** (rys. 2.2). Uzupełnienia wymagają sekcje **Resources**, **Resource Groups**, **Products** oraz **Customer**. Najlepiej wypełniać je w przytoczonej kolejności, co pozwoli na łatwą edycję wszystkich zależności, ponieważ grupy zasobów odnoszą się do wcześniej zdefiniowanych zasobów, a produkty odnoszą się do grup zasobów.



Rys. 2.2. Preactor Express – panel Data Maintenance

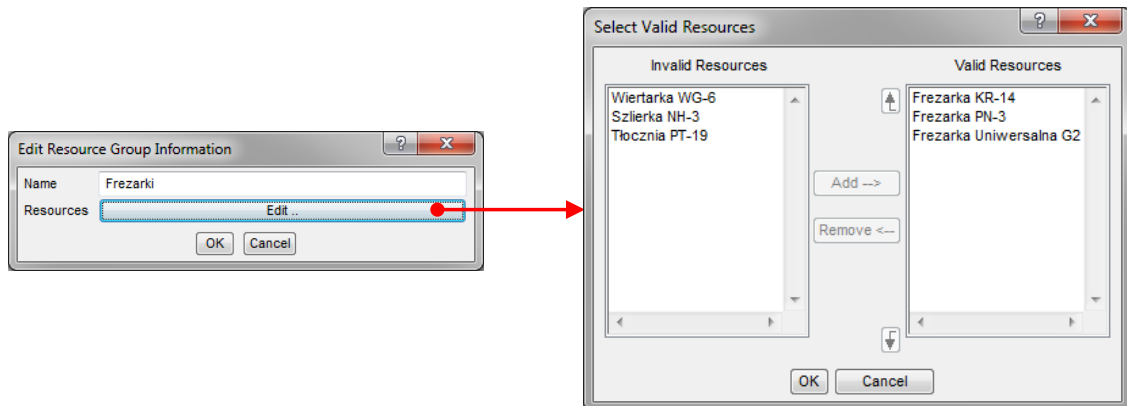
W pierwszej kolejności należy wybrać sekcję **Resources**. Dodanie nowego zasobu odbywa się poprzez wywołanie menu kontekstowego (prawy przycisk myszy) w obszarze listy zasobów (początkowo pusty) i wybór opcji **Insert....** Otworzy się okno dialogowe edycji zasobu (rys. 2.3), w którym należy wpisać tylko nazwę zasobu (maszyny). Pozostałe ustawienia powinny pozostać bez zmian, gdyż są one właściwe dla typowych zasobów, jakimi są maszyny produkcyjne. W ten sposób należy wprowadzić wszystkie maszyny.



Rys. 2.3. Okno dialogowe edycji zasobu

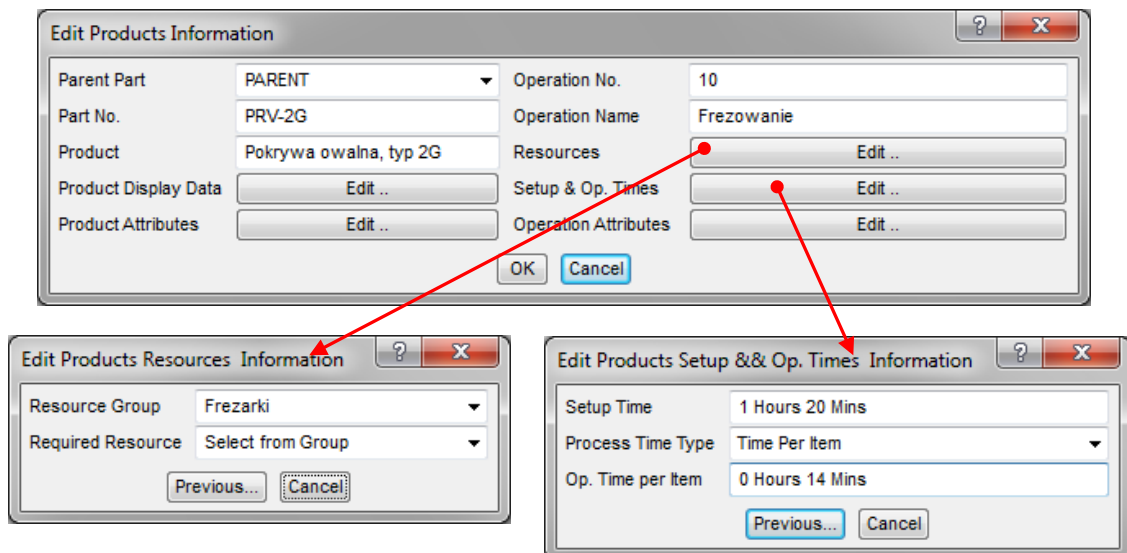
Następnie należy przejść do sekcji **Resource Groups** (każda zmiana sekcji wymaga potwierdzenia zapisu danych edytowanych w opuszczonej sekcji). Otwarcie okna dialogowego edycji nowej grupy zasobów (rys. 2.4) odbywa się poprzez wywołanie opcji **Instert....** Należy wprowadzić nazwę

