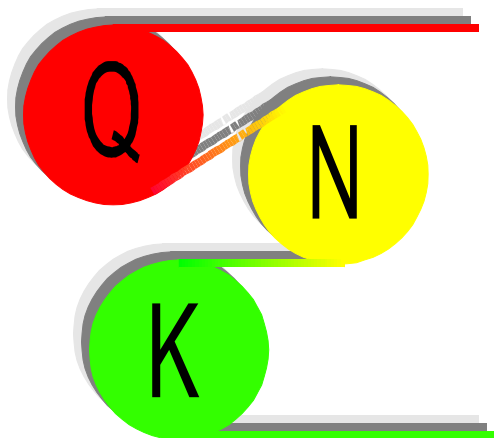




## PROGRAM KOMPUTEROWY QNK-TT DO WSPOMAGANIA PROJEKTOWANIA PRZENOŚNIKÓW TAŚMOWYCH

www.EnterTECH.com.pl



**INSTRUKCJA OBSŁUGI**

**I PORADNIK UŻYTKOWNIKA**

Aktualizacja: styczeń 09

## 1 Instalacja programu QNK

Program komputerowy QNK należy zainstalować korzystając z programu **setup.exe** znajdującego się na dysku dystrybucyjnym. Jego uruchomienie umożliwi założenie na dysku twardym właściwej struktury katalogów dla programu QNK oraz spowoduje przekopiowanie wszystkich plików koniecznych do prawidłowej pracy programu.

Program QNK może korzystać z dołączonych do pakietu instalacyjnego baz danych taśm, krążników i materiałów transportowanych umieszczonych w podkatalogu **\baza**. Do obsługi tych baz danych konieczne jest zainstalowanie odpowiedniego oprogramowania oznaczonego jako BDE - Borland Database Engine. Instalacja tego oprogramowania przebiega automatycznie. Tworzy alias **QNK** odnoszący się do katalogu **\baza** oraz ustawia wartości parametrów istotne dla poprawnej obsługi baz danych - LANGDRIVER: dBASE PLK cp852, DECIMALSEPARATOR: ".".

Program jest przeznaczony do pracy w środowisku Windows 95, 98, NT, 2000, XP oraz Vista przy rozdzielczości ekranu 800 x 600 i wyższej.

## 2 Program komputerowy - moduł podstawowy

### 2.1 Informacje ogólne

Program komputerowy **QNK v.4.x** został stworzony przy pomocy języka programowania Object Pascal z wykorzystaniem licencjonowanego pakietu Borland Delphi 2007. Pakiet ten umożliwia pracę programu w środowisku Windows. Program korzysta z wielu ustawień systemowych dotyczących stosowanych czcionek, kolorów i wykorzystywanych drukarek oraz umożliwia równoległą pracę programu z innymi aplikacjami stosowanymi przez użytkownika. Ponadto pakiet Delphi umożliwił wyposażenie tworzonego programu w obsługę standardowych baz danych, które mogą być modyfikowane przy pomocy różnych profesjonalnych aplikacji obsługujących format Dbase, przykładowo: Access, Excel, itp.

Opracowany program komputerowy **QNK** umożliwia szybkie przeprowadzenie obliczeń sił w taśmie, mocy napędu i wytrzymałości taśmy dla przenośnika taśmowego w oparciu o algorytm bazujący na metodzie podanej w normie DIN 22101. Obliczenia mogą być prowadzone dla przenośników o zmiennym kącie nachylenia trasy (do 100 odcinków) z napędem czołowym, zwrotnym i napędami pośrednimi. Program posiada procedury obliczeniowe wskazujące na najkorzystniejszą ze względu na stan naprężeń w taśmie lokalizację napędu głównego i napędów pośrednich.

Przy pomocy programu **QNK** można przeprowadzić przybliżoną analizę stanu sił w taśmie przenośnika podczas postoju, rozruchu i hamowania przenośnika. Analiza ta wymaga wyboru typu i lokalizacji urządzenia napinającego taśmę.

Każdy z odcinków przenośnika o różnym nachyleniu może być dowolnie załadowany materiałem transportowanym w zakresie od 0 do 100% nominalnego obciążenia. Program umożliwia szybką analizę wybranych wariantów konstrukcyjnych przenośnika i poszukiwanie optymalnych rozwiązań np. ze względu na ograniczenie niezbędnej wytrzymałości taśmy. Drukowane wyniki obliczeń i dodatkowo wykresy sił w taśmie umożliwiają określenie miejsca wystąpienia wartości ekstremalnych sił w taśmie na trasie przenośnika i poprawny dobór wytrzymałości taśmy.

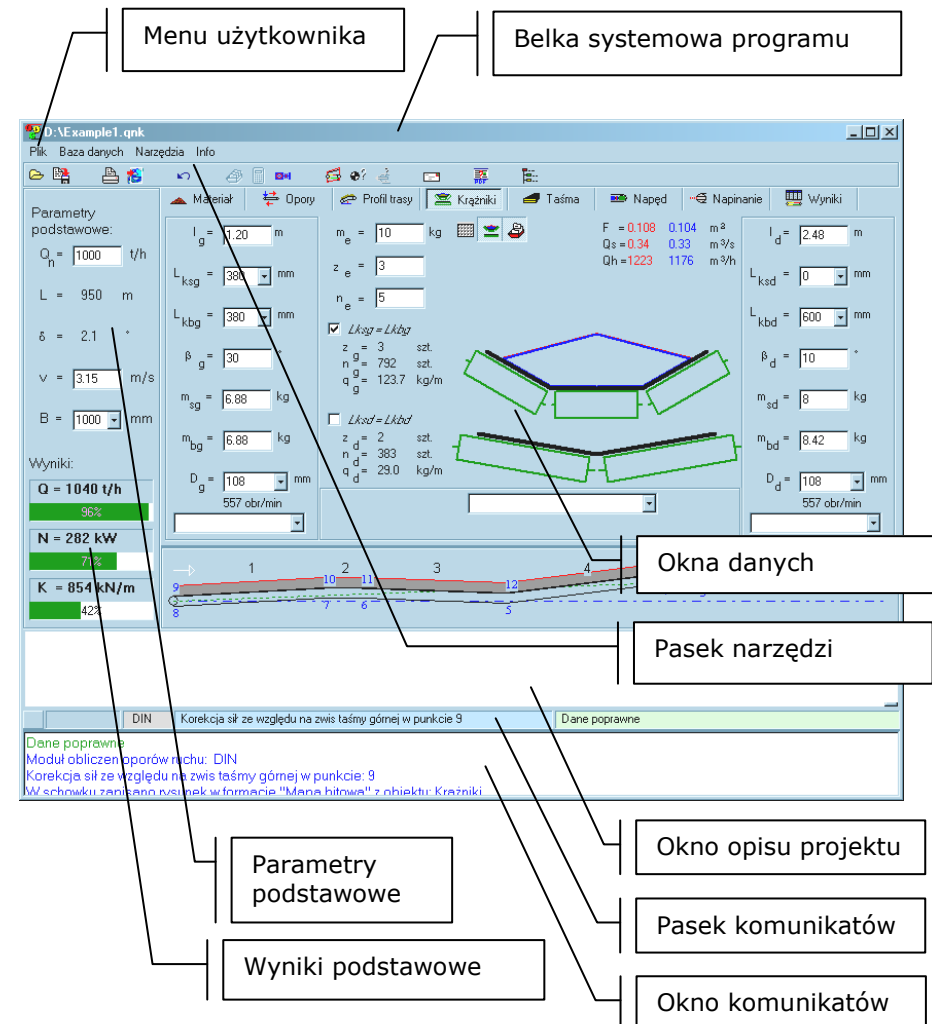
W celu ułatwienia korzystania z programu stworzono bazę danych dotyczącą typowych sypkich materiałów transportowanych przy pomocy przenośników taśmowych. Użytkownik programu przeglądając bazę danych uzyskuje dodatkowe informacje na temat: zakresu mas jednostkowych, zakresu kątów usypu, własności fizykochemicznych oraz maksymalnego kąta transportowania materiału na taśmie z okładkami gumowymi.

Szczególnie użyteczna jest baza danych krążników stosowanych w przenośnikach taśmowych, która zawiera opis każdego krążnika dotyczący nie tylko jego podstawowych parametrów geometrycznych, ale również masy, typu łożyska, osi, oporów obracania oraz wariantu wykonania.

Program wyposażono również w bazę danych taśm przenośnikowych, zawierającą istotne informacje dotyczące własności taśmy, jej przeznaczenia, budowy, masy i grubości rdzenia i okładek.

Program jest chroniony prawem autorskim, postanowieniami umów międzynarodowych o prawach autorskich, oraz innym ustawodawstwem i umowami międzynarodowymi o ochronie praw własności intelektualnej i w związku z tym został zabezpieczony kluczem elektronicznym przed nielegalnym użytkowaniem.

Okno programu QNK składa się z: belki systemowej programu, menu użytkownika, okien danych oraz okien podstawowych danych i wyników.



Rys. 1 Schemat podziału danych i opcji w oknie podstawowym programu

Program **QNK**, począwszy od wersji 4.0, składa się z dwóch modułów: podstawowego i rozszerzonego.

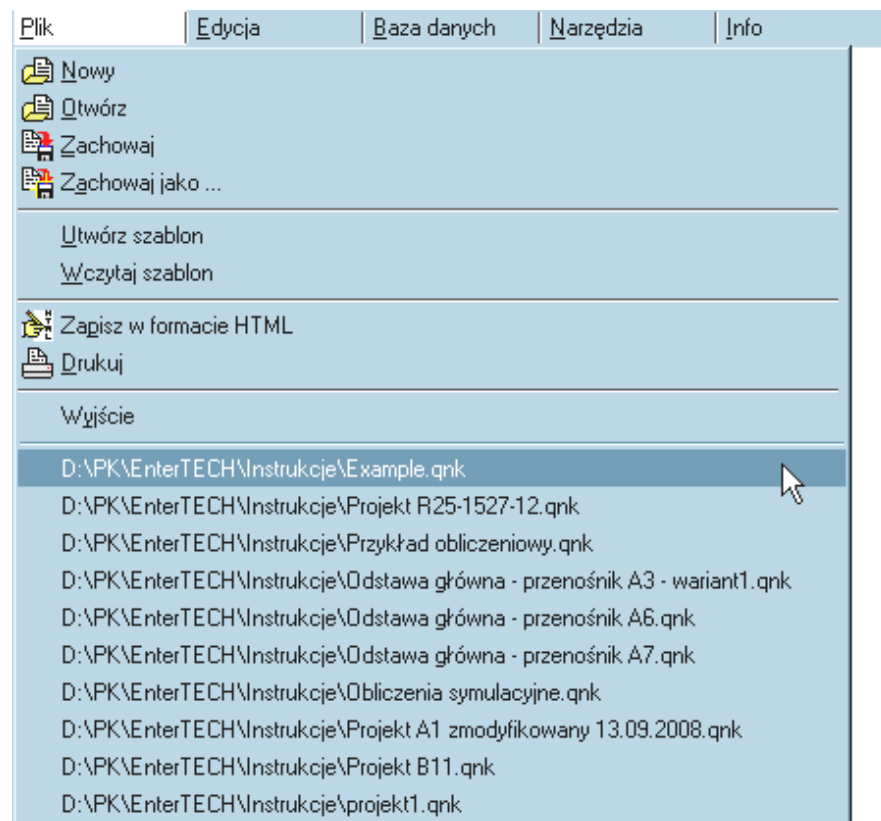
Moduł podstawowy obejmuje wszystkie cechy użytkowe programu **QNK** w wersji 3.x, służącego w głównej mierze do doboru mocy napędów i wytrzymałości taśmy.

Moduł rozszerzony wykorzystuje model strukturalny przenośnika i jest wykorzystywany do realizacji bardziej złożonych zagadnień projektowych: projektowania łuków horyzontalnych i wertykalnych trasy przenośnika, konfiguracji układów wielobębnowych, obliczeń obciążenia (sił reakcji) bębnow i krążników oraz trwałości ich łożysk, obliczeń oporów ruchu z wykorzystaniem metody oporów jednostkowych, analizy pracy przenośnika z możliwością załadunku taśmy dolnej itd.

Wszystkie dane modułu podstawowego można również odczytać i edytować w module rozszerzonym

## 2.2 Menu użytkownika

W „Menu użytkownika” znajduje się pięć grup poleceń: „Plik”, „Edycja”, „Baza Danych”, „Narzędzia” oraz „Info”.



Rys. 2 Grupa poleceń „Plik”

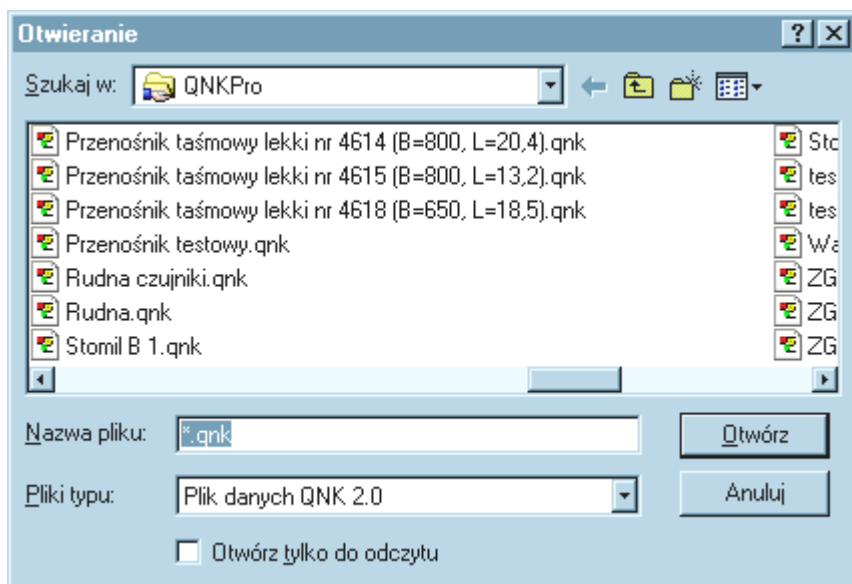
Grupa poleceń „Plik” obejmuje standardowy zestaw instrukcji dotyczących zapisu i odtwarzania danych oraz ich drukowania.

Polecenie „Nowy” wczytuje podstawowy zestaw danych wejściowych oraz pozwalana wybór szablonu danych.

Po uruchomieniu polecenia „Otwórz” użytkownik ma możliwość wyboru wcześniej zachowanego zestawu danych i podstawowych informacji o

przenośniku (Rys. 3). Pliki danych posiadają standardowe rozszerzenie \*.qnk. Nazwa pliku podlega regułom związanym z nazewnictwem plików w systemie Windows.

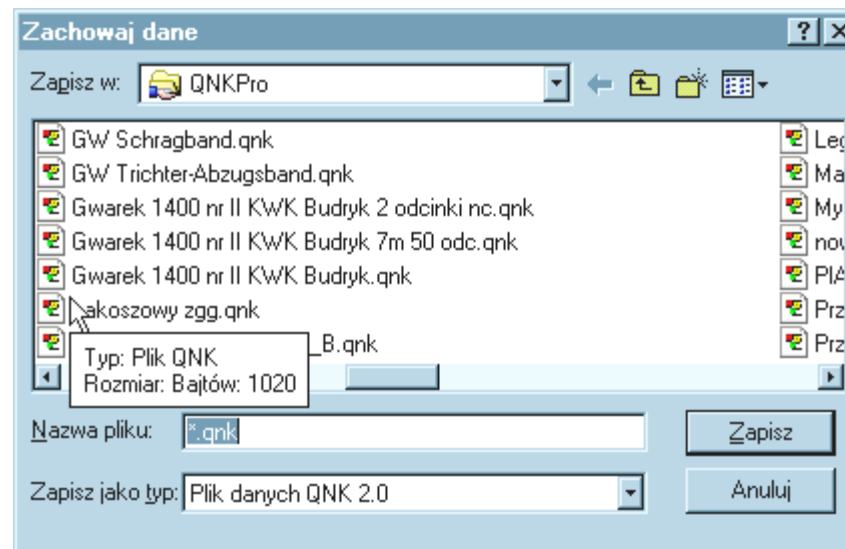
Po wykonaniu polecenia „Otwórz” w belce systemowej programu pojawia się napis: **QNK nazwa pliku** (belka systemowa - Rys. 1).



Rys. 3 Okno dialogowe polecenia „Otwórz”

Wybranie polecenia „Zachowaj jako ...” spowoduje ukazanie się okna dialogowego jak na Rys. 4 i umożliwi zapisanie opisu i danych przenośnika do pliku. W przypadku wybrania polecenia „Zapisz” dane zostaną automatycznie zapisane w aktualnym pliku (belka systemowa programu) lub zostanie uruchomiona opcja „Zapisz jako ...”.

Poza danymi i wynikami obliczeń w pliku można umieścić opis przenośnika zawierający informacje na temat lokalizacji przenośnika, sposobu sterowania rozruchem, urządzeń napinających itp. (Rys. 1)

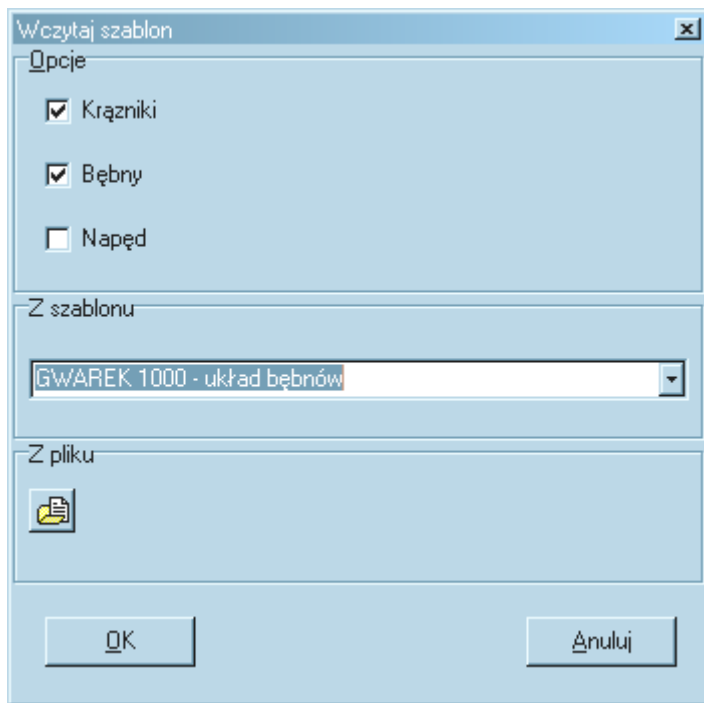


Rys. 4 Okno dialogowe „Zachowaj jako ...”

Polecenie „Utwórz szablon” służy do utworzenia szablonu danych związanych z konkretną konstrukcją przenośnika opisaną między innymi poprzez szerokość taśmy, parametry układu nieckowego taśmy oraz układem napędowym. Pełną, opisową nazwę szablonu należy umieścić w pierwszej linii opisu przenośnika. Zestaw danych z szablonu może zostać wczytany w każdej chwili pracy z programem, użytkownik wybiera jedynie grupę zestawu danych:

- Krążniki - szerokość taśmy, układ niecki, parametry krążników
- Bębny - średnica, rozmieszczenie bębnow oraz sposób przewijania taśmy
- Napęd - parametry układu napędowego

Wybrany zestaw danych może zostać wczytany z utworzonego wcześniej szablonu lub z innego projektu przenośnika, zapisanego w pliku \*.qnk - Rys. 5.

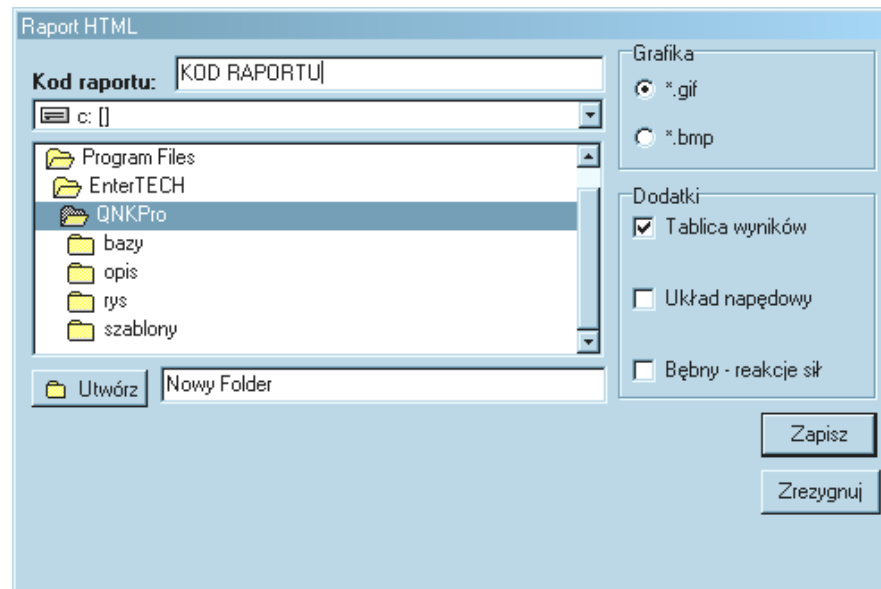


Rys. 5 Okno dialogowe „Wczytaj szablon”

Polecenie „Zapisz w formacie HTML” dotyczy tworzenia raportów dotyczących obliczeń zapisanych w formacie HTML. Można je później przeglądać przy pomocy przeglądarki internetowej, wysyłać za pomocą poczty elektronicznej albo też edytować przy pomocy dowolnego edytora umożliwiającego odczyt formatu HTML.

