

# PROGRAM OPTIMALIZACJI WSADU PIECA W ODLEWII



Szanowni Państwo !

Przedstawiam Państwu propozycję rozwiązania problemu obliczeń optymalnego namiaru wsadu metalowego pieca odlewniczego . Na dalszych stronach przedstawiam kilka cech programu. W razie zainteresowania moją ofertą proszę o kontakt .

( tel: 691-961-051 email: [petra.art@onet.eu](mailto:petra.art@onet.eu) , [sla.dabrowscy@onet.eu](mailto:sla.dabrowscy@onet.eu) )

Z poważaniem !

Sławomir Dąbrowski

## WSTĘP

Program optymalizacji składników metalowych wsadu pieca odlewniczego został opracowany dla potrzeb odlewni. W tych przedsiębiorstwach dobór składników wsadu metalowego ma istotne znaczenie z racji rosnących kosztów oraz występujących trudności surowcowych. Program stwarza możliwości optymalizowania wsadów żeliwiaka, pieca elektrycznego, można również przy jego pomocy wyliczyć dodatki magnezu w celu sferoidyzacji ŻELIWA.

Skład wsadu nie może być bowiem dowolny, gdyż warunkuje on uzyskanie żeliwa o składzie chemicznym zgodnym z obowiązującymi normami, a także spełnienie dodatkowych ograniczeń wynikających z warunków produkcyjnych oraz dostaw surowców. Z drugiej strony koszt całkowity wsadu metalowego powinien być jak najmniejszy. Powstaje więc zagadnienie takiego doboru składników wsadu, aby spełniając narzucone ograniczenia, jego koszt był minimalny. Istotne jest nie tylko wskazanie które rodzaje surowców czy złomu powinny wejść w skład wsadu optymalnego, ale też określenie udziału każdego składnika w masie wsadu. W celu matematycznego opisu tego zagadnienia przyjęto dany program liniowy jako zagadnienie o następującej postaci:

$$1) A_{i1} * X_1 + A_{i2} * X_2 + \dots + A_{in} * X_n \leq (\text{lub } \geq) B_i \quad (i=1,2,3,\dots,m)$$

$$2) X_1 + X_2 + \dots + X_n = 100 \%$$

$$3) X_1, X_2, \dots, X_n \geq 0$$

$$4) Z = C_1 * X_1 + C_2 * X_2 + \dots + C_n * X_n$$

gdzie :

$A_i$  - parametry składników wsadu

$B_i$  - ograniczenia na składniki wsadu

$C_i$  - ceny składników

$X_i$  - udział procentowy składników we wsadzie

Powyższy problem programowania rozwiązano metodą Simplex. Przedstawione równania oznaczają zależności, które musi spełniać model programowania liniowego. I tak odpowiednie równania oznaczają następujące związki.

## PARAMETRY PROGRAMU OPTIMALIZACJI

Program umożliwia obliczenia optymalnego wsadu do żeliwiaka, przy czym w jego skład może wchodzić do 12 składników wsadowych. Przy ustaleniu końcowego składu chemicznego wytapianego żeliwa brane są pod uwagę następujące pierwiastki: C-Węgiel, Si-Krzem, P-Fosfor, Mn-Mangan, S-Siarka, Cr - Chrom, oraz 4 pierwiastki definiowane w zależności od potrzeb. Program posiada także możliwość ustalenia granic (min-max) dopuszczalnych zawartości poszczególnych składników w jednostce wsadu. Stwarza to możliwość racjonalnego zużycia posiadanych surowców wtórnych, dając technologowi możliwość planowania technologicznego zużycia surowców.

Efektom pracy programu jest pełna informacja o założonych parametrach modelu optymalizacji oraz optymalne rozwiązanie podające koszt proponowanego wsadu, udział poszczególnych składników w jednostce wsadu (procentowo i ilościowo), skład końcowy żeliwa otrzymywanego w procesie wytopu.

Rozwiązanie jest programem pracującym w sieci (do 100 użytkowników). Użytkownik programu ma możliwość stworzenia własnej BAZY ROZWIAZAŃ. Program komunikuje się z użytkownikiem poprzez prostą i czytelną konwersację za pomocą ikon i przycisków.