grupy zasobów, a następnie wybrać zasoby (przycisk **Edit...**), które mają być składnikami grupy.



Rys. 2.4. Okna dialogowe edycji grupy zasobów

Po zdefiniowaniu wszystkich wymaganych grup zasobów, należy przejść do sekcji **Products**, umożliwiającej edycję produktów. Każda wstawiona w tej sekcji wiersz (**Insert...**) reprezentuje jedną operację w ścieżce technologicznej produktu. Parametry produktu, takie jak jego symbol (**Part No.**) oraz nazwa opisowa (**Product**) są wprowadzane przy okazji edycji pierwszej operacji technologicznej danego produktu (rys. 2.5), w takim przypadku dla pola **Parent Part** należy wybrać wartość **PARENT**.



Rys. 2.5. Okna dialogowe edycji operacji (pierwsza operacja ścieżki technologicznej produktu)

Należy również wprowadzić numer kolejny operacji (**Operation No.**) oraz opisową nazwę operacji (**Operation Name**). Przycisk **Resources** → **Edit...**

otwiera dodatkowe okno dialogowe, pozwalające na przypisanie zasobów do operacji. Należy wybrać odpowiednią grupę zasobów. Jeżeli dla pola **Required Resource** zostanie zachowana wartość **Select from Group**, przydział konkretnej maszyny z grupy będzie realizowany na etapie planowania/harmonogramowania. Można także wymusić stały przydział maszyny, wskazując ją w polu **Required Resource**. Przycisk **Setup & Op. Times** → **Edit...** otwiera dodatkowe okno dialogowe, pozwalające na zdefiniowanie wartości czasu przygotowawczo-zakończeniowego oraz czasu trwania operacji. Kolejne operacje ścieżki technologicznej produktu definiuje się w taki sam sposób jak pierwszą, z tym wyjątkiem, że w polu **Parent Part** należy wybrać symbol produktu (rys. 2.6). Wartości pól **Part No.** oraz **Product** zostaną wypełnione automatycznie.

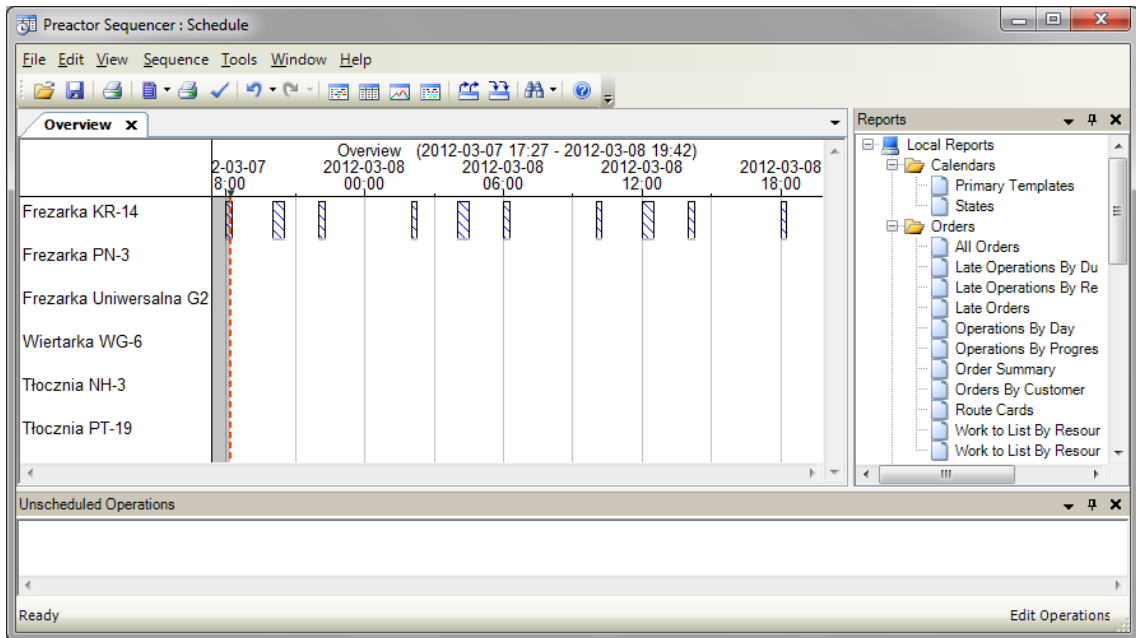
Rys. 2.6. Okno dialogowe edycji operacji (kolejne operacje ścieżki technologicznej produktu)