Raport z obliczeń jest generowany w języku wybranym w oknie ustawień programu **QNK**. (Rys. 12)

Ponieważ w skład raportu oprócz tekstu i tabel wchodzi rysunki całość jest przechowywana na dysku, w katalogu podanym w oknie „Kod raportu HTML”. (Rys. 6)



Rys. 6 Okno umożliwiające edycję kodu raportu HTML

*Uwaga: Ze względu na mały rozmiar plików graficznych zaleca się wybranie opcji **\*.gif** w polu „Grafika”, jednak w przypadku dalszej edycji raportu np. z wykorzystaniem edytora Word97, wskazane jest wybranie opcji **\*.bmp**.*

Wyniki obliczeń programu QNK - Microsoft Internet Explorer

Plik Edycja Widok Ulubione Narzędzia Pomoc

Raport z obliczeń programu QNK Pro

Opis prętożnika

Parametry podstawowe

Oznaczenie prętożnika	Prętożnik testowy		
Wydażność prętożnika	$Q_n =$	1200	t/h
Prędkość taśmy	$v =$	2.50	m/s
Szerokość taśmy	$B =$	1200	mm
Długość prętożnika	$L =$	1890	m
Kąt nachylenia prętożnika	$\delta =$	0.97	°

Współczynnik oporów ruchu	$f =$	0.028	
Minimalna temperatura pracy	$T =$	31	°

Podstawowe wyniki

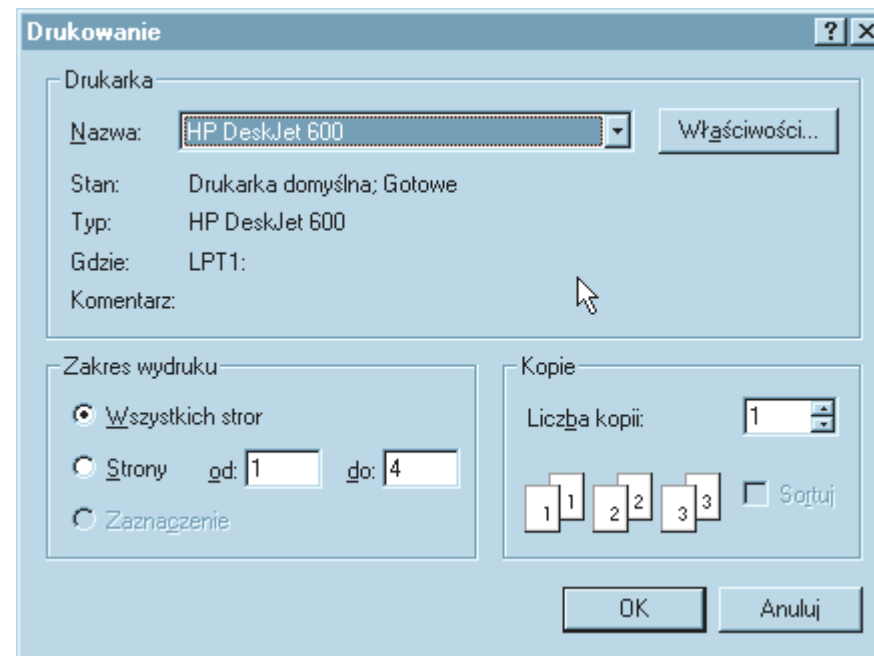
Teoretyczna maksymalna wydajność prętożnika	$Q =$	2480	t/h
Niezbędna moc napędu	$N =$	548	kW
Niezbędna wytrzymałość taśmy	$K =$	1252	kN/m

Material transportowany

Rodzaj materialu transportowanego	Ruda miedzi
-----------------------------------	-------------

Rys. 7 Fragment raportu zapisanego przez program QNK w języku HTML – podgląd przy pomocy programu Internet Explorer

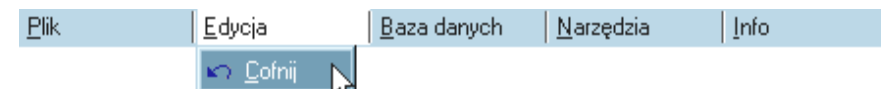
Polecenie „Drukuj” umożliwia wydruk podstawowych danych, wyników obliczeń oraz wykresu sił. Ponadto, zgodnie ze standardem systemu Windows, pozwala na wybór drukarki oraz ustawienie parametrów drukowania. (Rys. 8)



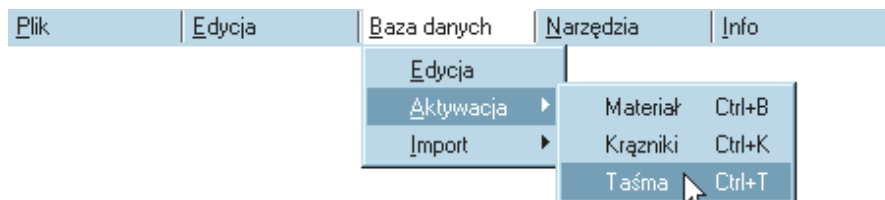
Rys. 8 Okno dialogowe polecenia „Drukuj”

W grupie poleceń „Plik” przewidziano także możliwość szybkiego otwarcia dziesięciu ostatnio zapisanych plików z danymi obliczeniowymi. Wyświetlone zostają pełne ścieżki dostępu do tych plików – wystarczy tylko kursorem myszy wybrać właściwą pozycję.

W grupie poleceń „Edycja” znajduje się przycisk umożliwiający cofnięcie się o kilka operacji edycyjnych programu.



Rys. 9 Grupa poleceń „Edycja”

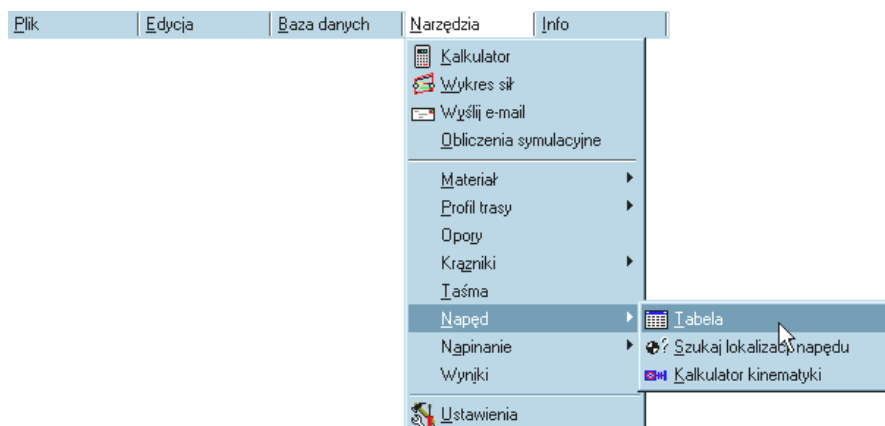


Rys. 10 Grupa poleceń „Baza danych”

Kolejna grupa poleceń „Baza danych” jest przeznaczona do uruchomienia programu edycji baz danych: bazy.exe oraz do uaktywnienia, zamiany i rozszerzenia:

- ◆ bazy danych materiałów transportowanych  
- MATERIAL.DBF, („Załadunek”)
- ◆ bazy danych krążników - KRAZNIKI.DBF. („Krążniki”)
- ◆ bazy danych taśm przenośnikowych  
- TASMA.DBF oraz RDZEN.DBF. („Taśma”)

Bazy danych są zapisane w formacie Dbase IV w plikach z rozszerzeniem \*.dbf w podkatalogu **\baza.** (alias BDE - QNK)



Rys. 11 Grupa poleceń „Narzędzia”

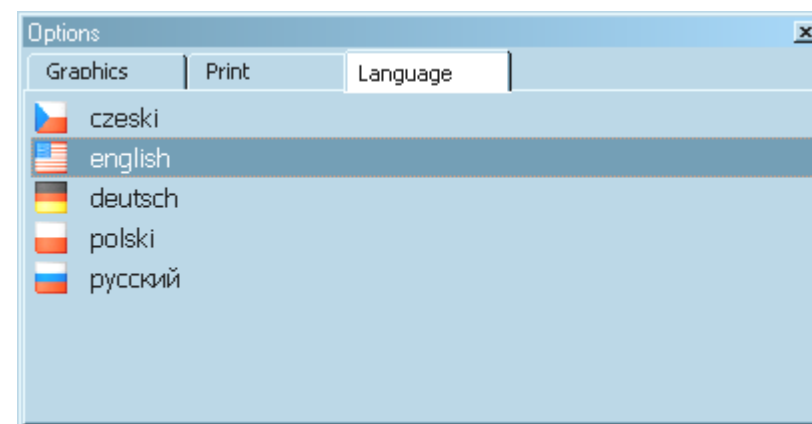
W grupie poleceń „Narzędzia” znajdują się opcje dostępne również na „Pasku narzędzi” programu głównego.(2.3) oraz polecenia wyboru okna danych i dostępnych dla każdego z nich opcji (2.5).

Polecenie „Kalkulator” umożliwia skorzystanie z kalkulatora dystrybuowanego z systemem Windows (C:\WINDOWS\calc.exe).

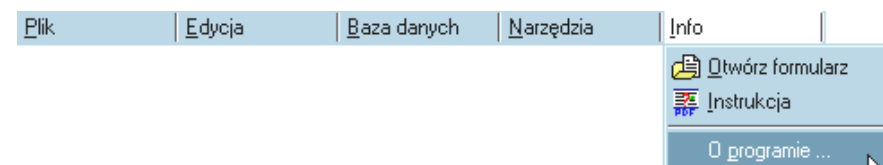
Polecenia związane z doбором układu napędowego i urządzenia napinającego zostały opisane dokładniej w punktach 2.5.8 i 2.7.

Wybierając polecenie „Podziel przenośnik” użytkownik ma możliwość podziału przenośnika na odpowiednią ilość równych odcinków.

Poprzez wykorzystanie polecenia „Ustawienia” użytkownik ma możliwość zmiany niektórych ustawień dotyczących parametrów programu, formatu zapisu grafiki do schowka, opcji wydruku oraz wyboru języka programu.



Rys. 12 Ustawienia parametrów programu QNK



Rys. 13 Grupa poleceń „Info”

Grupa poleceń „Info” służy do wygenerowania formularza niezbędnych danych do doboru mocy silników i wytrzymałości taśmy, wyświetla podręcznik użytkownika programu w formacie PDF oraz przedstawia krótką informację o programie.

## 2.3 Pasek narzędzi



Rys. 14 Pasek narzędzi programu QNK

Na „Pasku narzędzi” zgromadzono przyciski ułatwiające szybki dostęp do poleceń najczęściej wykorzystywanych przez użytkownika programu. Dotyczą one między innymi zachowywania i otwierania danych, drukowania i zachowywania raportów z obliczeń oraz kilku poleceń związanych z grupą „Narzędzia”.



Wyjątek stanowi przycisk pozwalający na otwarcie okna modelu strukturalnego przenośnika (Rozdz.3).

## 2.4 Okno opisu przenośnika

W dolnej części okna programu znajduje się pole tekstowe służące do opisu przenośnika, w którym możemy umieścić informacje dotyczące np. miejsca usytuowania przenośnika, typu urządzenia napinającego taśmę, sposobu sterowania rozruchem, połączeń taśmy itp..

## 2.5 Okna danych

Dane wprowadzane do programu QNK zostały podzielone na osiem części - część opisującą podstawowe parametry pracy oraz sześć okien danych: „**Materiał transportowany**”, „**Opory ruchu**”, „**Profil trasy**”, „**Krażniki**”, „**Taśma**”, „**Napęd**”, „**Urządzenie napinające**”. Siódme okno – „**Tablica wyników i wykres sił**” dotyczy szczegółowych rezultatów obliczeń.

Dla każdej wprowadzanej danej użytkownik ma do dyspozycji krótki jej opis dostępny po wskazaniu pola edycji kursorem myszki komputerowej.

Niektóre dane wymagają dokładniejszego opisu, dlatego też umożliwiono użytkownikowi tworzenie i edycję opisów pomocniczych pojawiających się w dolnej części okna. (Opis szczegółowy -Rys. 1)

Przykładowo dla danej  $s_u$  pojawi się w oknie opisu tekst określający zakres stosowania współczynników bezpieczeństwa dla poszczególnych rodzajów rdzeni taśm przenośnikowych. Opis szczegółowy danych znajduje się w plikach tekstowych \*.txt w podkatalogu **\opis**. Dla danej  $s_u$  opis znajduje

się w pliku su.txt. Pliki opisu danych dla różnych wersji językowych znajdują się w odpowiednich podkatalogach np. dla języka rosyjskiego: **\opis\rosyjski**. Jeżeli dany plik opisowy zostanie usunięty, to nie pojawi się okno opisu szczegółowego.

Podobnie, w podkatalogu **\rys** znajdują się rysunki pomocnicze zapisane w formacie \*.jpg.

Tabela 1 Wybrane pliki dokładnego opisu danych

dana	nazwa pliku
$\gamma$	gamma.txt
$\rho$	ro.txt
$v_0$	v0.txt
$\mu_0$	mio.txt
$l_0$	lo.txt
$b_0$	bo.txt
$f$	f.txt
$L_z$	lz.txt
$\eta$	eta.txt
$K_r$	kr.txt
$\mu$	mi.txt
$\alpha$	alfa.txt
$k_p$	kp.txt
$m_{tj}$	mtj.txt
$s_u$	su.txt
$\lambda_u$	lambdau.txt
$s_r$	sr.txt
$\lambda_r$	lambdar.txt
$r_p$	rp.txt
$C$	wsp_c.txt
$E$	E.txt

### 2.5.1 Parametry podstawowe

Podstawowe parametry przenośnika jak:

- $Q_n$  - wydajność przenośnika,
- $L$  - długość przenośnika
- $\delta$  - kąt nachylenia przenośnika
- $v$  - prędkość taśmy
- $B$  - szerokość taśmy

umieszczono w osobnym oknie, dostępnym w każdej chwili pracy z pro-



gramem. (Podstawowe parametry -Rys. 1)

Podana wartość wydajności stanowi podstawę do obliczeń obciążenia przenośnika materiałem transportowanym. W przypadku braku możliwości określenia tego parametru można wyznaczyć maksymalną teoretyczną wydajność przenośnika -  $Q$ , obliczoną dla zadanej prędkości taśmy, przekroju niecki i rodzaju materiału. (Wyniki podstawowe -Rys. 1)

Parametry podstawowe:  
 $Q_n = 800$  t/h  
 $^{\wedge}Q$   $^{\wedge}N$   $^{\wedge}K$

Pewną pomocą w określeniu zdolności transportowej przenośnika są wskaźniki  $^{\wedge}Q$   $^{\wedge}N$   $^{\wedge}K$ , które pozwolą na wyznaczenie odpowiednio: maksymalnej teoretycznej wydajności, wydajności możliwej do uzyskania dla zainstalowanej mocy silników i dopuszczalnego

obciążenia materiałem transportowanym dla danego typu taśmy.

Kalkulator wydajności kombajnu ścianowego

$\rho_w = 1400$

$H = 2.00$

$z = 1.00$

$p = 5.00$

$Q = 840$

Kalkulator parametrów kinematycznych napędu

$n = 1495.0$

$i = 24.961$

$D = 1030$

$s = 0.0$

$v = 3.21$

Rys. 15 Kalkulatory podręczne

Jeżeli wydajność rzeczywista przenośnika jest zależna od wydajności węglowego kombajnu ścianowego użytkownik może skorzystać z dodatkowego kalkulatora określającego jego teoretyczną wydajność. Określenie dokładnej prędkości taśmy w oparciu o parametry układu kinematycznego napędu jest możliwe po uruchomieniu odpowiedniego kalkulatora z grupy "Narzędzia".

### 2.5.2 Wyniki podstawowe

Wyniki podstawowe programu QNK, to trzy parametry decydujące o poprawnym zaprojektowaniu przenośnika.

- **Q** – maksymalna teoretyczna wydajność przenośnika
- **N** – niezbędna moc do utrzymania przenośnika w ruchu ustalonym
- **K** – niezbędna wytrzymałość taśmy, wyznaczona dla warunków pracy ustalonej przenośnika

Poniżej każdego z wyników umieszczono wskaźnik przedstawiający odpowiednio:

Wyniki:

**Q = 3212 t/h**  
87%

**N = 1021 kW**  
100%

**K = 2431 kN/m**  
80%

- procentowe wykorzystanie maksymalnej teoretycznej wydajności przenośnika ( $Q_n/Q_{max}$ )
- procentowe wykorzystanie zainstalowanej mocy silników ( $N/N_{inst}$ )
- procentowe wykorzystanie nominalnej wytrzymałości taśmy ( $K/K_{nom}$ )

*Uwaga: Czerwony kolor wskaźnika sygnalizuje przekroczenie dopuszczalnych wartości wydajności, mocy lub wytrzymałości – konieczna jest zmiana niektórych parametrów pracy.*

### 2.5.3 Materiał transportowany

Okno danych „Materiał transportowany” dotyczy parametrów związanych z własnościami materiału transportowanego na taśmie górnej.

Materiał transportowany

Węgiel kamienny niesortowany

$\gamma = 980$  kg/m<sup>3</sup>    $\rho = 15$     $\mu_1 = 0.36$     $q_n = 104.94$  kg/m

Maksymalny wymiar brył  
 $d_{max} = 0.250$  m    $B_{min} = 675$  mm  
 $p_b = 20$  %    $l_{gmax} = 1.66$  m

Baza danych	
Ścierność	przeciętna
Ostrość krawędzi	przeciętna
Gęstość nasypowa materiału transportowanego	760 + 1200
Kąt usypu materiału na taśmie	15 + 15
Maksymalny dopuszczalny kąt nachylenia	20 + 20

Rys. 16 Okno danych „Materiał transportowany”

W obliczeniach maksymalnego obciążenia przenośnika istotnymi parametrami są: gęstość nasypowa materiału transportowanego i kąt naturalnego usypu.

Ułatwienie wprowadzania danych w oknie „Materiał transportowany” umożliwia baza danych typowych sypkich materiałów transportowych zapisana w pliku MATERIAL.DBF. Podano tam minimalne i maksymalne wartości niektórych parametrów. Podczas przeglądania bazy danych program wylicza wartość średnią i podstawia w określone pola edycji.

Wprowadzenie wartości wymiaru maksymalnych brył transportowanych na przenośniku i ich procentowego udziału pozwala na określenie minimalnej szerokości taśmy i maksymalnego rozstawu zestawów krążnikowych.

### 2.5.3.1 Załadunek

Program QNK pozwala na uwzględnienie w obliczeniach mocy napędu dodatkowych oporów występujących w miejscach załadunku. Miejsce punktu załadunkowego na taśmie górnej może zostać określone w oknie danych „Profil trasy” poprzez zmianę procentowego obciążenia poszczególnych odcinków trasy.

Wydajność punktów załadunkowych można także wprowadzić bezpośrednio do programu z wykorzystaniem modułu rozszerzonego, zakładki „Załadunek” (Rys. 18). Nosiwo może być transportowane zarówno taśmą górną jak i dolną, należy jednak określić właściwości materiału transportowanego na taśmie dolnej (Rys. 19).



Rys. 17 Profil trasy o różnych stanach obciążenia poszczególnych odcinków - punkty załadunkowe

	Q <sub>pz</sub> [t/h]	Q <sub>m</sub> [t/h]	Q <sub>v</sub> [m <sup>3</sup> /h]	k <sub>z</sub> []	q <sub>n</sub> [kg/m]
1.	500	500	510	0.387	44
2.	0	500	510	0.387	44
3.	0	500			
4.	300	800			
5.	0	800	816	0.619	71
Załadunek na taśmie górnej					
	Q <sub>pz</sub> [t/h]	Q <sub>m</sub> [t/h]	Q <sub>v</sub> [m <sup>3</sup> /h]	k <sub>z</sub> []	q <sub>n</sub> [kg/m]
10.		0	0	0.000	0
9.	750	750	395	0.447	66
8.		750			
7.		750			
6.		750	395	0.447	66
5.		750	395	0.447	66
Załadunek na taśmie dolnej					

Rys. 18 Zakładka „Załadunek” modułu rozszerzonego

Oznaczenie	Wartość	Jednostka	Opis
	Węgiel kamienny niesortowany		Nazwa lub oznaczenie
γ	980	kg/m <sup>3</sup>	Gęstość nasypowa materiału transport
P	15		
φ <sub>w</sub>			
d	0.250		
p <sub>b</sub>	20	%	Procentowy udział brył
Oznaczenie	Wartość	Jednostka	Opis
	Piasek wilgotny		Nazwa lub oznaczenie
γ	1900	kg/m <sup>3</sup>	Gęstość nasypowa materiału transport
P	15		
φ <sub>w</sub>			
d		mm	Maksymalny wymiar brył
p <sub>b</sub>		%	Procentowy udział brył

Rys. 19 Zakładka „Materiał transportowany”

## 2.5.3.2 Obliczenia symulacyjne

Program **QNK** umożliwia przeprowadzenie badań symulacyjnych w celu wykonania obliczeń oporów ruchu, sił w taśmie i mocy napędu przy zmiennym obciążeniu przenośnika materiałem transportowanym.

pracy przenośnika:

- Załadunek i rozładunek przenośnika, dla wydajności nominalnej  $Q_n$ .  
Wybór tej opcji **nie wymaga** podziału przenośnika na odcinki równej długości oraz nie występuje konieczność wczytania pliku z zapisem wydajności punktu załadowczego.
- Praca ustalona przenośnika ze zmienną wydajnością punktu załadowczego zlokalizowanego w rejonie zwrotni.  
Wybór tej opcji **wymaga** podziału przenośnika na odcinki równej długości i wczytania pliku w formacie \*.csv z zapisaną wydajnością punktu załadowczego - Rys. 20.
- Praca ustalona, rozruch i hamowanie przenośnika ze zmienną wydajnością punktu załadowczego zlokalizowanego w rejonie zwrotni z uwzględnieniem przerw podczas pracy przenośnika.  
Wybór tej opcji **wymaga** podziału przenośnika na odcinki równej długości i wczytania pliku w formacie \*.csv z zapisaną wydajnością jednostkową i prędkością taśmy.

Format zapisu wydajności punktu załadowczego w pliku \*.csv przedstawia się następująco:

- **Dla warunków opisanych w punkcie b:** w pierwszej kolumnie danych należy zapisać czas[s], a w drugiej (oddzielonej średnikiem) wydajność punktu załadowczego w [t/h]:

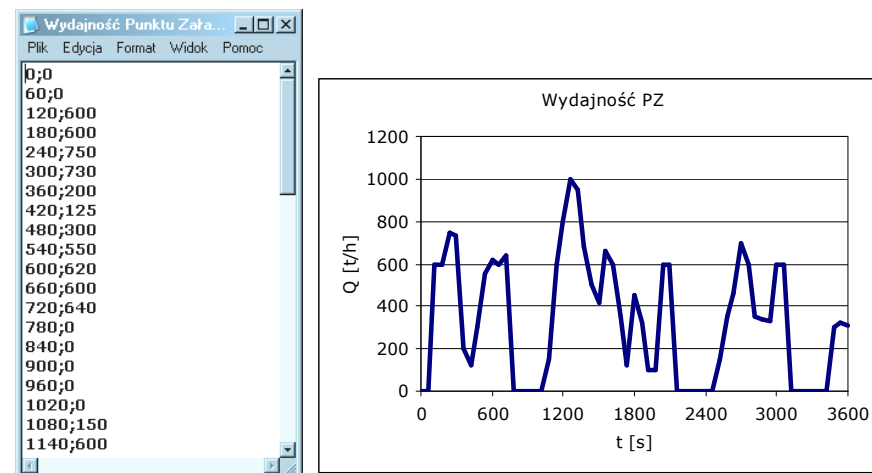
czas [s] ; wydajność punktu załadowczego [t/h].

Np.

0;0  
60;0  
120;600  
180;600  
240;750  
300;730  
500;500  
1000;300

...