## URUCHOMIENIE PROGRAMU

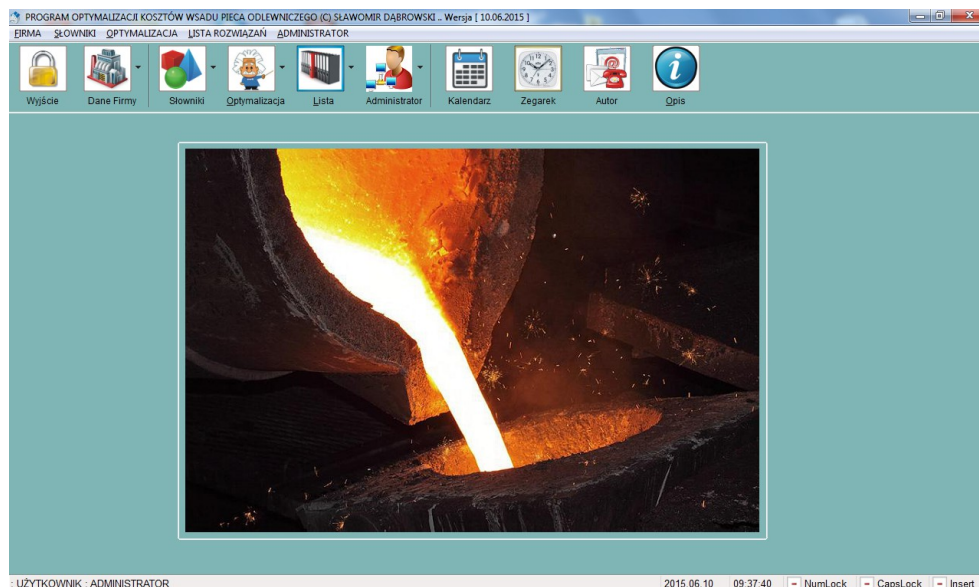
Przystępując do pracy z programem należy posiadać następujące dane:

- Skład chemiczny /zawartości % C,Si,Mn,P,S,Cr/ w poszczególnych składnikach wsadowych.
- Ceny jednostkowe surowców wsadu metalowego. /zł za 1 kg/
- Masę jednostki wsadu w kilogramach.

W przypadku optymalizacji dla żeliwiaka :

- Rozchód koksu w procesie wytopu metalu / w procentach/
- Zawartość siarki w koksie ./w procentach/
- Stałą nawęglania dla danego typu żeliwiaka./ .36 -dla żeliwiaka z zimnym dmuchem od .4 do .5 dla żeliwiaka z gorącym dmuchem/
- W przypadku obliczania dodatków Mg dla sferoidyzacji należy znać:
- Wymaganą końcową zawartość magnezu w żelwie sferoidalnym.
- Wymaganą końcową zawartość siarki w żelwie sferoidalnym.
- Współczynnik uzysku magnezu dla metody sferoidyzacji zakres (0,1>.