Po zdefiniowaniu wszystkich produktów, należy przejść do sekcji **Customers**, umożliwiającej sporządzenie listy klientów. Dodanie nowego wpisu wymaga uzupełnienia okna dialogowego (rys. 2.7), w którym należy wprowadzić wyspecyfikowane parametry opisowe.

Rys. 2.7. Okno dialogowe edycji danych klienta

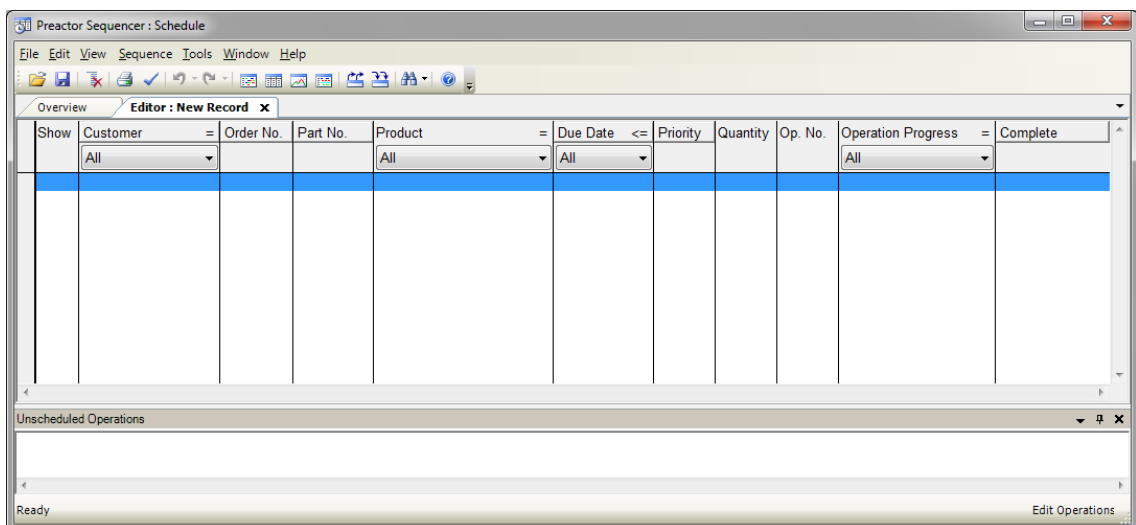


Po wprowadzeniu wszystkich danych w panelu **Data Maintenance**, należy przejść do okna modułu planistycznego (rys. 2.8). Dokonuje się tego poprzez wybór w oknie głównym zakładki **Worksapce**, a następnie zakładki **Schedule**. W otwartym panelu należy kliknąć ikonę **Generate Schedule**.



Rys. 2.8. Przykładowy wygląd okna modułu planistycznego

W oknie modułu planistycznego można dodawać i edytować zamówienia produkcyjne. Służy do tego arkusz otwierany poprzez wybór z menu głównego opcji **View** → **Editor Window** (rys. 2.9).



Rys. 2.9. Okno modułu planistycznego z otwartym arkuszem Editor Window

Wywołanie w arkuszu **Editor Window** opcji **Insert...** z menu kontekstowego otwiera okno dialogowe edycji parametrów nowego zamówienia (rys. 2.10).