**Uwaga:** Prędkość taśmy podczas całego okresu symulacji jest stała, równa prędkości nominalnej przenośnika.



Rys. 20 Wydajność punktu załadowczego

- **Dla warunków opisanych w punkcie c:** w pierwszej kolumnie danych należy zapisać czas[s], w drugiej (oddzielonej średnikiem) wydajność jednostkową przenośnika w miejscu załadunku [t/h] a w trzeciej prędkość taśmy [m/s]:

czas [s] ; wydajność jednostkowa [t/h \* s/m] ; prędkość taśmy [m/s]

**Uwaga:** Wydajność jednostkowa  $Q_j$ , jest to wydajność masowa przenośnika określona dla prędkości taśmy 1 m/s. Zatem wydajność rzeczywista przenośnika w miejscu załadunku jest określona następującą zależnością:

$$Q_m = Q_j \cdot v \text{ [t/h]}$$

Np.

...

282;65;0

287;67;0

292;89;0

297;154;0.89

301;197;2.02

306;146;2.95

311;86;2.93

316;93;2.57

321;124;2.62

326;116;2.79

331;95;2.77

335;100;2.67

340;112;2.69

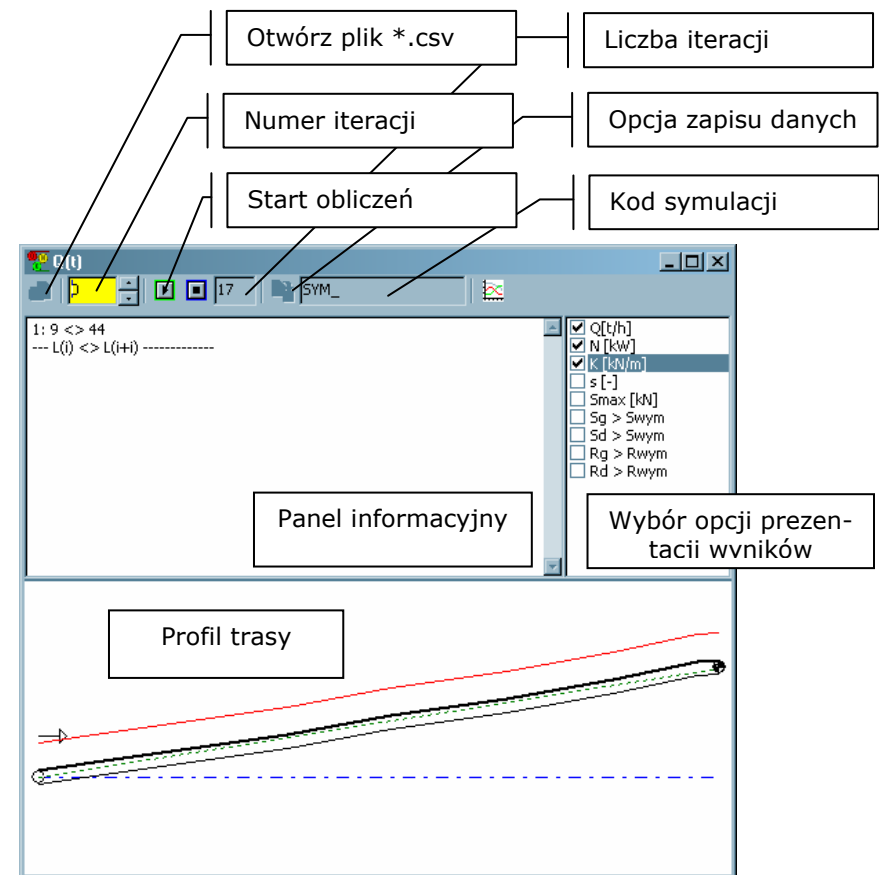
345;105;2.75

...

**Uwaga:** Wartość czasu powinna przyrastać z krokiem stałym lub zmiennym.

W programie QNK wybranie polecenia „Obliczenia symulacyjne” z grupy poleceń „Narzędzia” powoduje pojawienie się okna „Q(t)” - Rys. 21.

W przypadku podziału przenośnika na odcinki o różnej długości pojawi się komunikat „----L(i) <> L(i+1) -----”. Wybór przycisku „Start obliczeń” spowoduje wykonanie cyklu obliczeń iteracyjnych dla warunków opisanych w punkcie **a**, czyli dla załadunku i rozładunku przenośnika podczas pracy ustalonej.

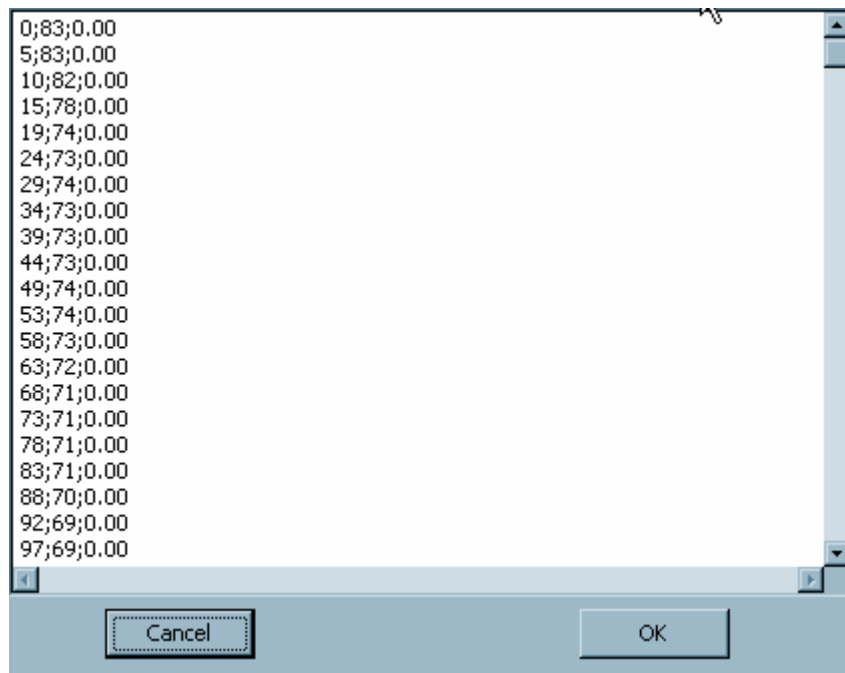


Rys. 21 Okno obliczeń symulacyjnych Q(t).

Podział przenośnika na równe odcinki udostępni opcję odczytu pliku \*.csv:



Po odczytaniu pliku wejściowego \*.csv pojawi się okno importu danych tabelarycznych, które umożliwia korektę danych przed wczytaniem ich do programu QNK.

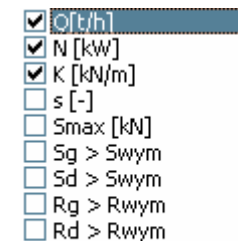


Rys. 22 Okno importu danych tabelarycznych

Po operacji odczytu danych należy wprowadzić liczbę iteracji a następnie rozpocząć obliczenia. Komunikaty i wyniki kolejnych iteracji będą wyświetlane w panelu informacyjnym.

Podczas obliczeń symulacyjnych można dokonać wyboru parametrów wyświetlanych w panelu informacyjnym poprzez zaznaczenia odpowiedniej opcji:

- Q[1]** - wydajność punktu załadowniczego,
- N [kW]** - chwilowe zapotrzebowanie na moc przez napęd przenośnika,
- K [kN/m]** - niezbędna wytrzymałość taśmy,
- s** - współczynnik bezpieczeństwa taśmy,
- Smax [kN]** - maksymalna siła w taśmie,
- Sg > Swym** - wskaźnik zachowania dopuszczalnego zwisu taśmy górnej pomiędzy zestawami kraźnikowymi,
- Sd > Swym** - wskaźnik zachowania dopuszczalnego zwisu taśmy dolnej pomiędzy zestawami kraźnikowymi,
- Rg > Rwym** - zachowania stabilności taśmy górnej na łukach wklęsłych trasy przenośnika,
- Rd > Rwym** - zachowania stabilności taśmy dolnej na łukach wklęsłych trasy przenośnika,



Pełny przebieg zmian wyników obliczeń uzyskanych podczas kolejnych iteracji można zarejestrować po wprowadzeniu kodu symulacji i wybraniu opcji zapisu danych.

Wyniki mogą zostać odtworzone za pomocą programu DynaBelt, służącego do analizy wyników badań symulacyjnych.

## 2.5.4 Opory ruchu

Program QNK umożliwia obliczanie oporów ruchu z wykorzystaniem metody podstawowej, opartej na normie DIN 22101 lub korzystając, poprzez moduł **TasmTest**, z metody oporów jednostkowych (QNK-TT).

### 2.5.4.1 Metoda podstawowa obliczania oporów ruchu - zakładka „DIN”

Istotnym parametrem przyjmowanym w obliczeniach metodą podstawową jest współczynnik oporów ruchu przonośnika **f**. Właściwy dobór tego współczynnika gwarantuje poprawność obliczeń oporów ruchu, a w konsekwencji właściwy dobór mocy silników napędowych (hamulców) i wytrzymałości taśmy.

Określenie współczynnika oporów ruchu może odbywać się w sposób przybliżony (Tabela 2) lub w sposób bardziej dokładny, lecz wymagający znajomości szeregu parametrów dotyczących taśmy, budowy krążników oraz warunków eksploatacji przonośnika [6].

Tabela 2 Wartości współczynnika oporów ruchu  $f$ .

Napęd silnikowy Przenośniki wznoszące, poziome lub nieznacznie nachylone w dół						
Warunki eksploatacji przonośnika	$f^+$ w zależności od prędkości taśmy					
	$v$ [m/s]					
	1	2	3	4	5	6
Wykonanie normalne, ładunek z przeciętnym tarciem wewnętrznym	0,016	0,0165	0,017	0,018	0,02	0,022
Dobre ułożenie przonośnika, krążniki lekko obracające się, ładunek z małym tarciem wewnętrznym	0,0135	0,014	0,015	0,016	0,017	0,019
Niekorzystne warunki ruchowe, ładunek z dużym tarciem wewnętrznym	0,023 ÷ 0,027					
Przenośniki oddziałowe w górnictwie podziemnym	0,027 ÷ 0,03					
Hamowanie generatorowe Przenośniki transportujące ze znacznym nachyleniem w dół						
Warunki eksploatacji przonośnika	$f^-$					
Dobre ułożenie przonośnika przy normalnych warunkach ruchowych, ładunek z małym do średniego tarciem wewnętrznym	0,012 ÷ 0,016					
Wartości współczynnika $c_T$ w zależności od temperatury						
Temperatura °C	+20	+10	0	-10	-20	-30
$c_T$	1	1,01	1,04	1,10	1,16	1,27

Uwaga:

Za wartość standardową uważa się  $f^+ = 0,02$ , a dla górnictwa podziemnego 0,025. Jeżeli jednak przonośnik pracuje w atmosferze o podwyższonej wilgotności i o dużym zapyleniu, a jego ułożenie odbiega od linii prostej, to wartość  $f^+$  może wzrosnąć nawet do 0,06. Podobny wzrost wartości  $f^+$  wywołuje transport dużych brył (max 400 ÷ 500 [mm]), szczególnie, gdy bryły te przemieszczają się oddzielnie.

Wartości współczynnika  $f$  podane w tabelicy dotyczą obciążenia przenośnika ładunkiem w zakresie  $70 \div 110\%$  ustalonego obciążenia nominalnego i strzałki ugięcia taśmy nie przekraczającej  $1\%$ . Wzrost naciągu taśmy i zmniejszenie strzałki ugięcia, podobnie jak i zwiększenie średnicy krążników, powoduje zmniejszenie wartości  $f$ . Dobrane z tabelicy wartości współczynnika  $f^+$  (taśma napędzana silnikiem) i  $f^-$  (taśma hamowana generatorowo) należy pomnożyć przez współczynnik  $c_T$  zwiększając go przy spadku temperatury otoczenia.

#### 2.5.4.2 Warunki pracy

Warunki pracy przenośnika determinują wartość oporów głównych przenośnika taśmowego. W programie **QNK**, podstawowymi parametrami opisującymi warunki pracy przenośnika są: temperatura otoczenia oraz oceniane arbitralnie w czterostopniowej skali: warunki eksploatacji (bardzo dobre, dobre, średnie złe) i zbieganie taśmy (brak, małe średnie, duże). Parametry te są wykorzystywane do wyznaczenia współczynnika oporów ruchu i bezpieczeństwa taśmy oraz do obliczeń oporów jednostkowych.

- $f(v, T)$  - Dobre ułożenie przenośnika, krążniki lekko obracające się, ładunek z małym tarcie wew.
- $f(v, T)$  - Wykonanie normalne, ładunek z przeciętnym tarcie wewnętrznym
- $f(v, T)$  - Niekorzystne warunki ruchowe, ładunek z dużym tarcie wewnętrznym
- Przenośniki w górnictwie podziemnym -  $0.025 \div 0.030$
- Przenośniki transportujące silnie w dół - hamowanie generatorowe -  $0.012 \div 0.016$
- Ekstremalnie niskie temperatury -  $0.035$

Rys. 23 Okno pomocnicze służące do doboru współczynnika oporów ruchu  $f$  jako funkcji prędkości taśmy i temperatury otoczenia (DIN22101)

#### 2.5.4.3 Opory dodatkowe

Przenośniki stosowane w górnictwie podziemnym są powszechnie wyposażane w pętlicowe zasobniki taśmy. Ponieważ długość ich może być dość znaczna, należy w obliczeniach oporów ruchu uwzględnić opory związane z magazynowaniem części taśmy w zasobniku. Opory te zostaną uwzględnione po wprowadzeniu wartości długości pętlicy  $L_z > 0$ . - „**Opory dodatkowe**”.

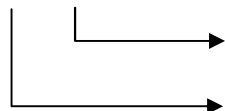
W przypadku obliczania oporów ruchu przenośników krótkich  $L < 80$  m, szczególnie o dużych wydajnościach (kilka tys. t/h np. zwałowarki), należy uwzględnić dodatkowe opory występujące podczas załadunku przenośnika [7]. Dlatego też w oknie dialogowym „**Krążniki**” pojawią się dodatkowe dane związane z parametrami krążników nadawowych, a w zakładce „**Opory dodatkowe**” dane dotyczące ograniczeń bocznych kosza zasypo-

wego, składowej poziomej prędkości materiału ładowanego na przenośnik oraz lokalizacji punktów załadowczych.

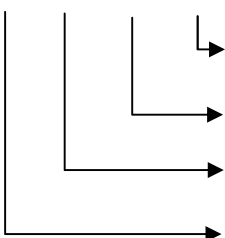
The screenshot shows the 'Opory dodatkowe' dialog box in the QNK software. The 'Opory dodatkowe' tab is selected, showing input fields for  $f_g = 0.025$  and  $f_d = 0.0250$ , and  $C = 1.090$ . Below these, there is a note: 'Dla stopnia wypełnienia przenośnika 70 - 110 %'. A list of conditions and their corresponding resistance values is provided:  $f(v, T)$  - Dobre ułożenie przenośnika, krążniki lekko obracające się, ładunek z małym tarcie wew. (0.025 - 0.030),  $f(v, T)$  - Wykonanie normalne, ładunek z przeciętnym tarcie wewnętrznym (0.025 - 0.030),  $f(v, T)$  - Niekorzystne warunki ruchowe, ładunek z dużym tarcie wewnętrznym (0.012 - 0.016), Przenośniki w górnictwie podziemnym (0.025 - 0.030), Przenośniki transportujące silnie w dół - hamowanie generatorowe (0.012 - 0.016), Ekstremalnie niskie temperatury (0.035). The 'Opory dodatkowe' section includes fields for  $L_z = 0$  m,  $v_0 = 0.00$  m/s,  $L_o = 3.00$  m,  $\mu_o = 0.60$ ,  $B_o = 1.00$  m, and 'Odcinki' (1-1, 4, 7). The 'Opory centrowania' section includes  $n_c/n_g = 100\%$ ,  $n_c/n_a = 100\%$ ,  $\epsilon_{kg} = 1.00$ ,  $\epsilon_{kba} = 0.00$ , and  $\mu = 0.30$ . The 'Pozostałe opory dodatkowe' table has columns for 'Odcinek', 'Opór', and 'Opis', with rows for sections 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 7-8, 8-9, 9-10, and 10-11.

Rys. 24 Okno danych „**Opory ruchu**” - zakładki: „Warunki pracy”, „DIN”, „Opory dodatkowe”

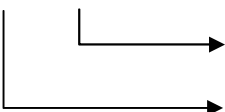
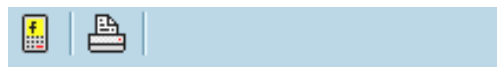
## Paski narzędzi



- różne wartości współczynnika oporów ruchu dla gałęzi górnej i dolnej przenośnika
- wyznaczanie wartości współczynnika  $f$



- dodatkowe opory ruchu dla wybranych odcinków trasy przenośnika
- dodatkowe opory występujące na zestawach centrujących
- różne wartości współczynnika oporów ruchu dla gałęzi górnej i dolnej przenośnika
- dodatkowe opory występujące w miejscu załadunku



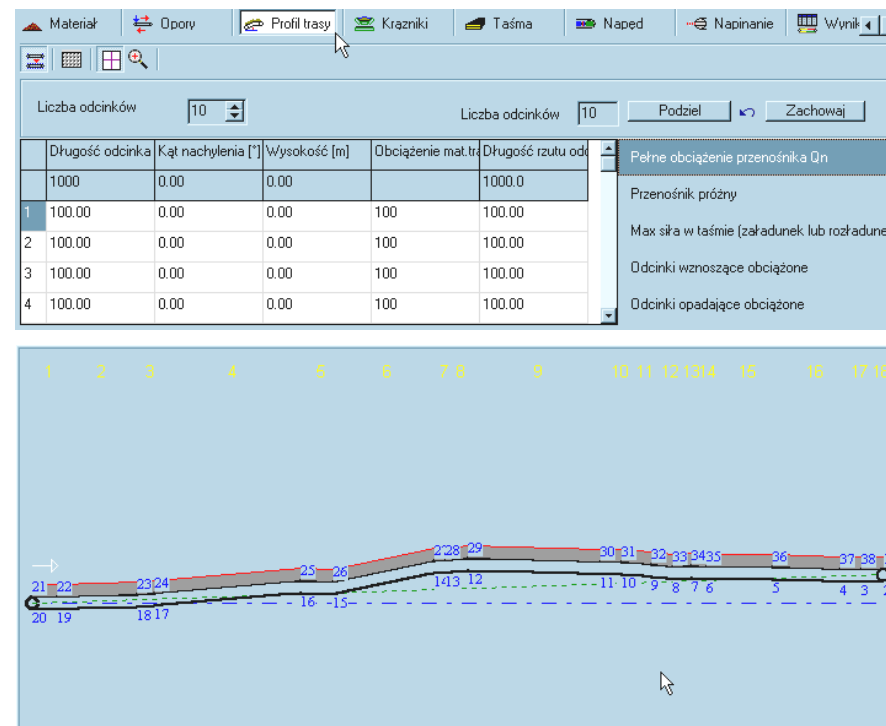
- wydruk wyników obliczeń modułu TasmTest
- wyznaczanie wartości współczynnika  $f$  metodą oporów jednostkowych - TasmTest

Program **QNK** pozwala również na uwzględnienie dodatkowych oporów wywołanych np. skrobakami listwowymi, wózkami zrzutowymi i innymi urządzeniami. Należy wpisać do tabeli „**Pozostałe opory dodatkowe**” wyznaczoną wartość oporu i jego opis.

## 2.5.5 Profil trasy

Okno danych „**Profil trasy**” (Rys. 25) umożliwia wprowadzenie parametrów geometrycznych trasy przenośnika oraz określenie obciążenia poszczególnych odcinków, wyrażone w procentach obciążenia nominalnego ( $Q_n$  – wydajności nominalnej). Możliwość analizy wpływu zmiany obciążenia poszczególnych odcinków na pobór mocy silników i niezbędną wytrzymałość taśmy pozwala uwzględnić w obliczeniach najbardziej niekorzystne

## przypadki obciążenia przenośnika.



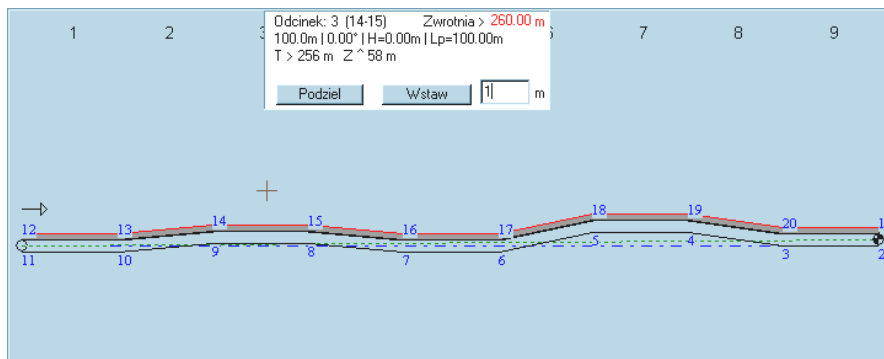
Rys. 25 Okno danych „Profil trasy”

Ponadto w obliczeniach można uwzględnić stan obciążenia przenośników z punktami załadunkowymi rozmieszczonymi w dowolnie wybranych punktach trasy (Rys. 17).

W dolnej części ekranu z prawej strony podawana jest odległość punktu wskazanego myszką na profilu przenośnika od lewego końca przenośnika (punktu załadunkowego) – 120 m i prawego końca – 730 m (bęben wysypowy) → 120/730.(2.8)

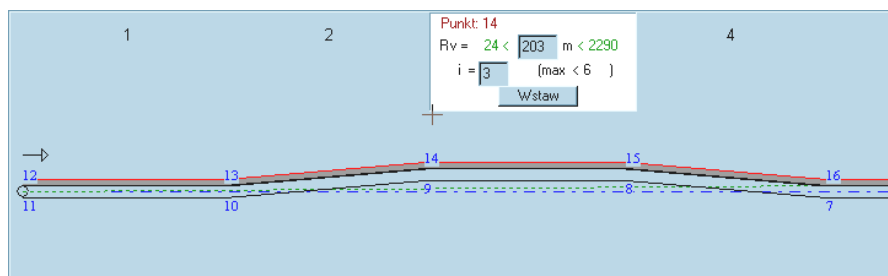
Wskazanie wybranego odcinka trasy przenośnika spowoduje pojawienie się panelu umożliwiającego podział przenośnika lub wstawienie dodatkowego odcinka trasy (Rys. 26).