## OPIS PROGRAMU

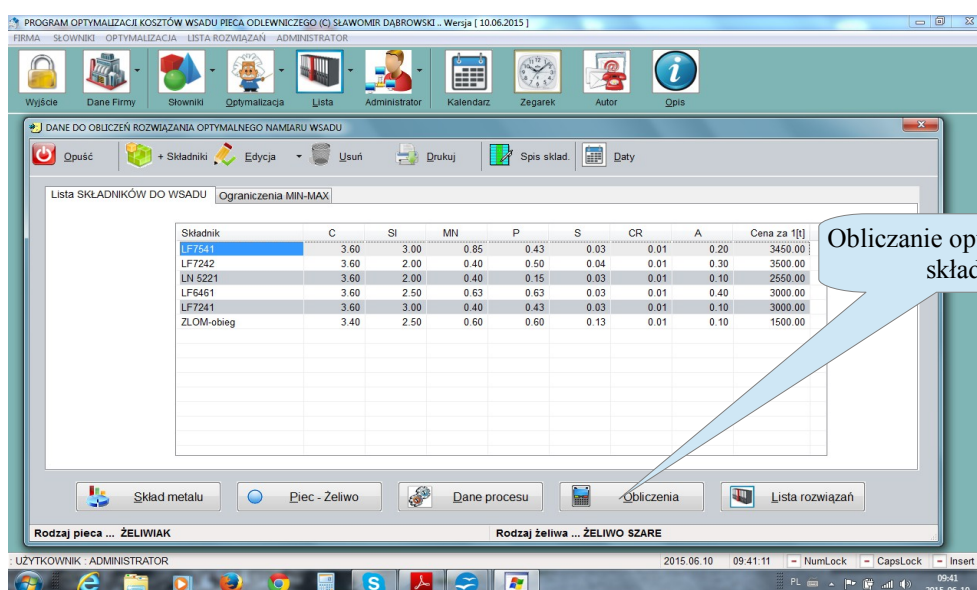


Ekran z MENU GŁÓWNYM

### Opcja OPTYMALIZACJA

Opcja ta umożliwia wprowadzenie danych będących projektem danych do obliczeń. Użytkownik wprowadza następujące dane:

- składu chemicznego surowców
- wartości zgarów poszczególnych pierwiastków
- cen jednostkowych surowców
- ograniczeń technologicznych
- wymaganego składu żeliwa
- rodzaju stosowanego pieca odlewniczego



Ekran Opcja OPTYMALIZACJA.

Formatka opcji OPTYMALIZACJA pozwala na wprowadzenie następujących wymaganych danych :

### DANE O SKŁADZIE CHEMICZNYM

opcja ta pozwala na wprowadzenie danych odnośnie składu chemicznego surowców wsadowych ich ceny oraz ograniczeń MIN - MAX .Ograniczenia MIN - MAX są bardzo istotnym parametrem warunkującym przyszłe rozwiązanie , ponieważ ich rola jest następująca.

**MIN** - określa dolną granicę udziału składnika we planowanym rozwiązaniu .Wartości tu wprowadzone narzucają warunek ,że w planowanym rozwiązaniu musi znaleźć się conajmniej tyle procent udziału danego składnika we wsadzie, ile wynosi wartość MIN ( % )

**MAX** - określa górną granicę udziału składnika we planowanym rozwiązaniu. Wartości tu wprowadzone narzucają warunek ,że w planowanym rozwiązaniu może znaleźć się co najwyżej tyle procent udziału danego składnika we wsadzie , ile wynosi wartość MAX ( % ).

Rola pozostałych parametrów wynika z ich nazwy i nie wymaga wyjaśnienia. Podczas wprowadzania danych program kontroluje ich poprawność z punktu zagadnienia, które jest rozwiązywane. W przypadku złego wprowadzenia pojawia się komunikat który wyjaśnia jaki rodzaj błędu wystąpił. Praca z programem jest bezpieczna z punktu widzenia poprawności wprowadzanych danych dzięki wprowadzonej bieżącej kontroli danych.

### DANE O NORMACH TECHNOLOGICZNYCH

opcja pozwala na zaprojektowanie normy składu chemicznego wytapianego żeliwa.

Podaje się tu zakresy na zawartości wymienionych pierwiastków , które muszą zostać spełnione w planowanym rozwiązaniu optymalnym. Ponadto można tu określić ZGARY (liczby od 1-100 ) określające ubytki w % poszczególnych pierwiastków w procesie wytopu / można także uwzględnić przyrosty zawartości pierwiastków podając liczby z zakresu -1 do -100/.



Wygląd ekranu - opcja dane normy technologicznej

## DANE O PROCESIE TOPIENIA

opcja pozwala na wprowadzenie danych o parametrach procesu wytopu żeliwa w piecu. Należy tu wprowadzić następujące dane :

- Masa kosza wsadowego w kg.
- Udział koksu we wsadzie [ w procentach ].
- Udział siarki w koksie [w procentach].
- Stała nawęglania dla danego żeliwiaka wartość tej stałej zależy od rodzaju żeliwiaka i wynosi ona odpowiednio
  - od 0.3 do 0.4 dla żeliwiaków z zimnym dmuchem.
  - od 0.4 do 0.52 dla żeliwiaków z gorącym dmuchem.