Belongs to Order No.	PARENT	Op. No.	10
Customer	PolBud SA	Operation Name	Frezowanie
Order No.	PB-16	Resources	Edit ..
Part No.	PRV-2G	Operation Times	Edit ..
Product	Pokrywa owalna, typ 2G	Operation Attributes	Edit ..
Earliest Start Date	Unspecified	Operation Progress	Not Started
Due Date	2012-03-07	Setup Start	Unspecified
Priority	3	Start Time	Unspecified
Quantity	130	End Time	Unspecified
Product Attributes	Edit ..	<input type="checkbox"/> Lock Operation	
		<input type="checkbox"/> Complete	

Rys. 2.10. Okno dialogowe edycji parametrów zamówienia

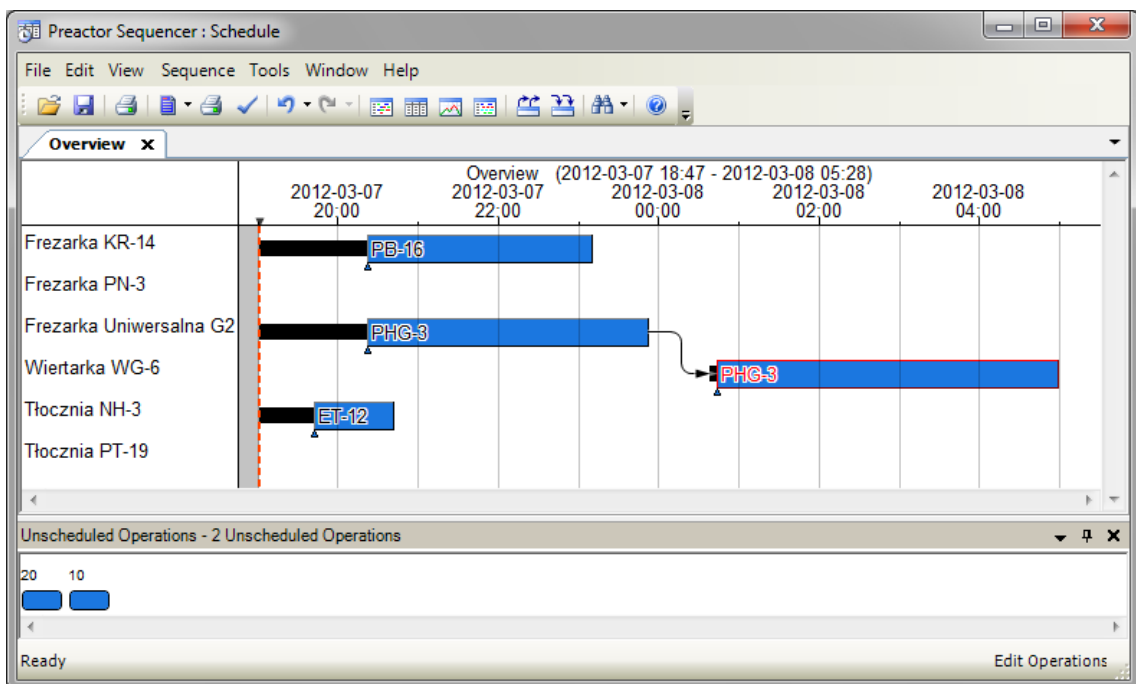
Dla każdego dodawanego zamówienia należy uzupełnić następujące pola:

- **Customer** – należy wybrać odpowiedniego klienta w oparciu o uprzednio zdefiniowaną listę,
- **Order No.** – należy wprowadzić symbol zamówienia,
- **Part No. / Product** – należy wprowadzić albo symbol, albo nazwę opisową produktu, stowarzyszone pole zostanie uzupełnione automatycznie,
- **Earliest Start Date** – można zdefiniować datę, kiedy najszybciej będzie mogło rozpocząć się wytwarzanie produktu; brak daty oznacza, że produkcja może rozpocząć się dowolnie szybko (począwszy od momentu harmonogramowania),
- **Due Date** – można zdefiniować pożądaną datę zakończenia produkcji, będzie ona uwzględniana w przypadku wyboru odpowiedniej opcji harmonogramowania automatycznego, przekroczenie tej daty będzie zaznaczane na wykresie harmonogramu,

- **Priority** – należy podać wartość priorytetu zamówienia, priorytet ma charakter względny, tzn. istotna jest relacja pomiędzy priorytetami poszczególnych zamówień,
- **Quantity** – należy określić ilość produkowanych sztuk wyrobu.  
Pozostałe pola powinny zachować wartości domyślne.

## 2.2. Harmonogramowanie operacji

Każda z operacji nowo wprowadzanych zamówień będzie umieszczana w panelu **Unscheduled Operations** (domyślnie dolny panel modułu planistycznego). Jeżeli otwarty jest arkusz interaktywnego, zasobowo zorientowanego wykresu Gantta (**View → Overwiew Window**), to poszczególne operacje można przeciągać w dowolnym kierunku pomiędzy panelem **Unscheduled Operations** oraz arkuszem **Overwiew** (rys. 2.11).