Rys. 26 Podział przenióska

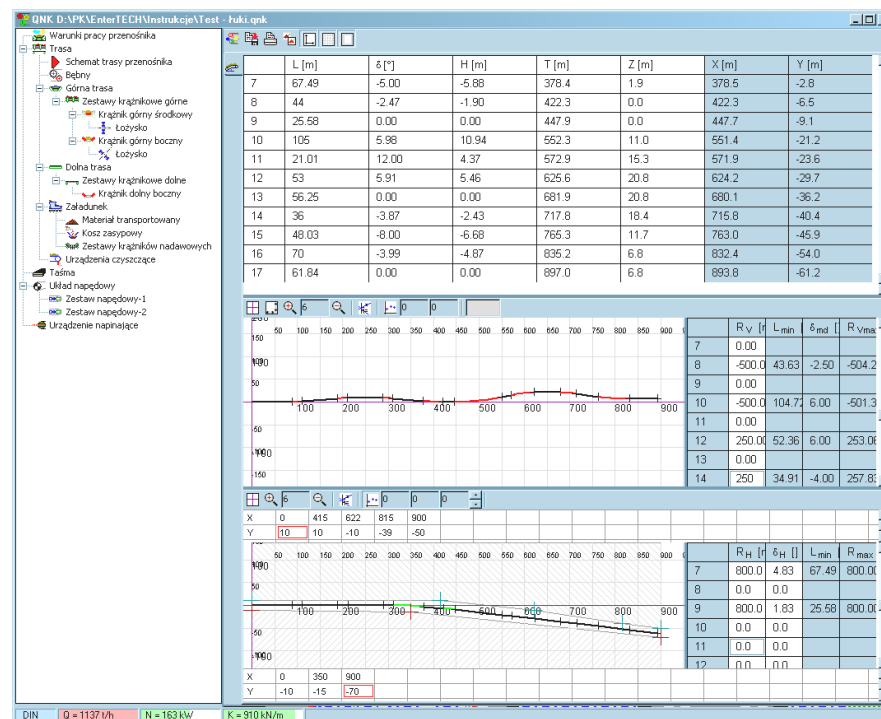
Wybór określonego punktu trasy (Rys. 27) umożliwi użytkownikowi programu na wstawienie łuku wertykalnego o zadanym promieniu  $R_v$ , w postaci określonej liczby odcinków -  $i$ . Program podpowiada dopuszczalny zakres promienia łuku wklęsłego lub wypukłego dla wybranego punktu trasy.



Rys. 27 Wstawianie łuku na trasie przenióska

Korekta wprowadzony wartości łuków wertykalnych i horyzontalnych odbywa się w zakładce „Schemat trasy przenióska” modułu rozszerzonego - Rys. 28.

Moduł rozszerzony umożliwia dopasowanie trasy przenióska do ukształtowania terenu poprzez korektę długości odcinków, kąta ich nachylenia (łuki wertykalne) i kąta zmiany kierunku przebiegu trasy w przypadku łuków horyzontalnych.



Rys. 28 Moduł rozszerzony programu QNK - zakładka „Schemat trasy przenióska”

Wprowadzenie możliwości edycji profilu i planu trasy umożliwia projektowanie przenióska krzywoliniowych. Uwzględnienie w algorytmie obliczeniowym łuków występujących na trasie przenióska pozwala na ocenę stateczności taśmy na trasie przenióska oraz oszacowanie dodatkowego obciążenia zestawów kraźnikowych.

Usunięcie oraz zachowanie w postaci osobnego pliku danych dowolnego odcinka lub fragmentu trasy można uzyskać poprzez zaznaczenie wybranych odcinków w tabeli parametrów profilu trasy przenióska (Rys. 25) – całkowita długość przenióska ulegnie zmniejszeniu o wartość sumy długości usuniętych odcinków.

## Pasek narzędzi



- Powiększenie fragmentu trasy przenośnika
- Automatyczne skalowanie profilu trasy
- powiększenie tabeli profilu trasy przenośnika
- panel podziału przenośnika na określoną liczbę równych odcinków

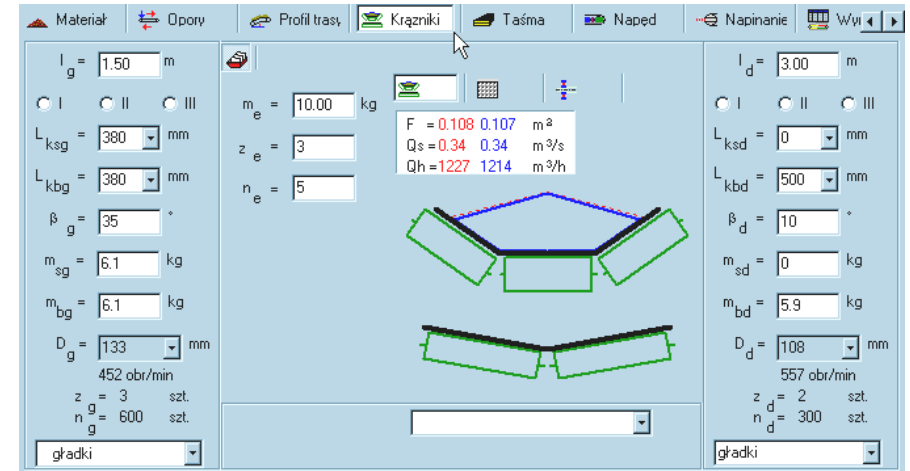
	Długość [m]	Kąt nachylenia [°]	Wysokość [m]	Obciążenie [%]	Długość
<b>Zaznaczone odcinki 2 - 4</b>					947.
1	Zachowaj	Usuń	Zaniechaj	100	199.
2	50.00	0.00	0.00	100	50.0
3	190.76	-2.00	-6.66	100	190.
4	209.24	7	25.50	100	207.
5	50.00	-3	-2.62	100	49.9
6	250.00	2	8.72	100	249.

Rys. 29 Usuwanie bądź zapisywanie zaznaczonych fragmentów trasy przenośnika

W celu ułatwienia określenia maksymalnego obciążenia taśmy użytkownik programu może wybrać opcje określające stan obciążenia taśmy dla przenośnika w pełni obciążonego, próżnego, obciążonych wszystkich odcinków wznoszących i opadających oraz określające maksymalny stan obciążenia taśmy podczas załadunku i rozładunku. (Rys. 25)

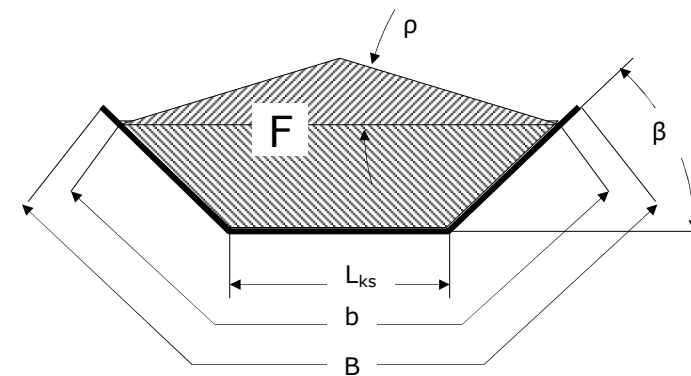
## 2.5.6 Krążniki

Okno dialogowe „Krążniki” służy do wprowadzenia podstawowych informacji dotyczących zastosowanych zestawów krążnikowych, ich rozstawu, typu krążników oraz ukształtowania niecki taśmy.



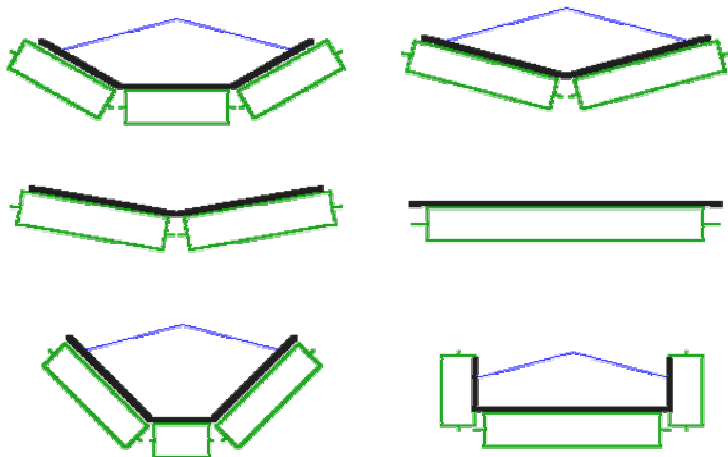
Rys. 30 Okno danych „Krążniki”

Rodzaj niecki taśmy, prędkość taśmy oraz rodzaj materiału transportowanego ma istotny wpływ na wartość maksymalnej teoretycznej wydajności przenośnika.



Rys. 31 Podstawowe parametry przekroju niecki taśmy

Program **QNK** pozwala na uwzględnienie różnych kształtów niecki taśmy, od płaskiej, poprzez dwukrażnikową do trójkrażnikowej o różnej długości krażnika środkowego i różnym kącie nachylenia krażników bocznych, włącznie z taśmę skrzynkową  $\beta = 90^\circ$ . (Rys. 32)



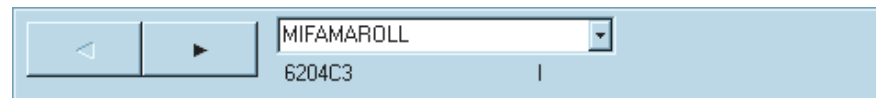
Rys. 32 Przekroje niecek taśmy przenośnika

Przy obliczaniu oporów ruchu przenośnika istotna jest znajomość mas elementów ruchomych krażników. Każdorazowa zmiana szerokości taśmy lub kształtu niecki wiąże się z zastosowaniem innego typu krażników, co zmusza projektanta do skorygowania wartości ich mas obrotowych.

W celu ułatwienia korzystania z programu stworzono bazę danych krażników KRAZNIKI.DBF, w której zapisano następujące informacje o krażniku:

- Producent
- Typ: np. gładki, girlandowy, pierścieniowy ...
- Długość i średnica płaszczka
- Masa krażnika i jego części obrotowych
- Typ łożyska
- Długość i średnica osi

- Rodzaj wykonania - np. ze względu na typ zastosowanej piasy
- Opór obracania krażnika



Rys. 33 Baza danych „Krażniki”

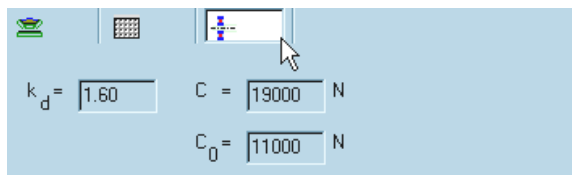
Użytkownik ma możliwość ograniczenia wykorzystywanej bazy do określonego producenta, typu krażnika i średnicy. Zmiana długości krażnika powoduje automatyczny przegląd bazy danych i uaktualnienie wartości mas części obrotowych. W przypadku, gdy dla danej długości istnieje możliwość wykorzystania kilku krażników pojawia się przycisk skanowania bazy danych wraz z informacją o wybranym krażniku. (Rys. 33)

Wybranie przycisku tablicy rozstawów zestawów krażnikowych pozwoli na zmianę ich wartości dla wybranych odcinków trasy przenośnika oraz uwzględnienie dodatkowego obciążenia zestawów na łukach wypukłych trasy.

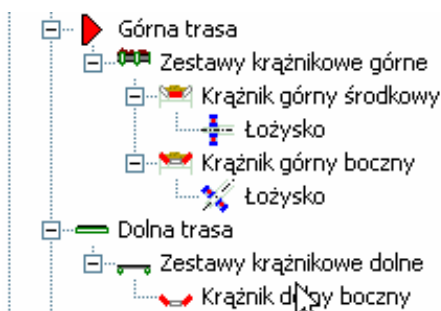
Odcinek	Rozstaw zesta	Promień łuk	Wysokość [m]	Trwałość [h]
29 - 30	1.50	-500.00	-0.002	280904 / 2.57210
30 - 31	1.50	0.00		189608 / 400638
31 - 32	1.50	250.00	0.005	69156 / 318027
32 - 33	1.50	0.00		177954 / 379708
33 - 34	1.50	250.00	0.005	67247 / 303217
34 - 35	1.50	0.00		183022 / 388844
35 - 36	1.50	-500.00	-0.002	289171 / 3.17588

Rys. 34 Tablica rozstawów zestawów krażnikowych

Wprowadzenie wartości nośności dynamicznej i statycznej łożysk krażników umożliwi wyznaczenie ich trwałości obliczeniowej. Zarówno dla krażnika środkowego (Ls) jak i krażników bocznych (Lb).



Rys. 35 Parametry łożyska krążnika

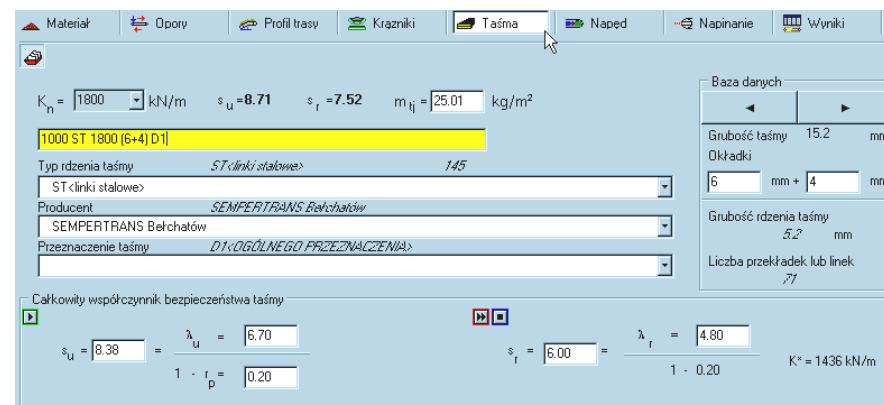


Rys. 36 Fragment struktury danych przenośnika w module rozszerzonym

Wszystkie dane dotyczące zestawów krążnikowych i krążników można edytować i wprowadzać do bazy danych wykorzystując moduł rozszerzony programu **QNK**.

## 2.5.7 Taśma

Okno danych „**Taśma**” wymaga określenia jednostkowej masy taśmy<sup>1</sup> - głównego parametru taśmy wpływającego na stan obciążenia przenośnika oraz wyznaczenia współczynników bezpieczeństwa taśmy dla ruchu ustalonego i dla określonych warunków rozruchu przenośnika.

Rys. 37 Okno danych „**Taśma**”

Dobierana wytrzymałość taśmy dla ruchu ustalonego musi spełnić zależność:

$$K_u > s_u \cdot \frac{S_{\max u}}{B} = \frac{\lambda_u}{1 - r_p} \cdot \frac{S_{\max u}}{B} \quad [\text{kN/m}]$$

Współczynnik bezpieczeństwa taśmy przed zerwaniem  $s_u$ , dla taśm o rdzeniu tkaninowym pracujących w trudnych warunkach zaleca się przyjmować z przedziału  $s_u \in [9 \div 12]$ , a doświadczenia eksploatacyjne wskazują na średnią wartość  $s_u = 10$ .

Dla taśm z linkami stalowymi  $s_u \in [7 \div 9.5]$ .

<sup>1</sup>jednostkowa masa taśmy jest głównym parametrem, który należy skorygować po wyznaczeniu wartości wytrzymałości taśmy i wyborze jej typu.

Dobierana wytrzymałość taśmy dla określonych warunków rozruchu powinna spełnić zależność:

$$K_r > \frac{\lambda_r \cdot S_{\max r}}{1-r_p} \cdot \frac{1}{B} \quad [\text{kN/m}]$$

Współczynnik straty wytrzymałości statycznej w złączu taśmy  $r_p$  powinien zostać określony przez producenta taśmy lub wykonawcę połączenia na podstawie wyników badań wytrzymałościowych. W przypadku braku tych danych można wyznaczyć przybliżoną wartość współczynnika  $r_p$  na podstawie tabeli (Tabela 3).

Współczynniki bezpieczeństwa oblicza się z następujących zależności:

$$\lambda_u = \frac{1}{1-(r_0+r_1+r_2)} \quad \lambda_r = \frac{1}{1-(r_0+r_1)}$$

gdzie:

- $r_0$  – uwzględnia spadek wytrzymałości taśmy w czasie oraz wpływ obciążeń dynamicznych,
- $r_1$  – uwzględnia wpływ dodatkowych wydłużeń taśmy podczas przejścia przez bębny, układania się taśmy w nieckę i odwracania taśmy,
- $r_2$  – uwzględnia obciążenia szczytowe taśmy przy rozruchu i hamowaniu.

Współczynniki  $r_0$ ,  $r_1$ ,  $r_2$  podane są w tabeli (Tabela 4) w zależności od materiałów zastosowanych na rdzeń taśmy oraz od warunków eksploatacji przenośnika.

Tabela 3 Współczynnik straty wytrzymałości w połączeniu –  $r_p$  wg DIN 22101.

Materiał przekładki rdzenia	Rodzaj połączenia	Straty wytrzymałości $r_p$
B – bawełna	połączenia zakładkowe w taśmach wieloprzekładkowych *	1/z **
P – poliamid	połączenie bez straty przekładki	0
E – poliester	taśma jedoprzekładkowa	≤ 0,3
	połączenia mechaniczne	> 0.4
St – stal	liczba stopni $n \leq 2$	0
	liczba stopni $n \geq 3$	0,5(n - 2)

\* Słuszne tylko dla połączeń schodkowych.

\*\* z – liczba przekładek

Tabela 4 Współczynniki  $r_0$ ,  $r_1$ ,  $r_2$  wg DIN 22101

Materiały przekładek	Warunki pracy	Ruch niestacjonarny			Ruch stacjonarny		
		$r_0$	$r_1$	$\lambda_r$	$r_1$	$r_2$	$\lambda_u$
Bawełna, poliamid, poliester	dobrze	≥ 0,691	≥ 0,10	≥ 4,8	≥ 0,10	≥ 0,06	≥ 6,7
	średnie	≥ 0,715		≥ 5,4			≥ 8,0
	złe	≥ 0,734		≥ 6,0			≥ 9,5
Stal	dobrze	≥ 0,641	≥ 0,150	≥ 4,8	≥ 0,150	≥ 0,06	≥ 6,7
	średnie	≥ 0,665		≥ 5,4			≥ 8,0
	złe	≥ 0,684		≥ 6,0			≥ 9,5

W oknie dialogowym „**Taśma**” program umożliwia wybranie znormalizowanej, nominalnej wytrzymałości taśmy oraz określenie rzeczywistego wykorzystania wytrzymałości taśmy w przenośniku w ruchu ustalonym (Rys.19).

## 2.5.7.1 Dobór średnic bębnow

Poprawnie dobrane średnice bębnow powinny w zasadzie zapewnić trwałość połączeń (optymalnie wykonanych) co najmniej taką jak przewidywana trwałość taśmy.

Minimalne średnice bębnow w przenośnikach taśmowych wyznacza się kierując się budową, obciążeniem i rodzajem połączenia taśmy.

Rozróżnia się następujące grupy bębnow w przenośniku:

**grupa A:** bębny napędowe i wszystkie inne usytuowane w obszarze dużych wartości sił rozciągających taśmę w przenośniku,

**grupa B:** bębny zwrotne w obszarze małych wartości sił rozciągających taśmę w przenośniku,

**grupa C:** bębny odchylające (kierujące) zmieniające kierunek biegu taśmy o kąt  $\leq 30^\circ$ .

O ile inne normy lub przepisy nie zawierają wiążących danych wówczas minimalne średnice bębnow grup A,B,C dla czterech różnych stopni obciążenia bębnow dobiera się zgodnie z normą DIN 22101 wg. Tabela 6.

Do określenia minimalnej średnicy bębna normy podają prosty wzór:

$$D_b = c \cdot h_r \quad [\text{mm}]$$

gdzie:

c - współczynnik średnicy bębna,

$h_r$  - grubość rdzenia taśmy, mm.

Tabela 5 Wartości współczynnika c

Materiał przenoszący siły wzdłużne w rdzeniu taśmy	c
B - bawełna	80
P - poliamid	90
E - poliester	108
St - linki stalowe	145

Uzyskaną z wzoru wartość  $D_b$  należy skorygować w zgodnie z danymi zawartymi w tabeli. (Tabela 6)

Program QNK umożliwi dobór właściwych średnic bębnow po uaktywnieniu bazy danych taśm służącej do określenia grubości rdzenia taśmy. W oknie tabeli wyników i wykresu sił (Rys. 47) pojawi się tabela średnic bębnow podanych w mm, właściwych dla określonego typu bębna (A,B,C) oraz odpowiednie strefy obciążenia taśmy (**0-30%**, **30-60%**, **60-100%**, **ponad 100%**).

Użytkownik programu może w dowolnej chwili skorygować wartość grubości rdzenia lub współczynnika średnicy bębna - c.

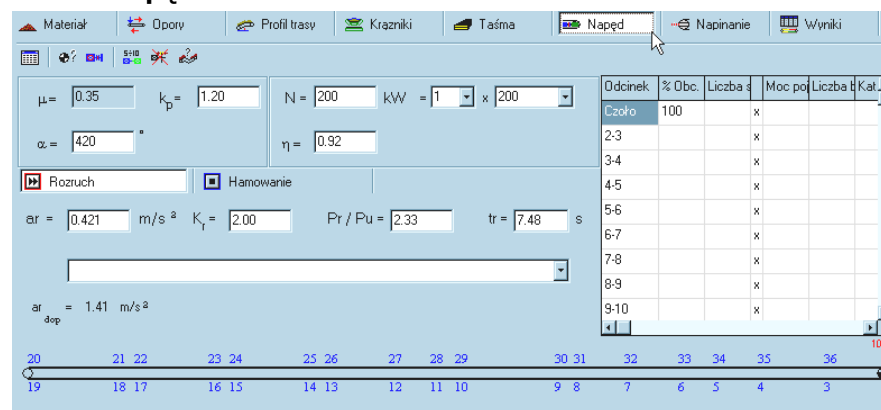


Dopuszczalne średnice bębnow można także odczytać z tablicy „Bębny” generowanej poprzez naciśnięcie odpowiedniego przycisku. Ponadto z tablicy tej można odczytać siły reakcji działające na bębny, pochodzące od naprężeń w taśmie podczas pracy ustalonej, rozruchu i hamowania, ale nie uwzględniających ciężaru bębnow.

Tabela 6 Minimalny wymiar bębna grupy A,B i C w zależności od obciążenia taśmy w ruchu ustalonym.

D <sub>b</sub> ze WZO- ru	minimalna średnica bębna w mm (bez okładziny czarnej)											
	Wskaźnik obciążenia bębna											
	ponad 100%			60% + 100%			30% + 60%			0% + 30%		
	Bęben grupy			Bęben grupy			Bęben grupy			Bęben grupy		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
100	125	100		100								
125	160	125	100	125	100							
160	200	160	125	160	125	100	125	100		100	100	
200	250	200	160	200	160	125	160	125	100	125	125	
250	315	250	200	250	200	160	200	160	125	160	160	
315	400	315	250	315	250	200	250	200	160	200	200	
400	500	400	315	400	315	250	315	250	200	250	250	
500	630	500	400	500	400	315	400	315	250	315	315	
630	800	630	500	630	500	400	500	400	315	400	400	
800	1000	800	630	800	630	500	630	500	400	500	500	
1000	1250	1000	800	1000	800	630	800	630	500	630	630	
1250	1400	1250	1000	1250	1000	800	1000	800	630	800	800	
1400	1600	1400	1000	1400	1250	1000	1250	1000	800	1000	1000	
1600	1800	1600	1250	1600	1250	1000	1250	1000	800	1000	1000	
1800	2000	1800	1250	1800	1400	1250	1600	1250	1000	1250	1250	
2000	2200	2000	1400	2000	1600	1250	1600	1250	1000	1250	1250	

## 2.5.8 Napęd

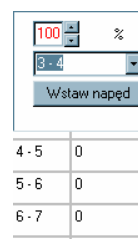


Rys. 38 Okno danych „Napęd”

Parametry układu napędowego oraz miejsce jego usytuowania w przenośniku można wprowadzić do obliczeń wykorzystując okno danych „Napęd”.