Parametr	Wartość	Jednostka
Masa WSADU METALOWEGO ...	3000	kg
Udział % KOKSU we WSADZIE ...	20.0	kg
Procent SIARKI w KOKSIE ...	0.8	%
Stała nawęglania dla ŻELIWIAKA ...	0.2	
MIN. zawartość Mg w żeliwie po sferoidyzacji	0.0	%
Wymagana końcowa wartość S po sferoidyzacji	0.015	%
Współczynnik uzysku Mg dla metody sferoidyzacji	0.400	

Rodzaj pieca ... ŻELIWIAK      Rodzaj żeliwa ... ŻELIWO SFEROIDALNE

Wygląd ekranu - wprowadzanie danych procesu

Wprowadzone dane pozwalają na określenie wpływu koksu na zawartość C-węgla i S- siarki w wytapianym żeliwie.

Programując to zagadnienie wykorzystano następujące zależności i wzory empiryczne.

( do obliczeń siarki w żeliwie)

wzór wg. OSSANA

$$S_z = 0.75 * S_w + 3 * 10^{-3} * S_k * K \quad [ \text{w } \% ]$$

GDZIE

- $S_z$  - zawartość siarki w żeliwie w %
- $S_k$  - zawartość siarki w koksie w %
- $K$  - rozchód koksu - zużycie koksu w %

( do obliczeń węgla w żeliwie)

$$C_z = 3.6 - K_c * ( 3.6 - C_w ) \quad [ \text{w } \% ]$$

## GDZIE

- $C_z$  - węgiel w żeliwie w %.
- $K_c$  - stała nawęglania zależna od danego żeliwiaka (od 0.3 do 0.52 )
- $C_w$  - średnia wartość zawartości węgla w składnikach wsadowych. W %.

W przypadku pieca elektrycznego powyższe zależności pominięto i ewentualne ubytki lub przyrosty ilości danego pierwiastka należy uwzględnić poprzez podanie odpowiedniej wartości w zmiennej ZGAR

W przypadku żeliwa sferoidalnego należy podać następujące dane potrzebne do obliczania dodatków magnezu potrzebnego do sferoidyzacji żeliwa :

- Minimalną ilość MAGNEZU jaka ma pozostać w ŻELIWIE [ w % ].
- Zawartość SIARKI W ŻELIWIE po procesie sferoidyzacji.
- WSPÓŁCZYNNIK UZYSKU MAGNEZU dla danej metody sferoidyzacji.

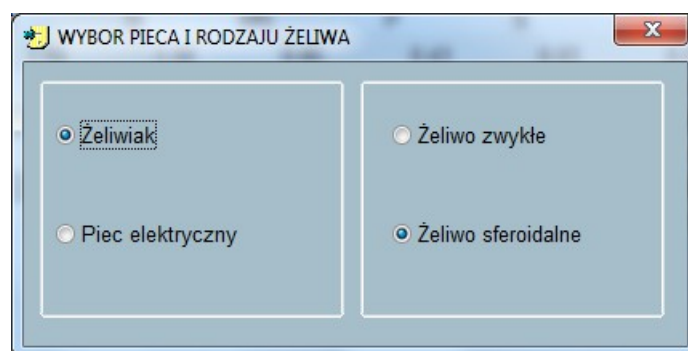
Programując to zagadnienie wykorzystano następujący związek.

$$M_{gd} = \frac{M_{gkr} * 0.75 * (S_1 - S_2)}{W_{Mg}}$$

- $M_{gd}$  - ilość magnezu wprowadzanego do żeliwa w celu sferoidyzacji [ w % ]
- $M_{gkr}$  - minimalna ilość magnezu , jaka ma pozostać w żeliwie [ w % ] ilość ta zależy między innymi od prędkości stygnięcia odlewu.
- $S_1, S_2$  - zawartość siarki przed i po wprowadzeniu magnezu.
- $W_{Mg}$  - współczynnik uzysku magnezu zależny do sposobu sferoidyzacji.

## DANE O RODZAJU PIECA I ŻELIWA

Program pozwala na ustawienie typu pieca odlewniczego. W programie uwzględniono dwa rodzaje pieców ŻELIWIAK i PIEC ELEKTRYCZNY oraz rodzajów żeliwa ŻELIWO ZWYKŁE i ŻELIWO SFEROIDALNE. Wybór pieca wiąże się z parametrami procesu wytopu i narzuca lub eliminuje występujące tam związki.