Rys. 2.11. Zaplanowane i niezaplanowane operacje produkcyjne

W arkuszu **Overwiew** operacje te można swobodnie pozycjonować (z oczywistymi ograniczeniami, takimi jak zajętość lub niedopasowanie zasobu), co jest interaktywną formą realizacji harmonogramowania manualnego. Te operacje, które w danym momencie pozostają w panelu **Unscheduled**

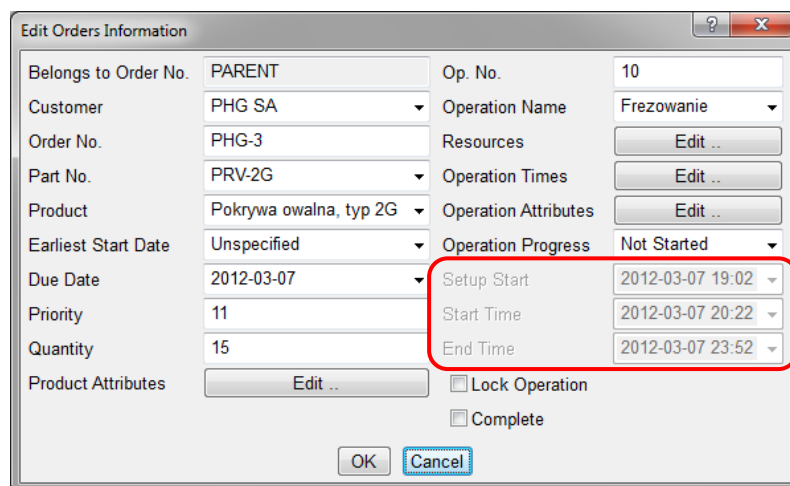
**Operations** można dołączyć do harmonogramu także za pomocą algorytmu harmonogramowania automatycznego. Algorytm harmonogramowania automatycznego wywołuje się przy użyciu poleceń z menu **Sequence**. Dostępne są tryby:

- harmonogramowania wprzód (**Forward Sequence**), tzn. układania operacji kolejno dla najwcześniejszego czasu, w którym mogą się zacząć nie naruszając żadnego z ograniczeń,
- harmonogramowania wstecz (**Backward Sequence**), tzn. układania operacji przeciwnie do osi czasu, zaczynając od terminu pożądanego ukończenia zamówienia,
- harmonogramowania dwukierunkowego (**Bi-Directional Sequence**), które stanowi połączenie dwóch wymienionych wyżej możliwości.

Niezależnie od trybu harmonogramowania, kolejność wyboru operacji może być określona za pomocą jednego z czterech kryteriów:

- według priorytetów (**By Priority**),
- według odwróconego porządku priorytetów (**By Reverse Priority**),
- według pożądaney daty realizacji zamówienia (**By Due Date**),
- według kolejności na liście zamówień (**By Schedule File Order**).

Podwójne kliknięcie na prostokącie reprezentującym zaplanowaną operację (arkusz **Overwiew**) otwiera okno edycji parametrów operacji, z którego można odczytać jej dokładne parametry czasowe (rys. 2.12), wynikające z ulokowania na wykresie Gantta.



Belongs to Order No.	PARENT	Op. No.	10
Customer	PHG SA	Operation Name	Frezowanie
Order No.	PHG-3	Resources	Edit ..
Part No.	PRV-2G	Operation Times	Edit ..
Product	Pokrywa owalna, typ 2G	Operation Attributes	Edit ..
Earliest Start Date	Unspecified	Operation Progress	Not Started
Due Date	2012-03-07	Setup Start	2012-03-07 19:02
Priority	11	Start Time	2012-03-07 20:22
Quantity	15	End Time	2012-03-07 23:52
Product Attributes	Edit ..	<input type="checkbox"/> Lock Operation	
		<input type="checkbox"/> Complete	

OK Cancel

Rys. 2.12. Okno parametrów zaplanowanej operacji

Pakiet Preactor pozwala na generowanie różnorodnych raportów, opisujących parametry produktów, zasobów, zamówień itp. oraz zaplanowane czynności produkcyjne. Okno raportowania otwiera się za pomocą opcji menu głównego **View** → **Reports**. Następnie można wybrać potrzebny typ raportu klikając podwójnie jego nazwę. Raport otworzy się jako arkusz w panelu centralnym (rys. 2.13).