Okno to służy do doboru mocy instalowanych silników poprzez podanie ich liczby i mocy nominalnej. W przypadku, gdy ich sumaryczna moc będzie mniejsza od mocy niezbędnej wyznaczonej na podstawie obliczeń oporów ruchu (Rys. 1 - „Wyniki podstawowe” - N) pojawi się odpowiedni komunikat (Rys. 1 - „Okno komunikatów”).

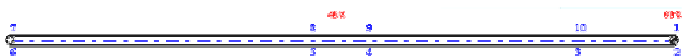
Ponadto, parametry znajdujące się w oknie „Napęd” służą do określenia minimalnych sił, jakie mogą występować w taśmie przy zapewnieniu poprawnych warunków sprzężenia ciernego między taśmą a bębniem napędowym, oraz mogą służyć do obliczenia przybliżonej wartości wytrzymałości taśmy wyznaczonej dla określonych warunków prowadzenia rozruchu przenośnika. Wprowadzane dane (współczynniki) podano w tabelach (Tabela 7, Tabela 9).



Miejsce usytuowania napędu w przenośniku (czołowy lub na zwrotni) można wybrać poprzez kliknięcie myszką w odpowiedni bęben na schemacie wizualizującym rozmieszczenie bębni napędowych. Ponadto, korzystając z odpowiedniej tabeli obciążenia napędów zlokalizowanych na wybranych odcinkach taśmy można uwzględnić wpływ lokalizacji napędów pośrednich na stan sił obciążenia taśmy podczas ruchu ustalonego. W kolumnie [% Obc. na-

p.] należy podać wyrażony w procentach stosunek obciążenia określonego napędu do całkowitej, sumarycznej siły napędowej wymaganej do utrzymania przenośnika w ruchu ustalonym.

Innym sposobem zmiany rozkładu siły napędowej jest skorzystanie z pręgow przycisku myszki w obszarze tablicy napędów.



Rys. 39 Lokalizacja napędów w przenośniku

Program QNK umożliwi wyznaczenie procentowego obciążenia poszczególnych bębnow w oparciu o wartość zainstalowanej mocy silników. Można podać indywidualne parametry sprzężenia ciernego dla poszczególnych bębnow.( Rys. 40)

Odcinek	% Obc.nap.	Liczba silników	Moc silnika	Liczba bębnow	Kąt opasania	Wsp. tarcia
czoło	0.0000		x			
2 - 3	100.0000	3	x 132	2	391.7	0.35
3 - 4	0.0000		x			
4 - 5	0		x			
5 - 6	0.0000		x			
6 - 7	0.0000		x			
7 - 8	0.0000		x			
zwrotnia	0.0000		x			
9 - 10	0.0000		x			
10 - 11	0.0000		x			

Rys. 40 Tablica napędów

**Liczba bębnow > 0 - napęd bębnowy, przesypowy,  
Liczba bębnow = 0 napęd pośredni typu „taśma-taśma”**

Wykorzystanie modułu rozszerzonego programu **QNK** do edycji sposobu przewijania taśmy i konfiguracji napędu spowoduje automatyczną korektę tablicy napędów.

W algorytmie obliczeniowym programu **QNK** priorytetowe jest procentowe obciążenie napędów. Każda ich zmiana spowoduje skasowanie wprowadzanych indywidualnie dla poszczególnych napędów liczby i mocy silników oraz parametrów sprzężenia ciernego.

Dla określonej wartości współczynnika nadwyżki dynamicznej, czyli stosunku sił napędowych  $Pr/Pu$  ( $Pr$  - siła napędowa występująca na bębnie napędowym podczas rozruchu,  $Pu$  - siła napędowa występująca na bębnie napędowym podczas ruchu ustalonego), program określa przyspieszenie taśmy podczas rozruchu przenośnika, którego masę zredukowaną skupiono w jednym punkcie, oraz obliczy przybliżony czas rozruchu<sup>2</sup>.

Podanie wartości przyspieszenia  $a$  pozwoli na obliczenie stosunku sił  $Pr/Pu$  wymaganego dla uzyskania określonego przyspieszenia taśmy (Rys. 38). Możliwe jest również podanie czasu rozruchu, program wyznaczy wówczas wymagane przyspieszenie taśmy i współczynnik przeciążalności napędu  $K_r$ .

Program umożliwia także uproszczoną analizę hamowania przenośnika. Podobnie jak podczas analizy rozruchu można podać założony czas hamowania, opóźnienie lub stosunek momentu hamującego do momentu nominalnego napędu ( $M_h/M_n < 0$ ). Dane są wzajemnie zależne, zatem podanie którejkolwiek z nich spowoduje wyznaczenie wartości pozostałych.

*Uwaga: Ze względu na przeciwny zwrot momentu hamującego względem momentu napędowego wartość  $M_h/M_n$  powinna być mniejsza od zera.*

Tabela 7 Współczynnik przeciążalności napędu  $K_r$ .

Napęd przenośnika taśmowego	Zastosowanie	Współczynnik $K_r$
Silnik klatkowy, specjalne sprzęgła kinetyczne	Przenośniki dużej mocy	1,2
Silniki tyrystorowe lub rozruch sterowany tyrystorowo	Przenośniki średnie do dużych	1,2 ÷ 2,0
Silnik klatkowy i normalne sprzęgło hydrokinetyczne	Przenośniki normalne (silniki powyżej 30 kW)	1,5
Silnik klatkowy z przełącznikiem gwiazda - trójką	Tylko dla przenośników próżnych przy rozruchu	1,6

<sup>2</sup> opcja dostępna po wybraniu typu i lokalizacji urządzenia napinającego taśmę



Silnik klatkowy z załączeniem bezpośrednim	Przeñośniki małe (do 30 kW)	2,0÷3,0
--	-----------------------------	---------

Korzystając z programu **QNK** do doboru urządzenia rozruchowego w przeñośniku należy stosować się do następujących zaleceń:

- w przypadku zastosowania rozruchu bezpośredniego lub rozrusznika tyrystorowego obniżającego podczas rozruchu napięcie zasilające silniki należy podać wartość współczynnika **K<sub>r</sub>** (współczynnik Pr/Pu, przyspieszenie taśmy a oraz czas rozruchu są wielkościami wynikowymi)
- zastosowanie przeźmiennika częstotliwości w napędzie przeñośnika taśmowego wymaga założenia **czasu rozruchu** skorygowanego wartością współczynnika **K<sub>r</sub>**, która nie powinna być większa niż 1.3.
- wykorzystanie sprzęgła hydrokinetycznego o stałym wypełnieniu wymaga podania wartości współczynnika nadwyżki dynamicznej **Pr/Pu** (dla prawidłowo dobranego sprzęgła nie większego niż 1.5). Współczynnik **K<sub>r</sub>**, przyspieszenie taśmy a oraz czas rozruchu są wielkościami wynikowymi



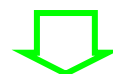
Wybierając lokalizację napędu przeñośnika można wykorzystać procedury programu QNK wskazujące jego najkorzystniejsze umiejscowienie z uwagi na stan obciążenia taśmy.



napęd czołowy lub w rejonie bębna zwrotnego



najkorzystniejsza lokalizacja napędu na taśmie dolnej



najkorzystniejsza lokalizacja napędu  
(na taśmie górnej i dolnej)

Wybór najkorzystniejszej lokalizacji napędu pomocniczego (pośredniego) jest dokonywany przy określonym stopniu obciążenia napędu głównego znajdującego się na czole przeñośnika.

Np. 

czoło	60
-------	----

 oznacza poszukiwanie najkorzystniejszego umiejscowienia napędu pomocniczego obciążonego w 40% w stosunku do całkowitej, sumarycznej siły napędowej wymaganej do utrzymania przeñośnika w ruchu ustalonym.

Tabela 8 Sprawność napędu.

Rodzaj napędu	napęd jedno-bębnowy $\eta^+$	napęd wielobębnowy $\eta^+$	napęd hamujący $\eta^-$
Elektrobęben	0,96		
Napęd z przekładnią i sprzęgłem podatnym	0,94	0,92	
Napęd z przekładnią i sprzęgłem hydrokinetycznym	0,9	0,85	0,95 ÷ 1,0
Napęd hydrauliczny pompa/silnik hydrauliczny	0,86	0,80	

Tabela 9 Wartości współczynnika tarcia  $\mu$  między taśmą, a bębniem napędowym.

Stan Powierzchni	Bęben stalowy, gładki, Bez korozji	Okładzina gumowa, twardość 60 Shore A, grubość 8 [mm]	Okładzina poliuretanowa, twardość 75 shore A, grubość 11 [mm]	Okładzina ceramiczna, grubość 11 [mm]
Suchy	0,35 ÷ 0,4	0,4 ÷ 0,45	0,35 ÷ 0,4	0,4 ÷ 0,45
Mokry czysty	0,1	0,35	0,35	0,35 ÷ 0,4
Mokry zanieczyszczony	0,05 ÷ 0,1	0,25 ÷ 0,3	0,2	0,35

Współczynnik tarcia  $\mu$  dla pary trącej: bęben napędowy-taśma można przyjmować dla znanych warunków pracy ze zwiększoną dokładnością → Tabela 9 lub nie znając dokładnie warunków:  $\mu=0.2$  dla bębna stalowego gładkiego i  $\mu=0.35$  dla bębna pokrytego gumową okładziną cierną.

Współczynnik  $k_p$ , zabezpieczenia przed makropoślizgiem układu ciernego taśma-bęben napędowy przyjmuje się z przedziału  $k_p \in [1.2; 1.3]$  dla ruchu ustalonego. Dla urządzeń napinających nadążnych (w tym ciężarowych) można przyjąć  $k_p = 1.1$ . Dla długich przenośników i nienadążnych urządzeń napinających należy przyjmować  $k_p = 1.4$ .

#### Pasek narzędzi



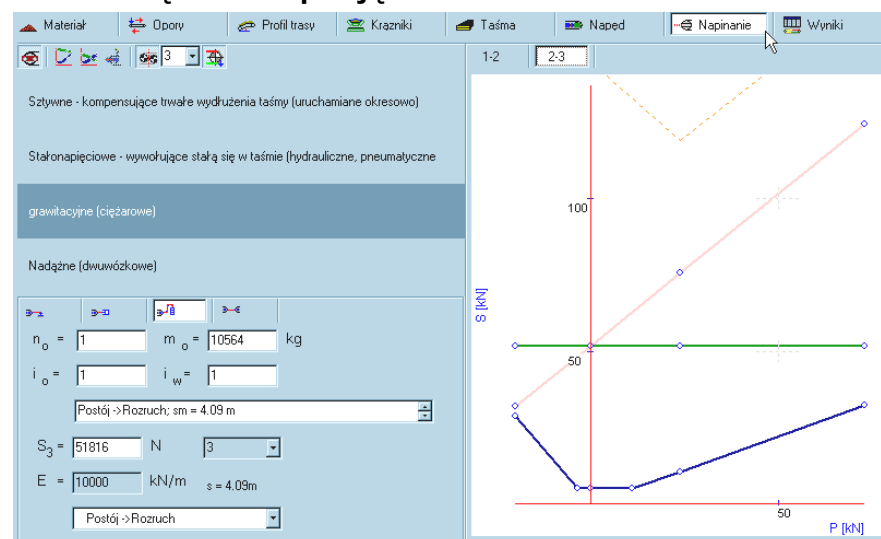
- dobór mocy napędu dla złożonego profilu trasy
- hamowanie przenośnika "wolnym wybiegiem"
- opcja nadwyżki mocy dla napędów wielosilnikowych
- kalkulator parametrów kinematycznych
- dobór lokalizacji napędów
- tabela parametrów układu napędowego

Parametry układu napędowego		
Moc napędu	2 x	250 kW
Rozruch: "Silnik klatkowy, sprzęgło hydrokinetyczne"		
Rozmieszczenie napędów:		500 kW
Napęd czołowy	wielobębnowy	420°
Nadwyżka dynamiczna napędu	Pr/Pu	1.37
Nadwyżka dynamiczna układu hamującego	Ph/Pu	0.00
Zredukowana masa przenośnika	m zr	180745 kg
Moment bezwładności przypadający na 1 silnik	J	38.27 kgm <sup>2</sup>
Parametry napędu głównego: 1 - 2		
Obrotv nominalne silnika	n	1485.0 obr/min

Rys. 41 Okno wyników „Parametry układu napędowego”

W oknie dialogowym „Napęd” podane zostały również ekstremalne wartości przyspieszeń i opóźnień taśmy podczas rozruchu i hamowania przenośnika określone ze względu na nachylenie odcinków trasy przenośnika wyposażonego w taśmę z okładkami gumowymi.

## 2.5.9 Urządzenie napinające



Rys. 42 Okno danych „Urządzenie napinające”

Wybór typu i lokalizacji urządzenia napinającego nie jest konieczny przy określaniu mocy napędu i niezbędnej wytrzymałości taśmy, ale jest niezbędny przy szczegółowej analizie takich stanów pracy jak postój i rozruch przenośnika.

Określenie lokalizacji urządzenia napinającego i podanie wartości siły w taśmie wywołanej jego pracą tzn. pracą wciągarki, pracą siłownika hydraulicznego lub ciężarem napinającym pozwoli na oszacowanie zmiany niezbędnej wytrzymałości taśmy wynikłej wskutek oddziaływania dodatkowych sił.

Użytkownik może podać wartość siły w taśmie dla pracy ustalonej lub dla postoju przenośnika.

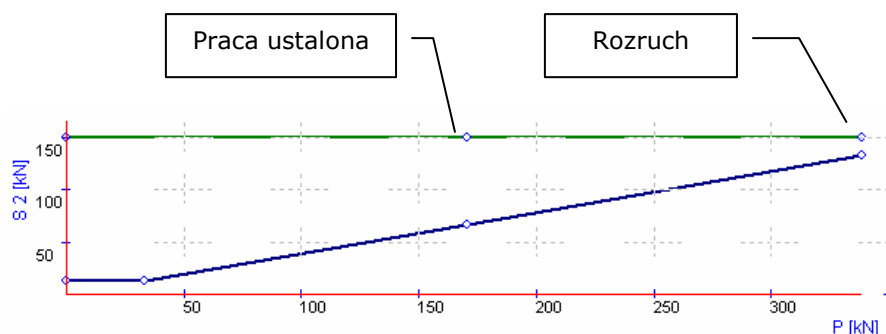
W przypadku wyboru nadążnego, dwuwózkowego urządzenia napinającego taśmę wymagane jest podanie przełożenia zlinowania, natomiast wybór lokalizacji urządzenia napinającego jest ograniczony do miejsca umieszczenia napędu przenośnika.

Uwzględnienie pracy urządzeń napinających w algorytmie obliczeń jest sygnalizowane odpowiednim komunikatem - Pasek komunikatów.

Podając wartość modułu sprężystości taśmy można oszacować skok wózka napinającego taśmę dla następujących zmian stanów pracy przenośnika:

- Postój → Rozruch
- Rozruch → Ruch ustalony
- Ruch ustalony → Postój
- Ruch ustalony → Hamowanie

Z prawej strony umieszczono charakterystykę statyczną urządzenia napinającego przedstawiającą **wymagane** (kolor niebieski) i **uzyskiwane** (kolor zielony) wartości siły w taśmie zbiegającej z bębna napędowego



Rys. 43 Przykładowa charakterystyka statyczna urządzenia napinającego ciężarowego w funkcji siły napędowej P - wykres programu **QNK** dla napędzania przenośnika



Wybierając lokalizację urządzenia napinającego taśmę przenośnika można wykorzystać procedury programu **QNK** wskazujące jego najkorzystniejsze umiejscowienie z uwagi na stan obciążenia taśmy.

Pasek narzędzi



- prezentacja siły nabiegającej i dopuszczalnej na wykresie
- wybór lokalizacji układu napinającego
- analiza pracy wielobębnowych układów napędowych
- wybór lokalizacji urządzenia napinającego
- korekcja siły napinania tylko dla ruchu ustalonego
- korekcja siły napinania dla rozruchu i hamowania przenośnika
- analiza pracy układu napędowo-napinającego

#### 2.5.9.1 Charakterystyka statyczna pracy urządzenia napinającego

Wartość siły naciągu wstępnego taśmy dla danego przenośnika musi być tak dobrana, aby równocześnie spełniała dwa warunki:

- zwisy taśmy między podporami krążnikowymi muszą być ograniczone,
- musi być zapewniona bezpoślizgowa współpraca taśmy z bębniem napędzanym lub hamowanym.

Z pierwszego warunku określa się minimalną siłę w taśmie, zakładając dopuszczalny zwis taśmy (w praktyce wystarczy sprawdzić ten warunek dla taśmy nośnej). Siłę tę określamy z równania:

$$S_{\min} = \frac{g \cdot (m_t + m_u) \cdot l_g^2}{8 \cdot f_u}$$

gdzie:

$m_t, m_u$  - masy jednostkowe taśmy i urobku, kg/m

$l_g$  - odległość między górnymi zestawami krążnikowymi, m,

$f_u$  - ugięcie taśmy między zestawami krążników, m.

Najczęściej zakłada się wartość  $f_u/l_g = 0,015$ , a w czasie hamowania przenośnika dopuszcza się wartość 0,04.

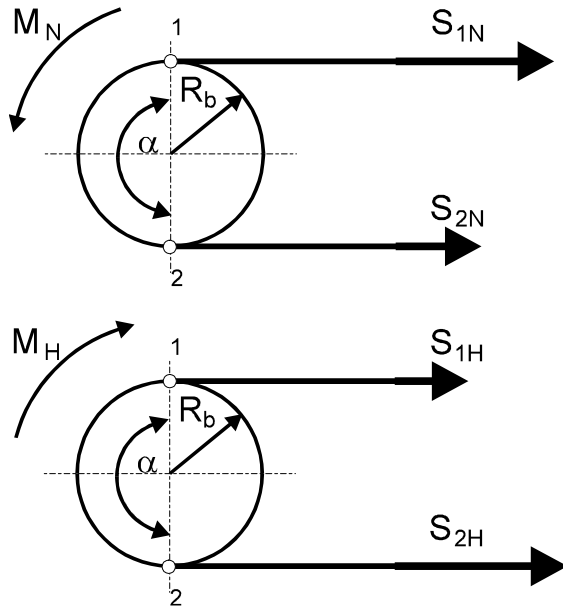
Drugi warunek zabezpieczający poprawność współpracy ciernej taśmy z bębniem (bez makropoślizgu) określa zależność:

$$k \cdot M_N \leq R_b \cdot S_{2N} (e^{\mu\alpha} - 1)$$

a czasie hamowania przenośnika:

$$k \cdot M_H \leq R_b \cdot S_{1H} (e^{\mu\alpha} - 1) = R_b \cdot S_{2H} \frac{e^{\mu\alpha} - 1}{e^{\mu\alpha}}$$

Urządzenie napinające usytuowane w pobliżu bębna napędowego, który może być napędzany lub hamowany, powinno zapewnić dla ustalonej wartości momentu siłę  $S_2$  określoną następującymi relacjami:



Rys. 44 Siły w taśmie podczas napędzania i hamowania bębna.

- 
- napędzanie przenośnika

$$S_{2N} \geq M_N \frac{k}{R_b \cdot (e^{\mu\alpha} - 1)}$$

$$S_2 \geq \frac{(m_t + m_u) \cdot l_g^2}{8 \cdot f_u} + \Delta W = C$$

- hamowanie przenośnika

$$S_{2H} \geq M_H \frac{k \cdot e^{\mu\alpha}}{R_b \cdot (e^{\mu\alpha} - 1)}$$

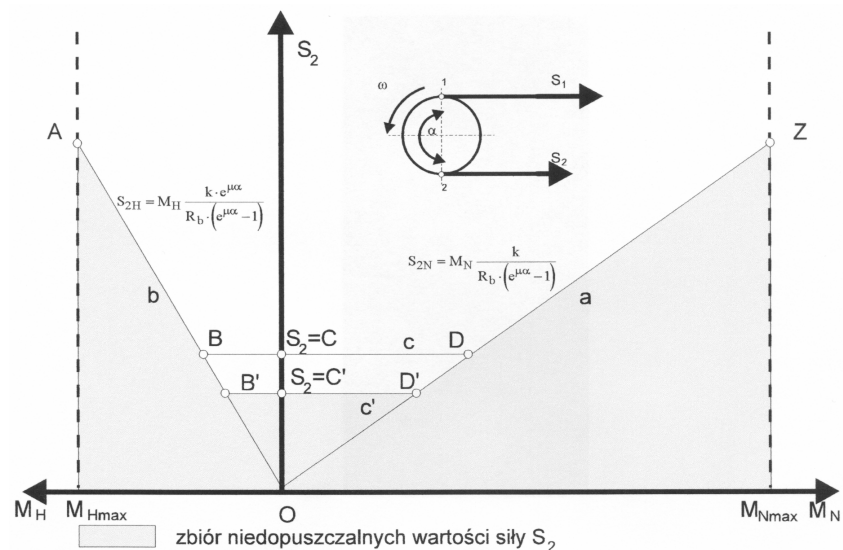
$$S_2 \geq \frac{(m_t + m_u) \cdot l_g^2}{8 \cdot f_u} + \Delta W = C'$$

gdzie:

- $\Delta W$  - różnica między siłą w taśmie w punkcie wyznaczenia  $S_{\min}$  a siłą w punkcie 2
- $C, C'$  - stałe minimalne wartości siły  $S_2$  odpowiednio przy napędzaniu i hamowaniu przenośnika

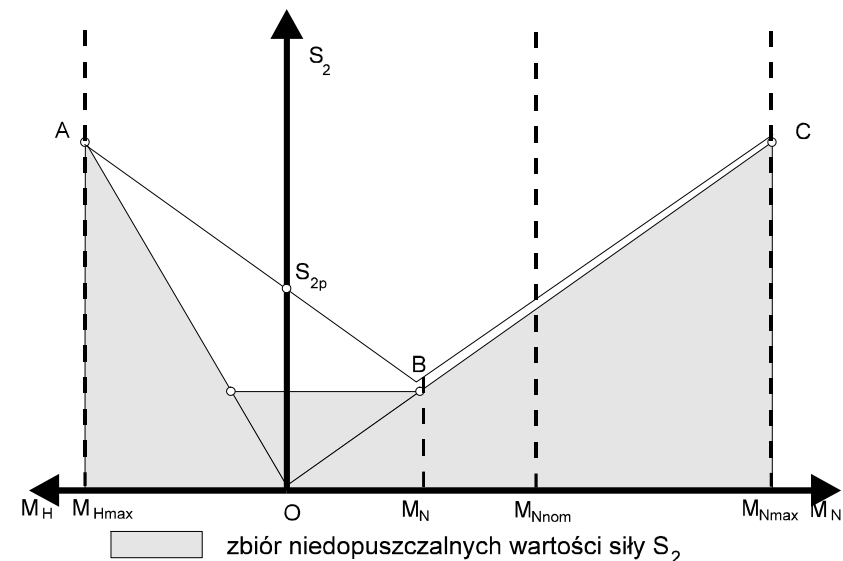
Wartość kąta  $\alpha$  dla danego przenośnika jest stała, natomiast współczynnik tarcia  $\mu$  jest zmienną losową. Przyjmując w powyższych relacjach  $\mu$  jako wartość stałą, wybraną ze zbioru wartości losowych (bezpieczną dla danych warunków), otrzymamy zależności liniowe, co przedstawiono na w postaci prostych "a", "b", "c" lub "c'".