Wygląd ekranu – Ustalanie rodzaju pieca i żeliwa

## DRUKOWANIE DANYCH DO OBLICZEŃ

Opcja pozwala na wydrukowanie raportu odnośnie wszystkich danych branych pod uwagę w planowanym rozwiązaniu.

Strona [1/2]  
Podgląd wydruku

Data wydruku : 2015.06.10

**DANE do OBLICZEŃ NAMIARU WSADU**  
Rodzaj pieca - ŻELIWIAK    Rodzaj żeliwa - ŻELIWO SFEROIDALNE

DANE SKŁADNIKÓW (skład + Cena)

Nazwa	C	SI	MN	P	S	CR	A	Cena za 1[t]
LF7541	3.60	3.00	0.85	0.43	0.03	0.01	0.20	3450.00
LF7242	3.60	2.00	0.40	0.50	0.04	0.01	0.30	3500.00
LN 5221	3.60	2.00	0.40	0.15	0.03	0.01	0.10	2550.00
LF6461	3.60	2.50	0.63	0.63	0.03	0.01	0.40	3000.00
LF7241	3.60	3.00	0.40	0.43	0.03	0.01	0.10	3000.00
ZLOM-obieg	3.40	2.50	0.60	0.60	0.13	0.01	0.10	1500.00

OGRANICZENIA MIN - MAX SKŁADNIÓW

Nazwa	Minimum	Maksimum
LF7541	10.00	40.00
LF7242	10.00	30.00
LN 5221	2.00	40.00
LF6461	10.00	99.00
LF7241	5.00	99.00
ZLOM-obieg	0.00	30.00

SKŁAD WYMAGANEGO ŻELIWA + ZGARY

Pierwiastek	% OD	% DO	% ZGARU
C	2.80	3.80	0.00

Wygląd ekranu – wydruk danych do obliczeń

## ZBIÓR DODATKOWYCH SKŁADNIKÓW

Program pozwala na zapisanie dowolnej ilości danych o składnikach, które mogą znaleźć się w przedsiębiorstwie lub znajdują się na polu wsadowym odlewni. Wprowadzone tu składniki można bardzo łatwo przetransformować do zbioru składników branych pod uwagę w obliczeniach. Opcja pozwala również na wydrukowanie pełnego spisu tych składników.

BAZA SKŁADNIKÓW DO WYTOPU

Opcje: Opuść, NOWY, Edycja, Drukuj, Usun

Procentowa zawartość pierwiastków

Składnik	C	SI	MN	P	S	CR	A	Cena za 1[t]
Fe-Mn 65%	0.70	2.00	65.00	0.50	0.02	0.01	0.10	300.45
Fe-P	0.30	0.40	0.40	20.00	0.02	0.01	0.10	0.00
Fe-Si 45%	0.30	45.00	0.60	0.20	0.03	0.01	0.10	0.00
LF 5465	3.60	1.90	0.40	0.25	0.02	0.01	0.00	0.00
LF 6441	3.60	2.50	0.60	0.40	0.03	0.01	0.10	0.00
LF 7441	3.60	3.00	0.60	0.04	0.03	0.01	0.10	0.00
LF-5261	3.90	2.00	0.40	0.60	0.01	0.01	0.10	0.00
LF5441	3.60	2.00	0.63	0.43	0.03	0.01	0.00	0.00
LF6221	3.60	0.50	0.40	0.10	0.03	0.01	0.00	0.00
LF6261	3.60	0.50	0.40	0.63	0.03	0.01	0.00	0.00
LF6461	3.60	2.50	0.63	0.63	0.03	0.01	0.00	0.00
LF7241	3.60	3.00	0.40	0.43	0.03	0.01	0.00	0.00
LF7242	3.60	3.00	0.40	0.43	0.04	0.01	0.00	0.00
LF7461	3.60	3.00	0.63	0.63	0.03	0.01	0.00	0.00
LF7541	3.60	3.00	0.85	0.43	0.03	0.01	0.00	0.00
LF8241	3.60	3.50	0.40	0.43	0.03	0.01	0.00	0.00
LF8441	3.60	3.50	0.63	0.43	0.03	0.01	0.00	0.00
LF8461	3.60	3.50	0.63	0.63	0.03	0.01	0.00	0.00

LISTA zdefiniowanych składników dodatkowych do pracy z programem

Wygląd ekranu – Baza składników metalowych



## OBLICZENIA

Opcja ta pozwala na dokonanie obliczeń optymalnego wsadu na podstawie danych naniesionych w opcji WPROWADZANIE DANYCH

## PODGLĄD ROZWIĄZANIA

Ekran monitora wygląda następująco.