The screenshot shows the 'Preactor Sequencer : Schedule' window. The main area displays a report titled 'Report - [All Orders]'. The report contains a table with the following data:

Order No.	Customer	Product	Part No.	Qty.	Op. No.	Operation Name	Resource
ET-12	EKO-TER sp. zoo	Uchwyt, typ UD-L3	UD-L3	20	10	Tłoczenie	Tłocznia NH-3
ET-12	EKO-TER sp. zoo	Uchwyt, typ UD-L3	UD-L3	20	10	Frezowanie	Frezarka PN-3
PB-16	PolBud SA	Pokrywa owalna, typ 2G	PRV-2G	12	10	Frezowanie	Frezarka KR-14
PB-16	PolBud SA	Pokrywa owalna, typ 2G	PRV-2G	12	20	Wiercenie	Wiertarka WG-6
PHG-3	PHG SA	Pokrywa owalna, typ 2G	PRV-2G	15	10	Frezowanie	Frezarka Uniwersalna G2

The interface also includes a 'Reports' sidebar on the right with a tree view of report categories like 'Local Reports', 'Calendars', 'States', 'Orders', and 'Other'. At the bottom, there is an 'Unscheduled Operations' section and a status bar showing 'Ready'.

Rys. 2.13. Arkusz z przykładowym raportem

## Zadania do samodzielnej realizacji

1. Opracować przykładowy zbiór zadań produkcyjnych, wymagających zaplanowania, dostosowany do struktury danych używanej w oprogramowaniu Preactor (zasoby, grupy zasobów, produkty/operacje, klienci, zamówienia). Zbiór powinien respektować następujące ograniczenia: co najmniej **10 zasobów** (maszyn), co najmniej **4 grupy zasobów**, co najmniej **4 produkty**, co najmniej **3 operacje w ścieżce technologicznej** każdego produktu, co najmniej **4 klientów**, co najmniej **10 zamówień** produkcyjnych. Przygotowaną strukturę należy zaprezentować w sprawozdaniu za pomocą zestawu tabel, zestawiających wszystkie parametry zbioru zadań produkcyjnych. Należy zwrócić szczególną uwagę na przejrzyste przedstawienie wzajemnych relacji pomiędzy różnymi elementami struktury (powiązania pomiędzy zasobami i grupami zasobów,

pomiędzy operacjami i grupami zasobów, pomiędzy zamówieniami i produktami itd.).

**Uwaga:** Każdy zespół laboratoryjny powinien opracować inny zestaw danych.

2. Uruchomić oprogramowanie Preactor. W bazie danych mogą pozostawać wpisy związane z poprzednio wykonywanym ćwiczeniem. W takim przypadku należy je usunąć:
  - Otworzyć moduł planistyczny (**Preactor Sequencer**), wybrać opcję **File → Clear Schedule** i potwierdzić decyzję usunięcia zamówień.
  - Zamknąć moduł planistyczny i w oknie głównym wybrać panel **Data Maintenance**, za pomocą opcji **More Action → Clear** usuwać zawartość kolejnych sekcji w kolejności: **Customers, Products, Resource Groups, Resources**.
3. Wprowadzić do pakietu Preactor samodzielnie opracowaną strukturę danych, korzystając z informacji podanych w punkcie 2.1.
4. Na bazie wprowadzonych danych przetestować funkcjonalność modułu planistycznego:
  - Użyć funkcji harmonogramowania manualnego oraz różnych trybów i różnych kryteriów harmonogramowania automatycznego (por. pkt. 2.2), przedstawić i omówić wyniki przynajmniej dla 3 wybranych przypadków.
  - Na podstawie dokumentacji pakietu Preactor lub testów przeprowadzonych z oprogramowaniem określić w jaki sposób dla zasobów można modyfikować kalendarze dostępności. Przynajmniej dla jednej z maszyn przypisać kalendarz, który spowoduje, że maszyna nie będzie dostępna ciągle, ale w wybranych godzinach. Przedstawić przynajmniej jeden harmonogram wygenerowany po modyfikacji kalendarza dostępności.
  - Wygenerować i omówić co najmniej 3 przykładowe raporty.

**W sprawozdaniu** należy udokumentować wszystkie etapy realizacji ćwiczenia, przedstawić wyniki, sformułować wnioski.