Na podstawie można stwierdzić, że minimalne siły  $S_2$ , jakie powinny wywoływać urządzenie napinające w celu zabezpieczenia poprawnej pracy przenośnika taśmowego, są w zakresie  $M \in [M_{H\max}; M_{N\max}]$  określone odcinkami: AB, BD, DZ, lub AB', B'D', D'Z w przypadku jego hamowania. Tak określone wartości sił  $S_2$  jako minimalne i zabezpieczające poprawną pracę przenośnika można uznać za optymalne.



Rys. 45 Minimalne wartości siły naciągu wstępnego taśmy  $S_2$  w funkcji momentu obrotowego na bębnie napędzanym lub hamowanym

Charakterystykę statyczną urządzenia napinającego z dwoma wózkami napinającymi przedstawiono na Rys. 46

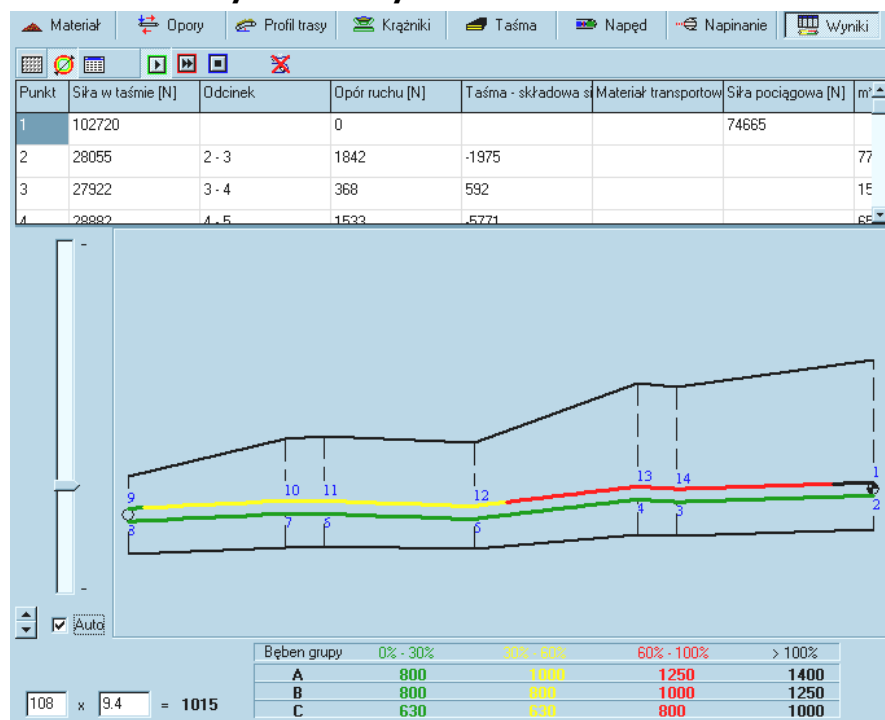


Rys. 46 Charakterystyka statyczna urządzenia napinającego z dwoma wózkami napinającymi

Charakterystykę statyczną urządzenia napinającego przedstawiają odcinki AB, BC. Przy czym AB to charakterystyka przy pracy nieautomatycznej (wózek oparty o zderzak) jak dla urządzenia sztywnego. Odcinek BC przedstawia zakres pracy automatycznej. Na kształt charakterystyki można wpływać zwiększając wartość siły  $S_{2p}$  zmienia to zakres pracy automatycznej i nieautomatycznej (oraz ogranicza przemieszczenia wózków napinających). W wyniku zwiększania siły  $S_{2p}$  tak, że prosta AB przesunie się równoległe w górę i punkt B pokryje się z C, urządzenie stanie się nieautomatyczne w całym zakresie zmian momentu napędowego. Właściwą siłę  $S_{2p}$  najlepiej wstępnie określić teoretycznie i skorygować w czasie próbnych rozruchów przenośnika.

Program **QNK** ustala lokalizację punktu B dla momentu obrotowego odpowiadającego pracy ustalonej przenośnika.

## 2.6 Tablica wyników i wykres sił



Rys. 47 Okno „Wyniki” - tablica wyników i wykres sił

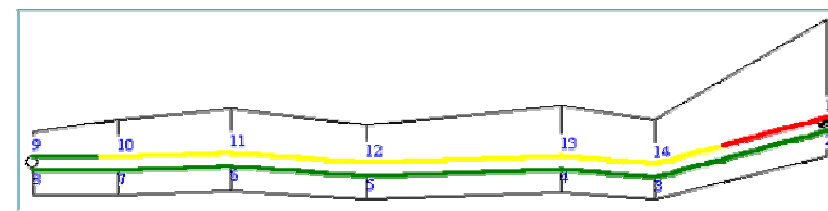
Okno wyników szczegółowych składa się z części tabelarycznej i graficznej. Podstawową część stanowi tabela wyników, w której podano wartości sił w taśmie występujących w charakterystycznych punktach przenośnika oraz wartości sił działających na poszczególnych odcinkach (między punktami). Siły odnoszące się do odcinków pochodzą od składowych oporów ruchu przenośnika, są wynikiem działania sił ciężkości taśmy i materiału transportowanego oraz mogą być wytwarzane przez układy napędowe.

Istotną cechą tabeli sił jest możliwość jej edycji. Zmiana wartości sił w określonych punktach (kolumna 2) symuluje działanie urządzeń napinających. Zmiana wartości siły w którymkolwiek punkcie powoduje zmianę wartości sił we wszystkich pozostałych punktach. Ograniczeniem jest konieczność zapewnienia taśmie odpowiedniej geometrii kształtu (zwis ta-

śmy) oraz utrzymanie poprawnych warunków sprzężenia taśmy z bębniem napędowym - siły nie mogą być mniejsze niż wymagają powyższe warunki.

Przyczyna korekcji sił w taśmie jest sygnalizowana komunikatem (Pasek komunikatów- 2.8).

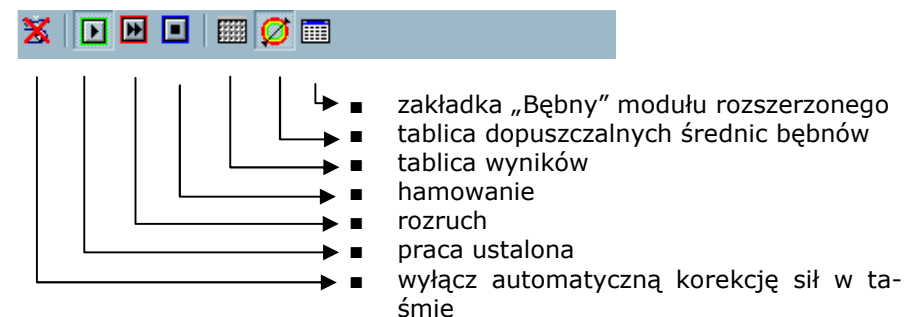
Przejęcie z okna wyników na którekolwiek okno danych powoduje przywrócenia wartości początkowych sił, o ile jest wyłączona opcja dotycząca analizy pracy urządzenia napinającego (Rys. 42).



Rys. 48 Wykres sił w taśmie przenośnika

Część graficzna okna wyników (Rys. 48) przedstawia wykres sił w taśmie, na którym zaznaczono miejsce usytuowania napędu oraz strefy obciążenia taśmy na długości przenośnika. Strefy obciążenia taśmy mają istotne znaczenie dla projektantów przenośników i służą do poprawnego doboru średnic bębniów w danej strefie przenośnika.

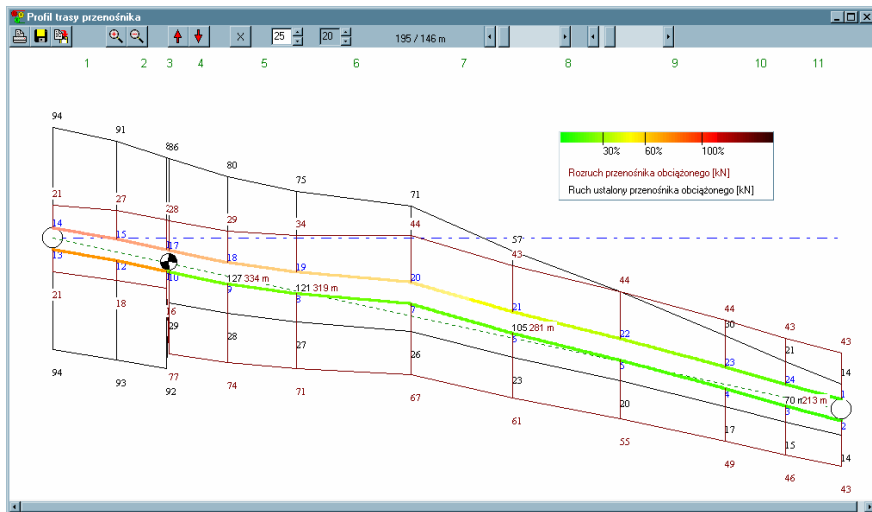
Pasek narzędzi



Użytkownik ma możliwość obserwacji zmiany wykresu sił w taśmie podczas pracy ustalonej, rozruchu oraz hamowania.

Dla doświadczonych projektantów wprowadzono opcję wyłączenia korekcji sił w taśmie.

## 2.7 Okno „Profil trasy przerośnika”



Rys. 49 Okno „Profil trasy przerośnika”

Okno „Profil trasy przerośnika” służy do dokładnej, graficznej prezentacji wyników obliczeń przeprowadzonych dla wybranych stanów pracy przerośnika. Opcje dostępne dla tego okna przedstawia podręczne menu uaktywniane prawym przyciskiem myszki w obszarze wykresu (Rys. 50).

<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Punkty</li> <li>✓ Odcinki</li> <li>✓ Linie</li> </ul>	Wykres minimalnych, dopuszczalnych sił w taśmie Pokaż skalę Wartość sił
Wydajność Obciążenie taśmy w ruchu ustalonym [%]	Wykres sił: Ruch ustalony Rozruch Hamowanie Postój
Minimalne wartości promienia krzywizny łuków wklęsłych Minimalne wartości promienia krzywizny łuków wypukłych	

Rys. 50 Menu podręczne okna „Profil trasy przerośnika”

Dostępne są wykresy sił w taśmie dla następujących stanów pracy przerośnika:

- ◆ ruch ustalony,
- ◆ postój,
- ◆ rozruch,
- ◆ hamowanie.

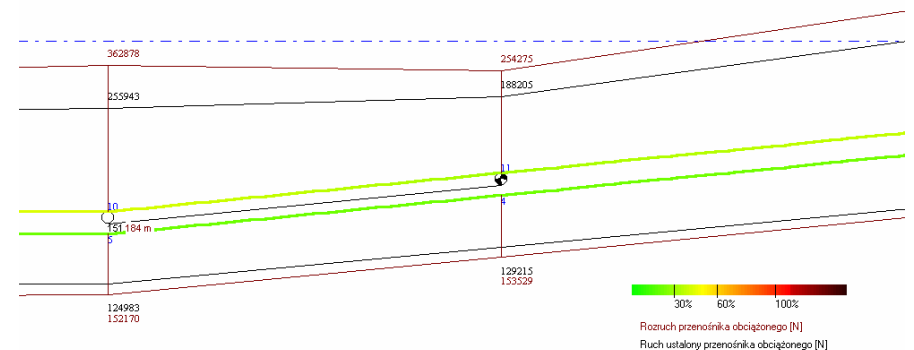
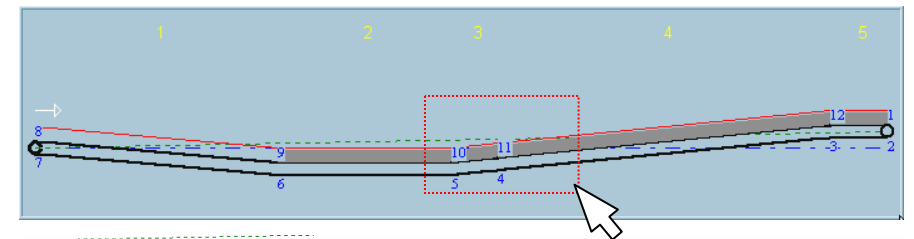
Poprzez łatwo dostępne „Menu użytkownika” można otrzymane wykresy

utrwalić poprzez bezpośredni wydruk na formacie A4 zorientowanym poziomo - „Drukuj” lub zachowanie kopii dostępne w grupie poleceń „Rysunek”. Przyciski znajdujące się na „Pasku narzędzi” służą do uzyskania odpowiedniego położenia profilu w oknie i określenia właściwej skali wykresu sił.



Po wybraniu odpowiedniej opcji w „Menu podręcznym” program określi wartości minimalnych promieni krzywizny łuków przejściowych wklęsłych i wypukłych całego profilu trasy dla wybranego stanu pracy przerośnika.

Okno „Profil trasy przerośnika” może zostać uaktywnione poprzez naciśnięcie prawego przycisku myszki i zaznaczenie określonego obszaru trasy przerośnika na wykresie przedstawiającym jego profil (Rys. 25).



Rys. 51 Wybór określonego fragmentu trasy przerośnika



## 2.8 Pasek komunikatów

Pasek komunikatów służy do informowania użytkownika o:

- wyniku działania testu danych: "Dane poprawne" - dane mieszczą się w określonych zakresach - kolor tła przezroczysty, "Test błędów : opis danej (np. v, b, ro)" - kolor tła czerwony - dane wymagające korekcji
- przekroczeniu przez wartość wydajności przenośnika wartości maksymalnej - kolor tła żółty
- zbyt małej wartości zainstalowanej mocy silników - kolor tła żółty
- współczynnika oporów ruchu dla przenośników transportujących w dół - kolor tła przezroczysty
- liczbie rekordów dostępnych w bazie danych "Krażniki" - kolor tła przezroczysty
- przyczyny korekcji sił w taśmie, ze wskazaniem punktów korekcji sił - kolor tła przezroczysty lub niebieski (urządzenia napinające).

861/472 m Korekcja sił ze względu na pracę urządzenia napinającego - 2 Test błędów: Qn

911/422 m Korekcja sił ze względu na pracę urządzenia napinającego - 2

628/705 m Korekcja sił ze względu na sprzężenie ciemne - (1 - 2) Dane poprawne

## 2.9 Wydruk danych i wyników obliczeń

Podczas korzystania z programu w dowolnej chwili można wydrukować wyniki danych i obliczeń dotyczących doboru mocy silników i wytrzymałości taśmy.

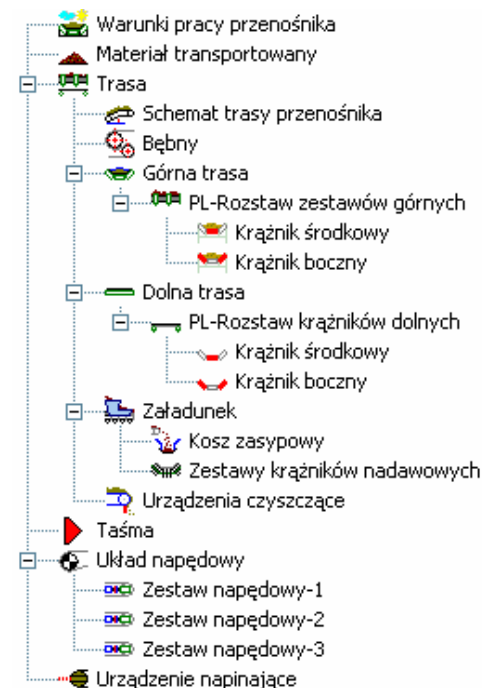
Standardowo wydruk obejmuje cztery strony:

- Strona 1 - podstawowe parametry pracy i wyniki obliczeń oraz profil trasy. Opis przenośnika jest drukowany w pięciu początkowych liniach wydruku, natomiast pozostała część – linia 6-10 są drukowane na dole strony w polu „Uwagi:”.
- Strona 2 - wykres sił oraz parametry związane z doбором typu taśmy i średnic bębnow
- Strona 3 - dane konstrukcyjne przenośnika obejmujące opory ruchu, zestawy krążnikowe oraz parametry układu napędowego i napinającego.
- Strona 4 - dane profilu trasy przenośnika oraz szczegółowe wyniki obliczeń. W przypadku profilu trasy składającego się z ponad 7 odcinków dane profilu i wyniki są drukowane odpowiednio na stronie 4 i 5.

## 3 Moduł rozszerzony programu QNK



Obliczenia przeprowadzone z wykorzystaniem podstawowego modułu programu QNK pozwalają na poprawny dobór mocy napędów oraz określenie sił w taśmie podczas pracy ustalonej, rozruchu i hamowania przenośnika. Jednak ciągle poszerzane możliwości obliczeniowe i archiwizacyjne programu wymagały opracowania nowego modułu wprowadzania danych przenośnika, opartego o jego model strukturalny.

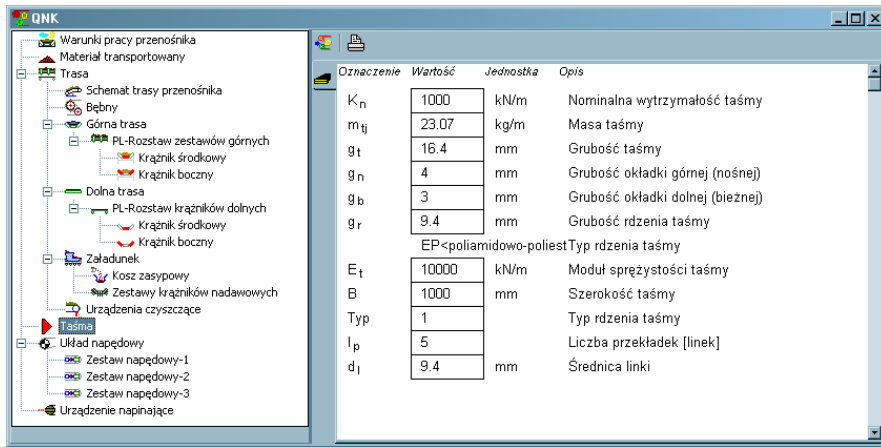


Rys. 52 Wybór określonego fragmentu trasy przenośnika

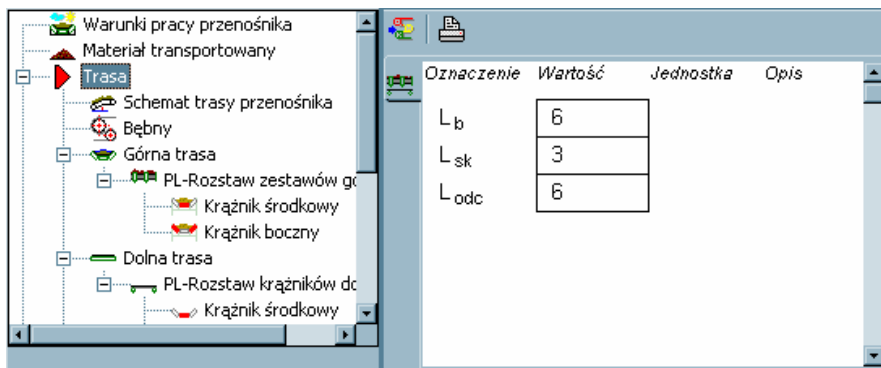
Wprowadzenie modułu rozszerzonego nie ograniczyło funkcjonalności i prostoty programu QNK. Dane pomiędzy modułem podstawowym (Rozdz.2) a rozszerzonym są spójne i automatycznie aktualizowane.

Wybór poszczególnych gałęzi modelu strukturalnego przenośnika umożliwia edycję danych związanych z poszczególnymi podzespołami przenośnika.





Rys. 53 Główne okno modułu rozszerzonego programu QNK



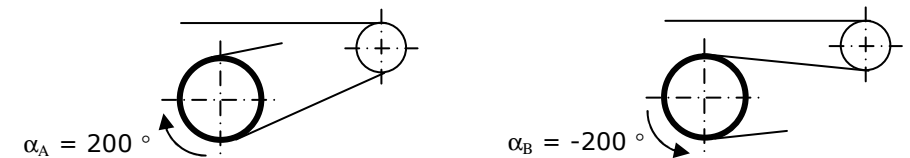
Rys. 54 Trasa przenośnika - określenie liczby bębnow, skrobaków i odcinków trasy

Przegląd profilu i planu trasy odbywa się przy pomocy myszki komputerowej. Przesuwanie wymaga naciśnięcia i przytrzymania lewego przycisku myszki, powiększanie zastosowania kombinacji klawisza [Ctrl] i lewego przycisku myszki, a pomniejszanie [Ctrl]+prawy przycisk myszki.