Składnik	% Udziału	% MIN	% MAX	Koszt	Waga [Kg]
LF7541	10.00	10.0	40.0	1035.00	300.00
LF7242	10.00	10.0	30.0	1050.00	300.00
LN 5221	35.00	2.0	40.0	2677.50	1050.00
LF6461	10.00	10.0	99.0	900.00	300.00
LF7241	5.00	5.0	99.0	450.00	150.00
ZLOM-obieg	30.00	0.0	30.0	1350.00	900.00

Cena kosza wsadu metalowego ważącego 3000 kg wynosi ... 7462.50 zł

Cena 1 tony wsadu metalowego ... 2487.50 zł

Zapis do ARCHIWUM

Rodzaj pieca ... ŻELIWIAK      Rodzaj żeliwa ... ŻELIWO SFEROIDALNE

Ekran z ostatnim rozwiązaniem

Opcja drukowanie pozwala na wydruk danych osiągniętego rozwiązania.

**WYNIKI OBLICZEŃ NA MARU WSADU**  
Rodzaj pieca - ŻELIWIAK    Rodzaj żeliwa - ŻELIWO SFEROIDALNE  
Data obliczeń - 2015.06.10 - ŚRODA    godzina 10:17:19

Składnik	C	Si	Mn	P	S	Cr	A	Cena za [t]	% Udziału
LF7541	3.00	3.00	0.65	0.43	0.03	0.01	0.20	3450.00	10.00
LF7242	3.00	2.00	0.40	0.50	0.04	0.01	0.30	3500.00	10.00
LN 5221	3.00	2.00	0.40	0.15	0.03	0.01	0.10	2500.00	35.00
LF6461	3.00	2.00	0.63	0.63	0.03	0.01	0.40	3000.00	10.00
LF7241	3.00	3.00	0.40	0.43	0.03	0.01	0.10	3000.00	5.00
ZLOM-obieg	3.00	2.00	0.60	0.13	0.01	0.10	0.00	1000.00	30.00

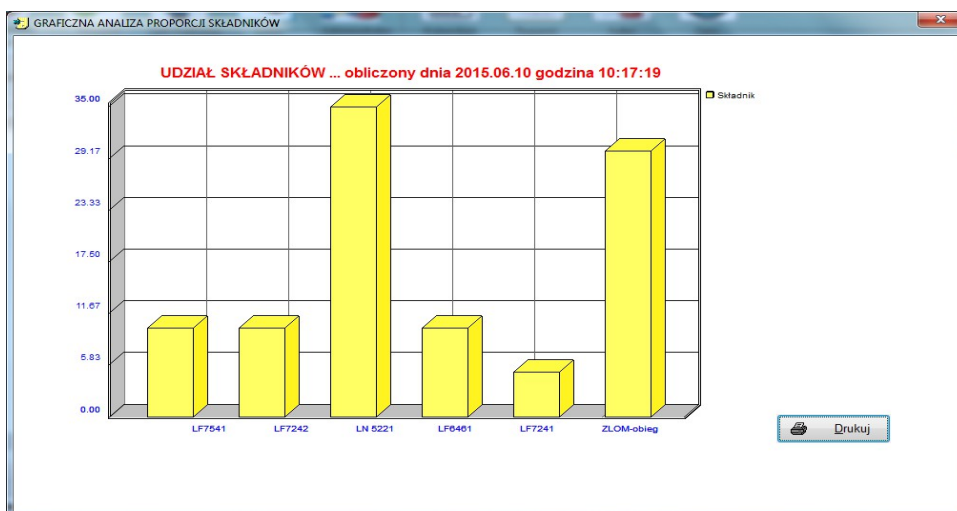
CENA 1 TONY WSADU METALOWEGO ... 2487.50 zł      Cena kosza wsadu metalowego ważącego 3000 kg wynosi ... 7462.50 zł

Składnik	Minimum	Maksimum	Udział %	Udział [kg]	Koszt [zł]
LF7541	10.00	40.00	10.00 %	300.00 kg	1035.00 zł
LF7242	10.00	30.00	10.00 %	300.00 kg	1050.00 zł
LN 5221	2.00	40.00	35.00 %	1050.00 kg	2677.50 zł
LF6461	10.00	99.00	10.00 %	300.00 kg	900.00 zł
LF7241	5.00	99.00	5.00 %	150.00 kg	450.00 zł
ZLOM-obieg	0.00	30.00	30.00 %	900.00 kg	1350.00 zł

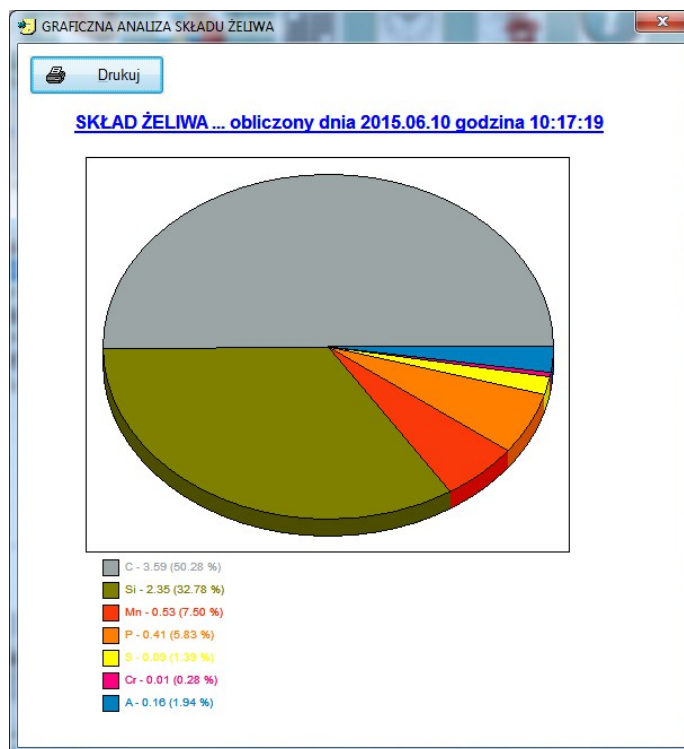
Wydruk z rozwiązaniem

## INTERPRETACJA GRAFICZNA

Program prezentuje wyniki w formie graficznej .



Graficzny obraz udział składników we wsadzie



Interpretacja graficzna rozwiązania – skład żeliwa

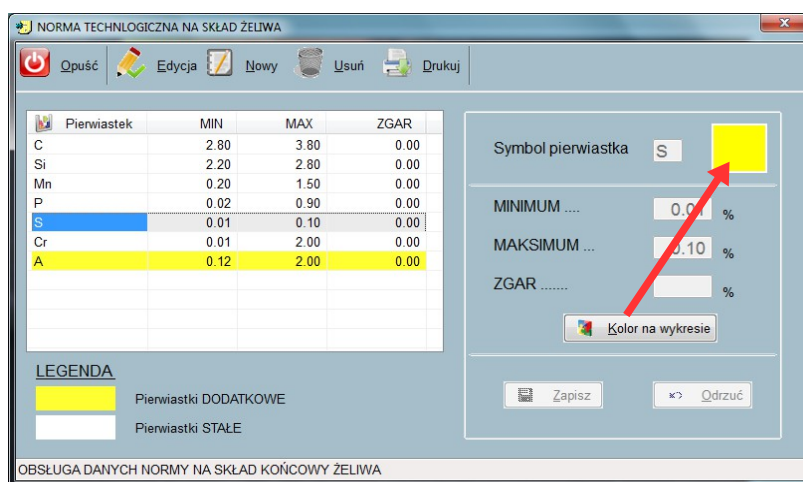
## DODATKOWE FUNKCJONALNOŚCI

### Pierwiastki dodatkowe

Można tu zdefiniować liczbę pierwiastków dodatkowych i wprowadzić ich nazwy. Liczba pierwiastków dodatkowych ograniczona jest do 4. Zdefiniowanie lub eliminacja pierwiastków ma swoje odbicie w we wszystkich dalszych pracach systemu optymalizacji wsadu.