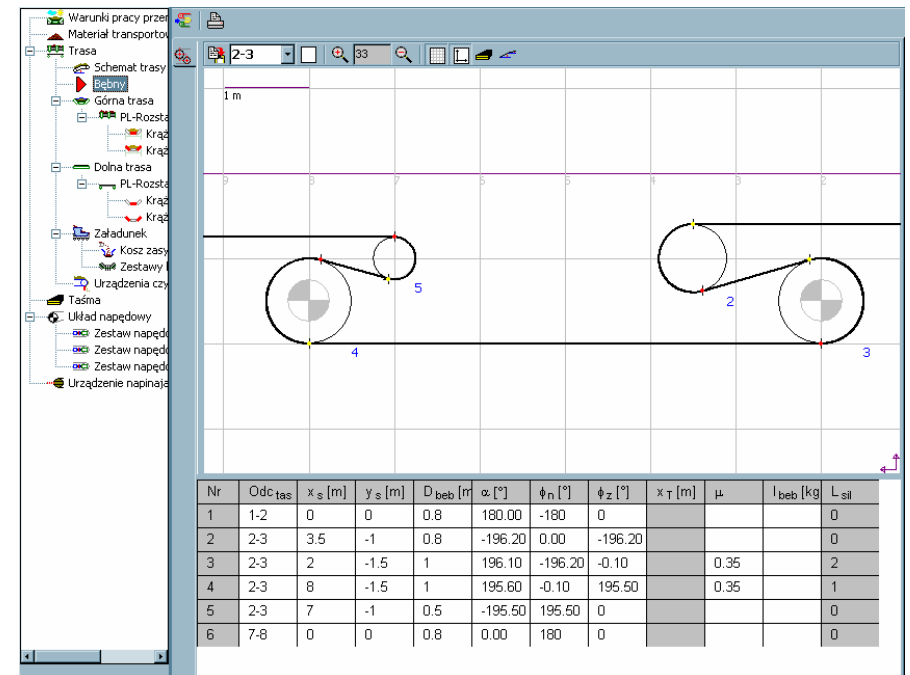
Moduł zapisu konfiguracji przenośnika BCCWS, zastosowany w module rozszerzonym programu QNK wymaga wprowadzenia współrzędnych osi bębnow ( $x, y$ ) w lokalnych układach współrzędnych (dla każdego odcinka) i

ich średnic. Dla każdego odcinka program automatycznie wyznacza kąty opasania i koryguje kąty zbiegania i nabiegania taśmy.

Istotnym elementem zapisu konfiguracji przenośnika BCCWS jest wprowadzenie również ujemnych wartości kąta opasania bębnow. Znak kąta związany jest ze zwrotem prędkości obrotowej bębna. Wartość dodatnia oznacza obroty zgodnie z ruchem wskazówek zegara (w prawo), natomiast ujemna - przeciwnie (w lewo).

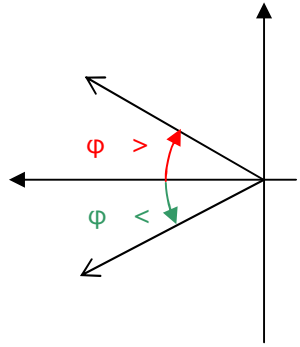


Rys. 55 Kąt opasania bębnow w systemie BCCWS

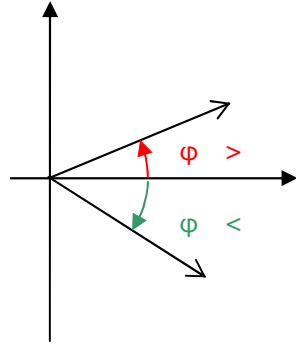


Rys. 56 Zakładka „Bębny” - przebieg taśmy na trasie przenośnika

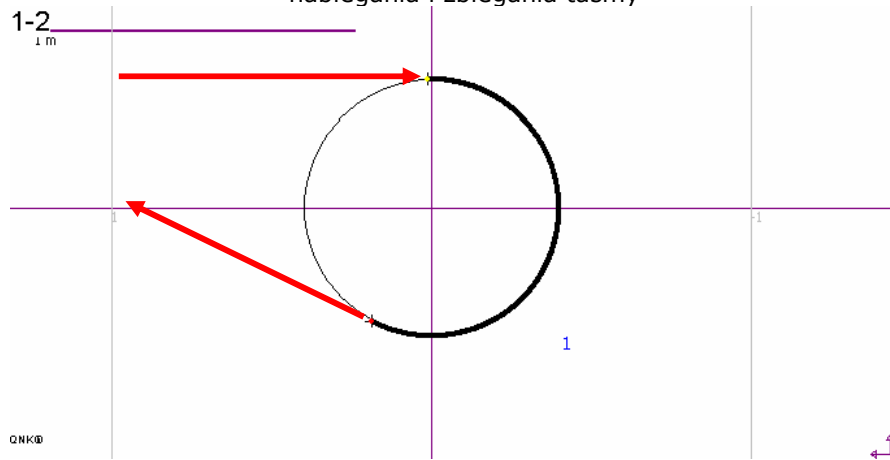
a) dla taśmy dolnej



b) dla taśmy górnej

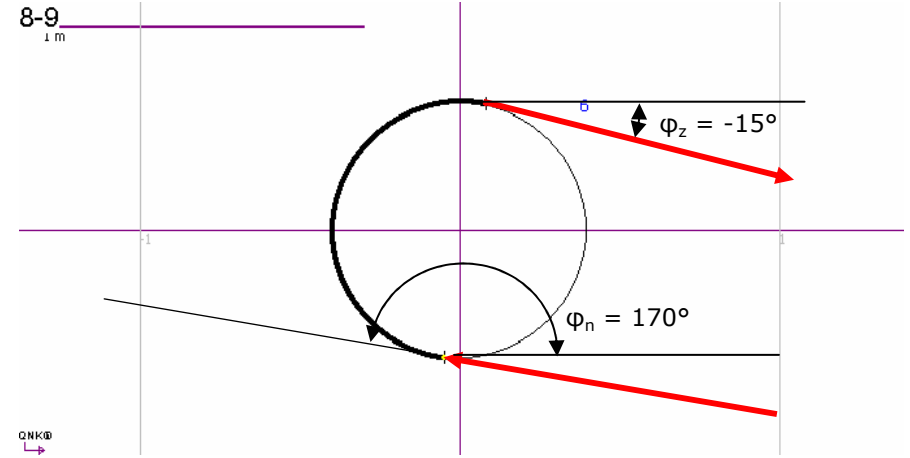


Rys. 57 Lokalne układy współrzędnych z zaznaczonymi zwrotami kąta nabiegania i zbiegania taśmy



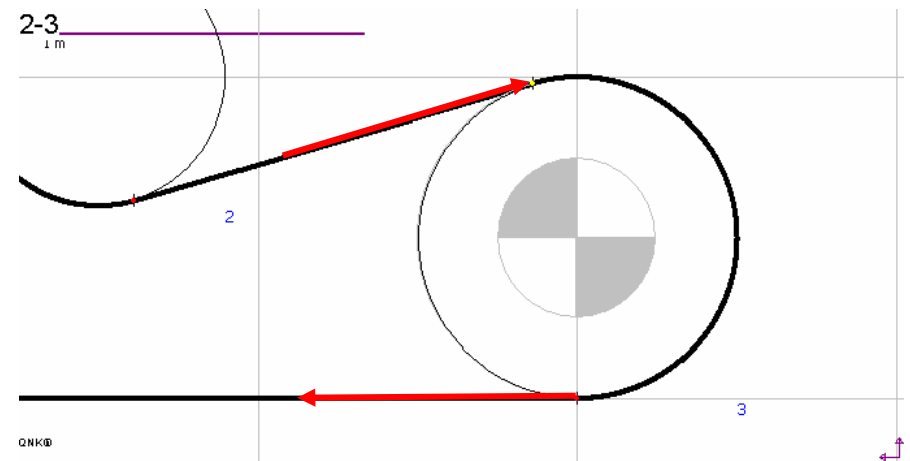
Rys. 58 Bęben czołowy

Kąt nabiegania  $\varphi_n = -180^\circ$   
Kąt zbiegania  $\varphi_z = 30^\circ$



Rys. 59 Bęben zwrotny

Kąt nabiegania  $\varphi_n = 170^\circ$   
Kąt zbiegania  $\varphi_z = -15^\circ$



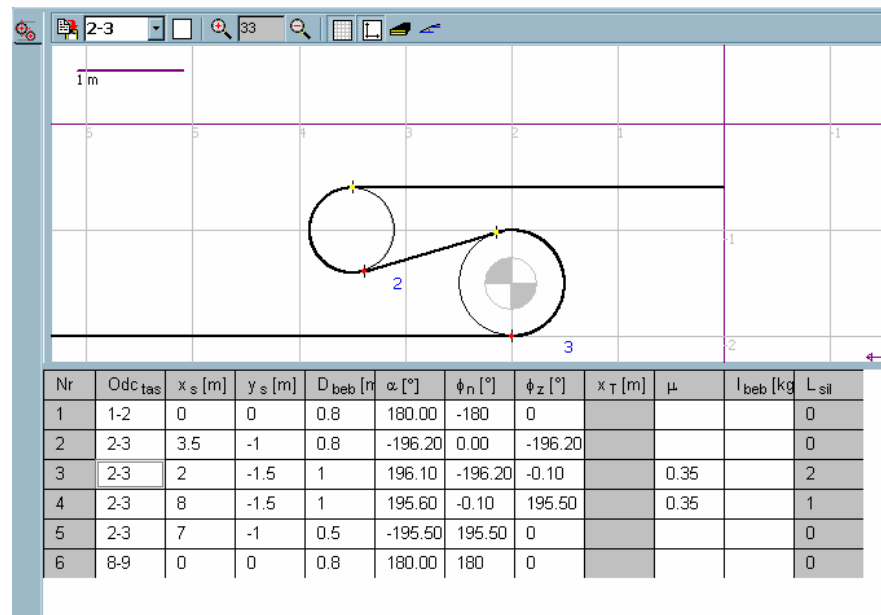
Rys. 60 Bęben napędowy

Wyznaczony kąt nabiegania  $\varphi_n = 196^\circ$   
Kąt zbiegania  $\varphi_z = 0^\circ$

Wprowadzenie zapisu konfiguracji przenośnika w systemie BCCWS znacznie ułatwia lokalizację układów napędowych i napinających taśmę. Po podaniu numeru bębna, system automatycznie odczytuje jego parametry.

Oznaczenie	Wartość	Jednostka	Opis
Nr <sub>o</sub>	2-3		Nr
Nr <sub>b</sub>	3		Bęben
D <sub>b</sub>	1000	mm	Średnica bębna
α	196.10	°	Kąt opasania bębnow napędowych taśmą
μ	0.35		Współczynnik tarcia między taśmą a bębniem napędowym
N <sub>s</sub>	132	kW	Moc pojedynczego silnika
n <sub>n</sub>		obr/min	Nominalna prędkość obrotowa
K <sub>r</sub>			Współczynnik przeciążalności napędu
K <sub>h</sub>			Stosunek momentu hamowania do nominalnego momentu napędu
s <sub>h</sub>			Poślizg sprzęgła hydrokinetycznego
i <sub>p</sub>			Przełożenie przekładni

Rys. 61 Zakładka „Zestaw napędowy” - bęben napędowy nr 3

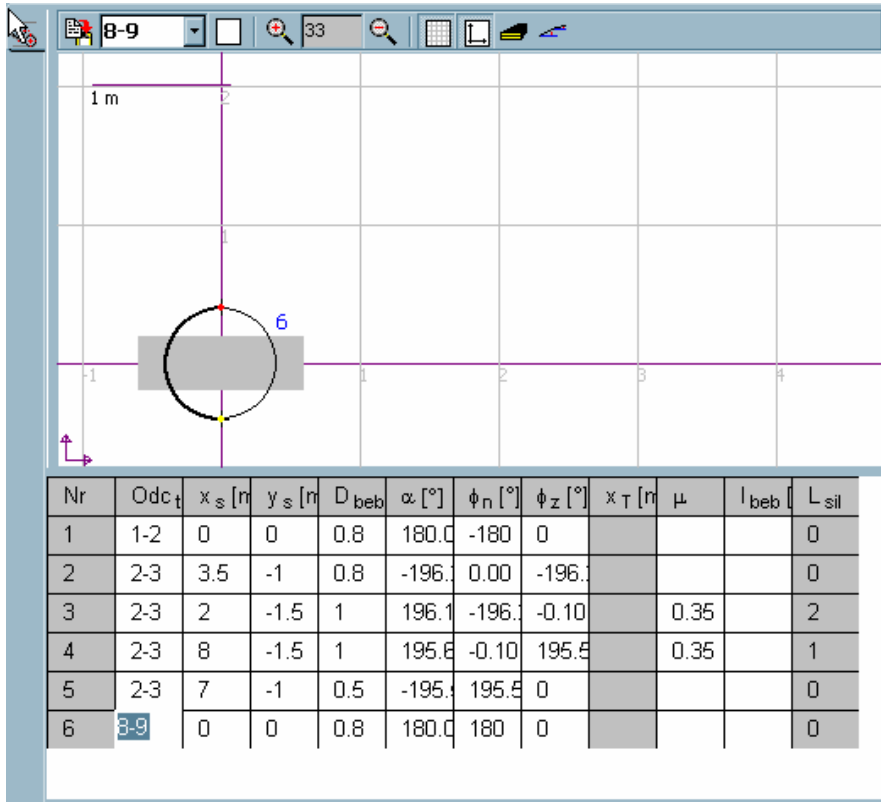


Rys. 62 Wybór bębna napędowego nr 3

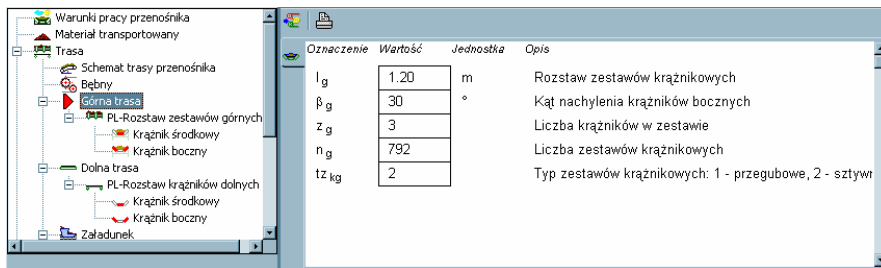
Oznaczenie	Wartość	Jednostka	Opis
Nr <sub>pkt</sub>	5		Nr punktu
	7		Nr bębna
α	176	°	Kąt opasania bębnow taśmą
S <sub>n</sub>	84000	N	Siła napinająca
n <sub>o</sub>	1		Liczba obciążników
m <sub>o</sub>	17125	kg	Masa pojedynczego obciążnika
i <sub>o</sub>	1		Liczba krążków na pojedynczym obciążniku
i <sub>w</sub>	1		Liczba krążków na wózku napinającym

Rys. 63 Wybór bębna napinającego

Po wprowadzeniu nr bębna napinającego system automatycznie odczytuje siłę napinania z modułu podstawowego **QNK**.

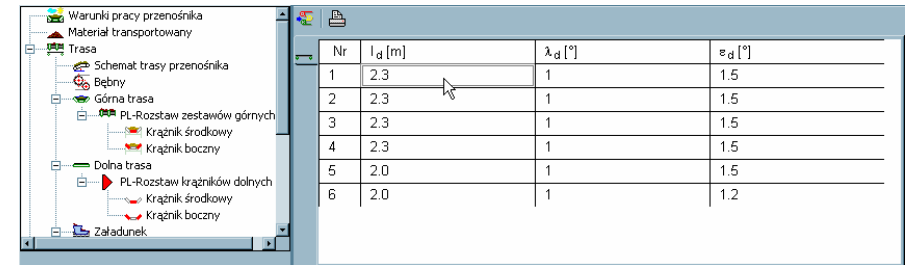


Rys. 64 Bęben napinający nr 6 - zakładka „Bębny”



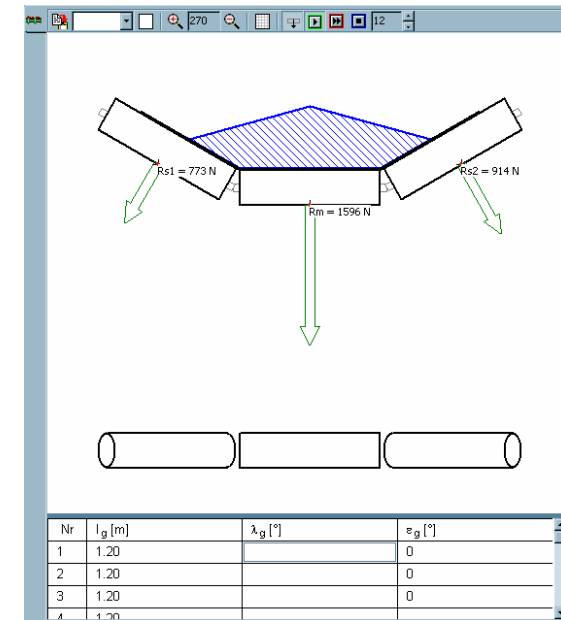
Rys. 65 Zakładka zestawy krażnikowe górne

Dla każdego odcinka trasy przenośnika istnieje możliwość wprowadzenia różnych odległości pomiędzy zestawami krażnikowymi, kątów przechyłki trasy oraz kątów zukosowania zestawów (Rys. 66).

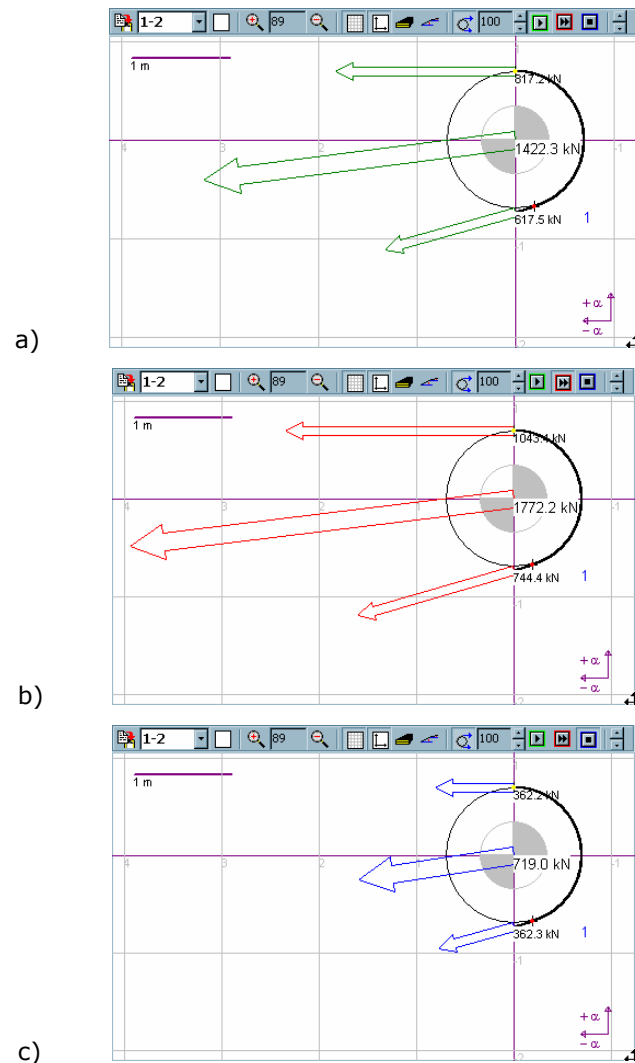


Rys. 66 Zakładka do korekcji rozstawu zestawów krażnikowych oraz kątów ich ustawienia

Możliwa jest także ocena stanu obciążenia bębnow przonośnika podczas pracy ustalonej, rozruchu i hamowania przonośnika.

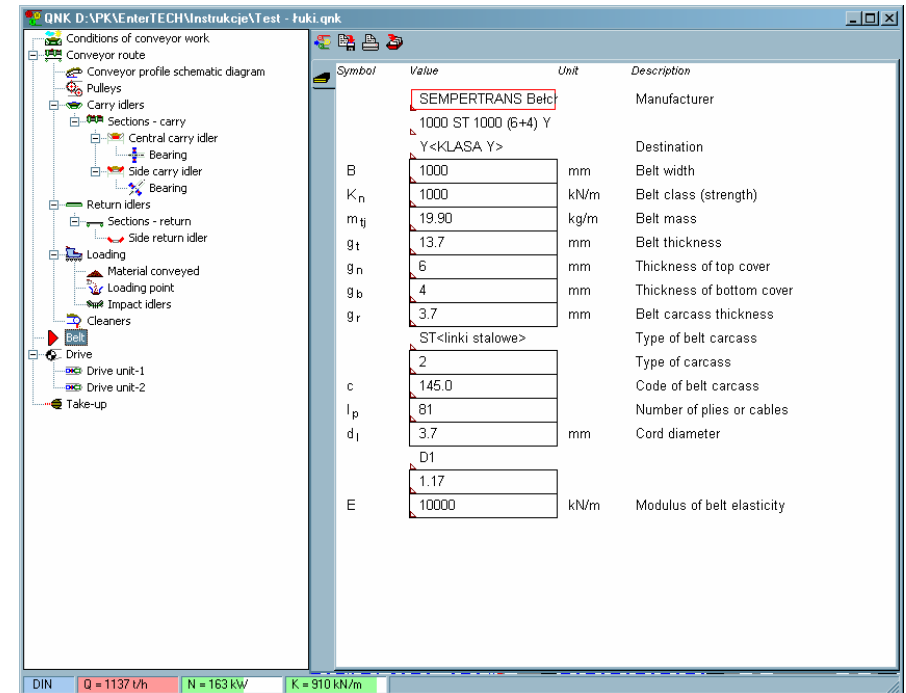


Rys. 67 Program QNK – stan obciążenia zestawów krażnikowych górnych podczas pracy ustalonej



Rys. 68 Program **QNK** - stan obciążenia bębna napędowego podczas  
 a) pracy ustalonej,  
 b) rozruchu  
 c) hamowania przenośnika

Moduł rozszerzony **QNK** umożliwia prezentację danych w jednym z wybranych języków (Rys. 69).



Rys. 69 Zakładka „Taśma” w angielskiej wersji językowej

## 4 Moduł TasmTest

### 4.1 Informacje ogólne

W Instytucie Górnictwa Politechniki Wrocławskiej od lat prowadzone były prace badawcze w zakresie doskonalenia oryginalnej metody obliczeń oporów ruchu przenośników taśmowych, opartej na identyfikacji składowych oporów jednostkowych przenośnika na podstawie analizy zjawisk fizycznych towarzyszących przemieszczaniu się taśmy przenośnikowej wraz z urobkiem na trasie przenośnika. W wyniku prac powstał autorski algorytm obliczania oporów ruchu i program *Tasmtest*. Program w rozmaitych odmianach służył jako narzędzie analityczne w pracach badawczych i ekspertyzach wykonywanych przez Instytut Górnictwa PWR; zaś jego podstawowa wersja (umożliwiająca wykonanie obliczeń oporów ruchu, mocy napędu oraz analizę rozkładu sił w taśmie i obciążeń krążników) udostępniono innym użytkownikom.

Rdzeń programu *Tasmtest* – zmodernizowany moduł obliczania oporów ruchu został obecnie włączony do środowiska projektowego programu QNK jako specjalna opcja - *TT*. Skrócony opis metody obliczeń składowych głównych oporów ruchu zawiera osobny dokument dołączony do programu.