UWAGA !!!

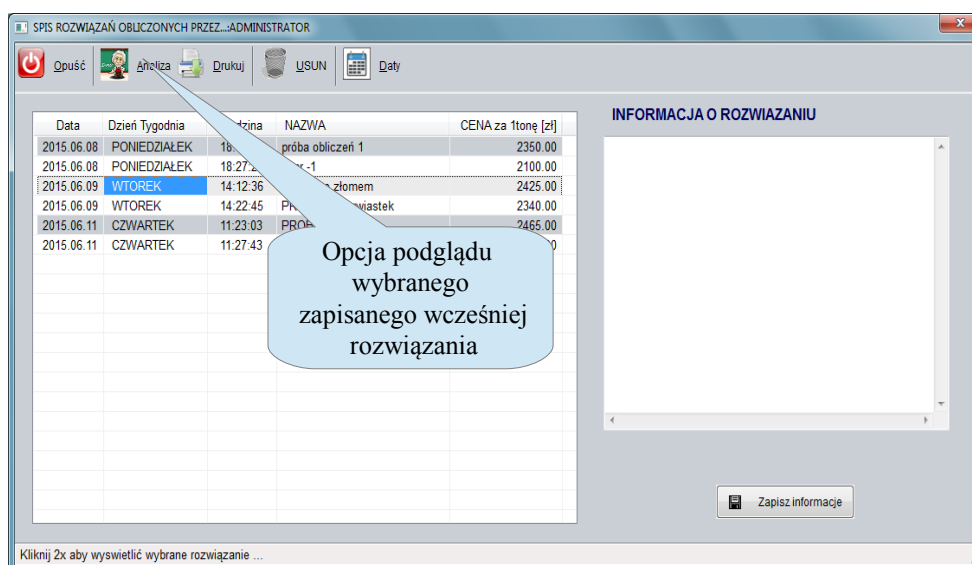
Opcja Kolor na wykresie pozwala ustalić kolor na wykresie graficznym kołowym.



Formatka definiowania składu chemicznego metalu

### Lista rozwiązań

Pozwala na rejestrację i szybki dostęp do danych osiągniętych obliczeń. Każdy użytkownik tworzy własną listę rozwiązań. Wybranie ikony ANALIZA pozwala na wyświetlenie okna z danymi wybranego wcześniej zapisanego rozwiązania.



Ekran z listą rozwiązań

### **PRZEWIDYWANE EFEKTY ZASTOSOWANIA PROGRAMU.**

- możliwość planowania zużycia posiadanych rezerw surowcowych /np.złomu własnego/ ,
- możliwość ustalania zapotrzebowania na odpowiednie gatunki surówek i innych materiałów wsadowych,
- trafianie ze składem chemicznym żeliwa już w pierwszym wytopie pierwszym wytopie,
- oszczędności z tytułu optymalnego doboru proporcji składników wsadowych /około 5 % cen dotychczasowych /,
- podniesienie standardu przedsiębiorstwa.

### **LITERATURA i NARZĘDZIA**

Przy opracowywaniu teorii matematycznego modelu optymalizacji wykorzystano następującą literaturę.

- Z.Fałęcki, K.Franczak "ODLEWNICTWO ŻELIWA -wybrane zagadnienia-laboratorium". skrypt AGH-KRAKOW nr 776
- J.Nowak, A.Walkosz artykuł PRZEGLĄDU ODLEWNICTWA nr.8-9 rok1974 pt."Optymalizacja wsadu za pomocą programowania liniowego"
- Saul I.Gass "PROGRAMOWANIE LINIOWE" wyd 4. PWN Warszawa 1980r.
- Harwey M. Wagner "BADANIA OPERACYJNE"wyd 3. PWE Warszawa 1980r.
- Mitchell "BADANIA OPERACYJNE " PWN Warszawa 1978 r.

Program napisany i stworzony przy pomocy narzędzi open-source :

- organizacja i obsługa danych napisana i skompilowana w HMG 3.3.1
- procedura obliczeń rozwiązania optymalnego napisana i skompilowana w QB64