Idcinek	Opór	Komunikaty
Czoko	0	
2-3	212	Wzd=6.37 N [Wk=3.62N, We=2.36N, Wr=0.00 N, Wf=0.00N, Ws=0.39N, Rs1=227.59N, Rs2=279.58 N, Rm=94.41N
3-4	891	Wn=0.00 N [Wzn=0.00N, Wwn=0.00N] <385>; Wzd=26.74 N [Wk=3.62N, We=10.94N, Wr=0.17 N, Wf=10.89N, Ws=
4-5	816	Wzd=24.47 N [Wk=3.62N, We=9.32N, Wr=0.16 N, Wf=10.39N, Ws=0.98N, Rs1=183.86N, Rs2=900.31 N, Rm=133!
5-6	857	Wzd=25.72 N [Wk=3.62N, We=10.94N, Wr=0.16 N, Wf=9.93N, Ws=1.08N, Rs1=260.36N, Rs2=992.70 N, Rm=146!
6-7	789	Wzd=23.68 N [Wk=3.62N, We=9.45N, Wr=0.14 N, Wf=9.51N, Ws=0.96N, Rs1=190.62N, Rs2=908.35 N, Rm=1346.
7-8	829	Wzd=24.86 N [Wk=3.62N, We=10.93N, Wr=0.14 N, Wf=9.12N, Ws=1.04N, Rs1=260.36N, Rs2=992.70 N, Rm=146!
8-9	1188	Wzd=35.63 N [Wk=3.62N, We=21.38N, Wr=0.17 N, Wf=8.77N, Ws=1.69N, Rs1=689.64N, Rs2=1512.58 N, Rm=21!

Rys. 70 Program QNK - moduł TasmTest

W module *TT* obliczane są opory główne zestawów krążnikowych górnych (nieckowych, trójkrażnikowych) i dolnych (opcjonalnie: płaskich lub nieckowych dwu- albo trójkrażnikowych) oraz wybrane opory skupione: bębnow (napędowych i nienapędowych), punktów nadawy urobku i urządzeń czyszczących (skrobaków).

Dla każdego obiektu obliczenia są wykonywane na podstawie:

- parametrów technicznych danego obiektu (wprowadzanych lub przyjmowanych domyślnie z wbudowanych katalogów)
- parametrów technicznych taśmy przenośnikowej - medium przenoszącego siły na przenośniku (większość potrzebnych, specjalistycznych wielkości może być obliczona na podstawie podstawowych danych)
- konfiguracji przenośnika (profil trasy, układ bębnow, lokalizacja punktów nadawy urobku)
- wstępnie obliczonych sił w taśmie metodą podstawową
- danych eksploatacyjnych (struga urobku, ogólna charakterystyka warunków eksploatacyjnych).

Opory ruchu każdego obiektu są wyświetlane wraz ze składowymi i komentarzem informującym o przebiegu obliczeń i zastosowanych procedurach edycji danych wejściowych.

Opory ruchu obliczone explicite w module *TT* zastępują odpowiednie opory wyliczone metodą podstawową. Użycie tego modułu służy zwiększeniu dokładności obliczeń.

Równocześnie w programie *QNK-TT* jest obliczany zastępczy współczynnik tarcia - współczynnik oporów głównych. Może on być później stosowany w obliczeniach według normy DIN 22 101 w innych obliczeniach przenośnika danego typu w podobnych warunkach eksploatacyjnych.

### 4.2 Kontrola danych

Moduł *TT* potrzebuje wielu danych do uzyskania poprawnych wyników obliczeń. Jest on skojarzony z nowym, strukturalnym modelem przenośnika opisanym w poprzednim rozdziale. Mając na uwadze ewentualne braki lub błędy niektórych danych wejściowych zastosowano procedury kompletacji danych. Przebiega ona w dwóch etapach:

- podstawowa kontrola zakresu wartości parametru (por.tab.10-14); jeżeli chociaż jeden z parametrów w danym obiekcie był modyfikowany w oknie komunikatów pojawi się ostrzeżenie: „skorygowano podane parametry”

- specjalna kontrola najważniejszych parametrów (tzw. parametry podlegające dalszej edycji w tab.10-14); jeżeli dany parametr był modyfikowany pojawi się indywidualne ostrzeżenie np. „obliczono masę jedn.taśmy”

W ogromnej większości wypadków po modyfikacji danych wykonane są obliczenia. W szczególnych wypadkach, gdy błąd w danych jest poważny (nienaprawialny) w oknie komunikatów pojawi się ostrzeżenie o tzw. błędzie fatalnym a wyniki są wyzerowane. W każdym wypadku zaleca się skontrolowanie listy komunikatów celem ewentualnego uzupełnienia danych lub wprowadzenia zmian projektowych.

W tabelach poniżej zestawiono listę wprowadzanych i kontrolowanych parametrów do obliczeń składowych oporów głównych.

Tabela 10 Zestawienie kontrolowanych wartości granicznych parametrów dla obiektu: zestaw krążników górnych

parametr	jednostka	wartość minimalna	wartość maksymalna	parametr podlega dalszej edycji	wartość obliczona lub domyślna
trasa dla szerokości taśmy	[m]	0.5	2.8	nie	
typ zestawów krążnikowych	[ ]	1	2	nie	1-przegub., 2-sztynne
liczba krążników w zestawie	[szt.]	3	3	nie	
typ krążnika	[ ]	1	2	nie	1-z pierścien. 2-bez pierścieni
kąt niecki	[deg]	20	45	nie	
rozstaw zestawów	[m]	0.6	2.7	nie	
szerokość taśmy	[m]	0.5	2.8	nie	
typ taśmy	[ ]	1	2	nie	1-Tk,2-St
wytrzymałość taśmy	[MN/m]	0.5*	7.4*	nie	
grubość okładki bieżnej	[m]	0	0.016	tak	zależy od innych danych
grubość okładki nośnej	[m]	0	0.016	tak	zależy od innych danych
liczba przekładek taśmy TK	[szt.]	1	6	nie	
średnica linki w taśmie St	[m]	0	0.009	tak	zależy od wytrz.taśmy

grubość rdzenia taśmy	[m]	0	0.040	tak	zależy od innych danych
masa jednostkowa taśmy	[kg/m <sup>2</sup> ]	0	60	tak	zależy od innych danych
gęstość urobku	[kg/m <sup>3</sup> ]	500	3000	nie	
kąt tarcia wewn. urobku	[rad]	0.35	0.87	nie	
Kąt usypu urobku	[deg]	0	20	nie	15
kąt nachylenia trasy	[rad]	-0.24	0.35	nie	
prędkość taśmy	[m/s]	0.5	9.1	nie	
temp. otoczenia	[deg C]	-40	30	nie	
zbieganie boczne taśmy	[ ]	0	4	nie	1-brak, 2-małe, 3 (lub 0)-średnie, 4-duże
warunki eksploatacji taśmy	[ ]	0	4	nie	1-wzorowe, 2-dobre, 3 (lub 0)-przeciętne, 4-ciężkie
promień krzywizny w poziomie**	[m]	-5000	5000	nie	0-brak krzywizny
promień krzywizny w pionie***	[m]	-5000	5000	nie	0-brak krzywizny
boczne nachylenie zestawów	[deg]	-15	15	tak	0-brak nachylenia
zukosowanie zestawów	[deg]	-10	10	tak	0-brak zukosowania
średnica krążnika bocznego	[m]	0	0.3	tak	zależy od szerokości taśmy
masa obracających się części krążnika bocznego	[kg]	0	60	tak	j.w.
masa krążnika bocznego	[kg]	0	60	tak	j.w.
długość osi krążnika bocznego	[m]	0	1.5	tak	j.w.
średnica krążnika środkowego	[m]	0	0.3	tak	j.w.
masa obracających się części krążnika środkowego	[kg]	0	60	tak	j.w.
masa krążnika	[kg]	0	60	tak	j.w.

średkowego					
długość osi krążnika średkowego	[m]	0	1.5	tak	j.w.
wsp.oporu obr. krążnika $a_1$	[N]	0	8.0	tak****	zależy od innych danych
wsp.oporu obr. krążnika $b_1$	[N*s/m]	0	1.0	tak****	j.w.
opór krążnika (w temp.18st.C)	[N]	0	30	tak****	j.w.
współczynnik wypełnienia przekroju strugi urobku	[bezw.]	0	1.2	tak	
wydajność objętościowa	[m <sup>3</sup> /h]	0	*****	nie	zależy od innych danych
wydajność masowa	[t/h]	0	*****	nie	zależy od innych danych

\* - dla taśm TK wartości o połowę mniejsze

\*\* - promień dodatni oznacza skręt w prawo

\*\*\* - promień dodatni oznacza skręt w dół

\*\*\*\* - opór krążnika obliczany według podanej wartości oporu lub współczynników  $a_1$  i  $b_1$  lub wartości domyślnych

\*\*\*\*\* - wartości maksymalne obliczane na podstawie innych danych

Tabela 11 Zestawienie kontrolowanych wartości granicznych parametrów dla obiektu: zestaw krążników dolnych

parametr	jednostka	wartość minimalna	wartość maksymalna	parametr podlega dalszej edycji	wartość obliczona lub domyślna
trasa dla szerokości taśmy	[m]	0.5	2.8	nie	
typ zestawów krążnikowych	[ ]	1	2	nie	1-przegub., 2-szytwe
liczba krążników w zestawie	[szt.]	1	3	nie	
typ krążnika	[ ]	1	2	nie	1-z pierścien. 2-bez pierścieni
kąt niecki	[deg]	0	45	nie	
rozstaw zestawów	[m]	1.0	8.0	nie	

szerokość taśmy	[m]	0.5	2.8	nie	
typ taśmy	[ ]	1	2	nie	1-Tk,2-St
wytrzymałość taśmy	[MN/m]	0.5*	7.4*	nie	
grubość okładki bieżnej	[m]	0	0.016	tak	zależy od innych danych
grubość okładki nośnej	[m]	0	0.016	tak	zależy od innych danych
liczba przekładek taśmy TK	[szt.]	1	6	nie	
średnica linki w taśmie St	[m]	0	0.009	tak	zależy od wytrz.taśmy
grubość rdzenia taśmy	[m]	0	0.040	tak	zależy od innych danych
masa jednostkowa taśmy	[kg/m <sup>2</sup> ]	0	60	tak	zależy od innych danych
kąt nachylenia trasy	[rad]	-0.24	0.35	nie	
prędkość taśmy	[m/s]	0.5	9.1	nie	
temp. otoczenia	[deg C]	-40	30	nie	
zbieganie boczne taśmy	[ ]	0	4	nie	1-brak, 2-małe, 3 (lub 0)-średnie, 4-duże
warunki eksploatacji taśmy	[ ]	0	4	nie	1-wzorowe, 2-dobre, 3 (lub 0)-przeciętne, 4-ciężkie
promień krzywizny w poziomie**	[m]	-5000	5000	nie	0-brak krzywizny
promień krzywizny w pionie***	[m]	-5000	5000	nie	0-brak krzywizny
boczne nachylenie zestawów	[deg]	-15	15	tak	0-brak nachylenia
zukosowanie zestawów	[deg]	-10	10	tak	0-brak zukosowania
średnica krążnika	[m]	0	0.3	tak	zależy od szerokości taśmy
masa obracających się części krążnika	[kg]	0	60	tak	j.w.
masa krążnika	[kg]	0	60	tak	j.w.



długość osi krążnika	[m]	0	1.5	tak	j.w.
wsp.oporu obr. krążnika $a_1$	[N]	0	8.0	tak****	zależy od innych danych
wsp.oporu obr. krążnika $b_1$	[N*s/m]	0	1.0	tak****	j.w.
opór krążnika (w temp.18st.C)	[N]	0	30	tak****	j.w.

\* - dla taśm TK wartości o połowę mniejsze

\*\* - promień dodatni oznacza skręt w prawo

\*\*\* - promień dodatni oznacza skręt w dół

\*\*\*\* - opór krążnika obliczany według podanej wartości oporu lub współczynników  $a_1$  i  $b_1$  lub wartości domyślnych

Dla zestawów górnych i dolnych określono następujące komunikaty indywidualne, nie przerywające obliczeń (kursywą wydrukowano sugerowany tryb postępowania):

- przyjęto mniejszy kat naturalnego usypu - *należy sprawdzić dane urobku*
- obliczono grubość rdzenia taśmy - *należy sprawdzić dane taśmy*
- obliczono masę jedn.taśmy - *j.w.*
- brak równowagi w taśmie na łuku trasy - *należy zmodyfikować geometrię trasy (potrzebna zmiana krzywizny i/lub bocznego nachylenia krążników)*
- zbieganie taśmy/strugi urobku mniejsze niż zakładane - *dla dużych wypełnień przekroju poprzecznego nie jest możliwe większe zbieganie taśmy, zatem nastąpiła korekta tego parametru*
- przyjęto domyślne wartości danych krążników - *brak niektórych danych krążników - zostały uzupełnione z wbudowanej tablicy wartości typowych, należy sprawdzić dane katalogowe*

Dla zestawów górnych i dolnych określono również następujące komunikaty o błędach fatalnych, przerywających obliczenia:

- odwrotne nachylenie boczne zestawu - *konieczna edycja konfiguracji trasy*
- potrzebna niecka na łuku poziomym {dotyczy ciągną dolnego} - *w przenośnikach z łukami poziomymi nie stosuje się pojedynczych krążników w ciągnie dolnym*

W poniższych tabelach zestawiono listę wprowadzanych i kontrolowanych parametrów do obliczeń składowych oporów skupionych.

Tabela 12 Zestawienie kontrolowanych wartości granicznych parametrów dla obiektu: bębna

parametr	jednostka	wartość minimalna	wartość maksymalna	parametr podlega dalszej edycji	wartość obliczona lub domyślna
średnica bębna	[m]	0.2	2.0	nie	
kąt opasania	[rad]	$\pi/18$	$1.33\pi$	nie	
liczba silników	[szt.]	0	2	nie	
szerokość taśmy	[m]	0.5	2.8	nie	
typ taśmy	[ ]	1	2	nie	1-Tk,2-St
wytrzymałość taśmy	[MN/m]	0.5*	7.4*	nie	
grubość okładki bieżnej	[m]	0.001	0.016	nie	
grubość okładki nośnej	[m]	0.001	0.016	nie	
liczba przekładek taśmy TK	[szt.]	1	6	nie	
średnica linki w taśmie St	[m]	0	0.009	tak	zależy od wytrz. taśmy
średnica czopa bębna	[m]	0	0.403	tak	zależy od innych danych
grubość taśmy	[m]	0	0.070	tak	zależy od innych danych

\* - dla taśm TK wartości o połowę mniejsze

\*\* - faktycznie wyznaczana na podstawie wcześniejszych obliczeń sił w taśmie

Dla obliczeń oporów bębna określono następujące komunikaty indywidualne, nie przerywające obliczeń (kursywą wydrukowano sugerowany tryb postępowania):

- średnicę czopa wału bębna obliczono - *przyjąć wartość obliczoną*
- grubość rdzenia taśmy obliczono - *należy sprawdzić dane taśmy*
- $wsp.c_1$  oporu bębna wyznaczono - *informacyjne*
- $wsk.K_1$  oporu bębna wyznaczono - *informacyjne*

Nie określono błędów fatalnych dla bębna.

Tabela 13 Zestawienie kontrolowanych wartości granicznych parametrów dla obiektu: punkt nadawy urobku

parametr	jednostka	wartość minimalna	wartość maksymalna	parametr podlega dalszej edycji	wartość obliczona lub domyślna
szerokość ograniczeń bocznych	[m]	0	0	tak	zależy od szer. taśmy
prędkość początkowa strugi w punkcie nadawy	[m/s]	0	9.1	nie	
szerokość taśmy	[m]	0.5	2.8	nie	
gęstość urobku	[kg/m <sup>3</sup> ]	500	3000	nie	
kąt tarcia wewnętrznego	[rad]	0.35	0.87	nie	
współczynnik tarcia urobek-taśma	[bezw.]	0	0.7	tak	zależy od innych danych
kąt nachylenia trasy	[rad]	-0.24	0.35	nie	
prędkość taśmy	[m/s]	0.5	9.1	nie	
współczynnik tarcia urobku o ograniczenia boczne	[bezw.]	0.5	0.9	tak	zależy od innych danych
długość ograniczeń bocznych	[m]	0	20	tak	zależy od innych danych

Dla obliczeń oporów punktu nadawy urobku określono następujące komunikaty indywidualne, nie przerywające obliczeń (kursywą wydrukowano sugerowany tryb postępowania):

- obliczono wsp. tarcia urobek-taśma - *należy sprawdzić dane urobku*
- obliczono szerokość ogr. bocznych - *zweryfikować dane projektowe*
- skorygowano wsp. tarcia urobku o ogr. boczne - *sprawdzić dane urobku*
- skorygowano długość ogr. bocznych - *zweryfikować dane projektowe*

Nie określono błędów fatalnych dla punktu nadawy urobku.

Tabela 14 Zestawienie kontrolowanych wartości granicznych parametrów dla obiektu: skrobak

parametr	jednostka	wartość minimalna	wartość maksymalna	parametr podlega dalszej edycji	wartość obliczona lub domyślna
ilość listew skrobaka	[szt.]	0	5	tak	1
docisk skrobaka	[N]	0	3000	tak	500
współczynnik tarcia skrobak-taśma	[bezw.]	0	0.9	tak	0.6

Dla obliczeń oporów skrobaka określono następujące komunikaty indywidualne, nie przerywające obliczeń (kursywą wydrukowano sugerowany tryb postępowania):

- przyjęto standardowy nacisk skrobaka - *zweryfikować dane projektowe*
- przyjęto jeden skrobak - *zweryfikować dane projektowe*
- przyjęto standardowy wsp. tarcia skrobaka - *zweryfikować dane projektowe*

Nie określono błędów fatalnych dla skrobaka.

W obliczeniach wykorzystywane są również inne dane, nie edytowane w aktualnej wersji programu przez użytkownika:

- aktualna siła w taśmie [N] - uzyskiwana z poprzednich obliczeń oporów ruchu (np. według normy DIN)
- wydajność - uzyskiwana z *QNK*
- rodzaj zależności współczynnika sztywności taśmy - obliczany w *TT*
- rodzaj zależności współczynnika tłumienia taśmy - *j.w.*
- sztywność płytowa taśmy [Nm] - *j.w.*
- pomocnicze współczynniki do obliczenia sztywności płytowej taśmy tkaninowej - *j.w.*
- pomocnicze współczynniki do obliczenia współczynnika tłumienia taśmy przy zginaniu taśmy tkaninowej - *j.w.*
- liniowy moduł sprężystości taśmy [MN/m] - *j.w.*
- moduł sprężystości okładki bieżnej [MN/m<sup>2</sup>] - *j.w.*
- moduł sprężystości rdzenia taśmy [MN/m<sup>2</sup>] - *j.w.*

### 4.3 Wyniki obliczeń

Wyniki obliczeń oporów głównych i skupionych metodą oporów jednostkowych są wyświetlane w kontekstowym oknie w centralnej części ekranu.

Opory główne (w N) są obliczane zbiorczo dla każdego odcinka trasy przenośnika oraz wraz ze składowymi dla pojedynczego zestawu krążnikowego:

- $Wzg, Wzd$  – łączny opór na zestawie (górnym, dolnym)
- $Wk$  - opór obracania krążników na zestawie ,
- $We$  - opór toczenia taśmy po krążnikach na zestawie
- $Wr$  - opór przeginania taśmy na krążnikach na zestawie
- $Wf$  - opór falowania urobku na zestawie górnym
- $Ws$  - opór ślizgania taśmy na zestawie

Obliczana jest również (informacyjnie) lokalna wartość zastępczego współczynnika tarcia –  $f_0$ .

Wyznaczane są także wartości reakcji na krążnikach; w zależności od liczby krążników w zestawie na danym odcinku trasy są to 3, 2 lub 1 reakcja ( $Rs1, Rs2$  – krążniki boczne,  $Rm$  – krążnik środkowy).

Opory skupione (w N) są obliczane zbiorczo dla każdego odcinka trasy przenośnika oraz wraz ze składowymi dla pojedynczego obiektu.

Opory bębna:

- $Wbi$  – całkowity opór na i-tym bębnie
- $Wtn$  - opór tarcia w łożyskach bębna
- $Wbn$  - opór przeginania taśmy na bębnie
- Opory punktu nadawy (załadunku na odcinku przenośnika)
- $Wn$  - całkowity opór załadunku
- $Wzn$  - opór przyspieszania urobku
- $Won$  - opór tarcia o ograniczenia boczne

W oknie komunikatów wydrukowane są wartości pomocniczych parametrów:

- $Qm1$  – wielkość strugi urobku przed punktem załadunku [t/h]
- $Qm2$  – wielkość strugi urobku za punktem załadunku [t/h]

Przyjęty (skorygowany) współczynnik tarcia o ograniczenia boczne

Przyjęta (skorygowana) długość ograniczeń bocznych, [m]

Opory skrobaka:

- $Wsk$  - całkowity opór skrobaka

Wydruk składowych oporów ruchu dla każdego obiektu jest zakończony niemianowaną liczbą całkowitą w nawiasach – zbiorczym kodem komunikatów o błędach (wyświetlanych w oknie komunikatów).

Po wybraniu wszystkich obiektów, w pierwszej kolumnie wyników wyświetlana jest zsumowana wartość oporów ruchu (głównych i skupionych) na wszystkich odcinkach. Poprzez selektywne włączanie/wyłączanie poszczególnych obiektów można analizować ich udział w oporach sumarycznych. Do dalszych obliczeń przenośnika należy włączyć wszystkie objekty.

## 5 Literatura

- [1] ALLES R.: *Fördergurte Berechnungen*. Continental Gummi-Werke Aktiengesellschaft. Hannover 1985.
- [2] ANTONIAK J.: *Urządzenia i systemy transportu podziemnego w kopalniach*. Wyd. „Śląsk”. Katowice 1990.
- [3] ANTONIAK J., LUTYŃSKI A., DYDUCH J., AUGUSTOWSKI W.: *Poradnik użytkownika doboru taśm transporterowych i innych wyrobów gumowych produkcji FTT Stomil Wolbrom S.A.* Wolbrom-Gliwice wrzesień 1995.
- [4] BREIDENBACH H. : Foerdergurt - Technik, Projektierung und Berechnung, BTR DUNLOP BELTING GROUP
- [5] DECOWSKI A.: *Poradnik eksploatacji taśm przenośnikowych*. Zakłady Gumowe Górnictwa S.A. Bytom.
- [6] GŁADYSIEWICZ L., *Przenośniki taśmowe Teoria i obliczenia*, Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2003
- [7] MURZYŃSKI Z.: *Wytyczne doboru taśm*, Bełchatowskie Zakłady Przemysłu Gumowego Stomil Bełchatów S.A.
- [8] ŻUR T., HARDYGÓRA M.: *Przenośniki taśmowe w górnictwie*. Wyd. „Śląsk”. Katowice 1996.

EnterTECH

Dr inż. Piotr Kulinowski

piotr.kulinowski@entertech.com.pl

TasmTest

Dr inż Witold Kawalec

witold.kawalec@pwr.wroc.pl

QNK@EnterTECH.com.pl

<http://www.EnterTECH.com.pl/QNK>

tel. kom. +48 605 36 90 99, tel./fax +48 12 632 68 02,