

**RM-ZELB**

WERSJA 5.X-

**WYMIAROWANIE PRĘTÓW  
KONSTRUKCJI ŻELBETOWYCH**  
wg PN  
w konwersacji z programem  
**RM-WIN**

---

**INSTRUKCJA UŻYTKOWANIA MODUŁU**

---



**BIURO KOMPUTEROWEGO  
WSPOMAGANIA PROJEKTOWANIA**

OPOLE – MAJ 2016



# S P I S T R E Ś C I

<b>I. WSTĘP</b>	<b>I-1</b>
<b>II. PRZEZNACZENIE MODUŁU RM-ZELB</b>	<b>II-1</b>
<b>III. WYMAGANIA ODNOŚNIE SPRZĘTU ORAZ ŚRODOWISKA PROGRAMOWEGO</b>	<b>III-1</b>
<b>IV. PODSTAWOWE CECHY UŻYTKOWE MODUŁU RM-ZELB</b>	<b>IV-1</b>
<b>V. INSTALACJA MODUŁU W KOMPUTERZE</b>	<b>V-1</b>
<b>VI. MERYTORYCZNY ZAKRES WYMIAROWANIA</b>	<b>VI-1</b>
<b>Ogólna koncepcja działania modułu</b>	<b>VI-1</b>
<b>VII. ZASADY UŻYTKOWANIA</b>	<b>VII-1</b>
<b>Uruchomienie modułu</b>	<b>VII-1</b>
<b>Elementy sterowania okna dialogowego PN-B-03264:2002</b>	<b>VII-2</b>
<b>Konteksty wymiarowania</b>	<b>VII-15</b>
Cechy przekroju	VII-15
Siły przekrojowe	VII-17
Zbrojenie główne	VII-19
Długości wyboczeniowe	VII-32
Uwzględnienie wpływu smukłości	VII-35
Nośność przekrojów prostopadłych	VII-37
Zbrojenie poprzeczne	VII-42
Nośność na ścinanie	VII-46
Zbrojenie rozciągane	VII-49
Zarysowanie	VII-52
Ugięcia	VII-54
Rysunek	VII-57
<b>VIII. TWORZENIE DOKUMENTACJI WYMIAROWANIA</b>	<b>VIII-1</b>
<b>Uwagi ogólne</b>	<b>VIII-1</b>
<b>Tworzenie dokumentu</b>	<b>VIII-1</b>
Bezpośredni sposób tworzenia dokumentu	VIII-1
Pośredni sposób tworzenia dokumentu	VIII-2
<b>IX. UWAGI DOTYCZĄCE WYMIAROWANIA</b>	<b>IX-3</b>
<b>Podstawy algorytmu sprawdzania nośności przekrojów prostopadłych</b>	<b>IX-3</b>
<b>Archiwizacja parametrów wymiarowania</b>	<b>IX-5</b>



## I. WSTĘP

---

Niniejsze instrukcja zawiera informacje na temat użytkowania modułu o skrótowej nazwie **RM-ZELB** (wersja 5.x), opracowanego przez **Biuro Komputerowego Wspomagania Projektowania CADSiS**, a stanowiącego integralną część składową pakietu RM programów komputerowych do analizy statyczno-wytrzymałościowej i wymiarowania płaskich konstrukcji prętowych .

Informacje podane w niniejszej instrukcji dotyczą:

- **przeznaczenia modułu RM-ZELB**
- **wymagań odnośnie sprzętu oraz środowiska programowego**
- **podstawowych cech użytkowych modułu**
- **instalacji modułu w komputerze**
- **merytorycznego zakresu wymiarowania**
- **zasad użytkowania modułu**
- **tworzenia dokumentacji zadania**
- **wskazówek na temat wymiarowania**
- **przykładów**

Niektóre informacje zawarte w niniejszej instrukcji oraz szczegóły odnośnie sterowania modułem są dostępne również poprzez system pomocy dla programu RM-WIN. Sposób korzystanie z tego systemu pomocy jest typowy dla aplikacji systemu Windows.

Przy opracowaniu instrukcji kierowano się założeniem, że użytkownik posiada wystarczającą wiedzę oraz doświadczenie w zakresie obliczeń statycznych i projektowania konstrukcji żelbetowych. Dlatego używane w instrukcji słownictwo, oznaczenia i pojęcia dotyczące tej tematyki nie są bliżej wyjaśniane. W przypadku jakichkolwiek wątpliwości z tym związanych, należy sięgnąć do odpowiedniej literatury fachowej.



## II. PRZEZNACZENIE MODUŁU RM-ZELB

---

Moduł RM-ZELB jest integralną częścią pakietu programów oznaczonych skrótową nazwą RM przeznaczonych do analizy statyczno-wytrzymałościowej oraz wymiarowania płaskich konstrukcji prętowych o dowolnym schemacie statycznym. Integralność modułu RM-ZELB oznacza, że nie może on być używany jako niezależny program komputerowy systemu Windows lecz jedynie jako opcjonalny moduł pakietu RM-WIN.

Moduł RM-ZELB służy do wymiarowania prętów żelbetowych ściśle wg postanowień oraz zaleceń normy **PN-B-03264:2002 - Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie**. Przy czym algorytmem obliczeń nie są objęte konstrukcje sprężone.

Nowy moduł RM-ZELB w wersji 5.x nie eliminuje dotychczasowego modułu w wersji 1.x (opartego na normie PN-84/B-03264), co oznacza, że oba te moduły mogą być używane niezależnie. Pozwala to na dokonywanie porównań wyników wymiarowania w kontekście obu norm, zwłaszcza w sytuacjach wątpliwych lub w przypadku wykonywania ekspertyz konstrukcji żelbetowych zaprojektowanych na bazie normy PN-84/B-03264.





### **III. WYMAGANIA ODNOŚNIE SPRZĘTU ORAZ ŚRODOWISKA PROGRAMOWEGO**

---

Dla prawidłowego funkcjonowania modułu RM-ZELB oraz wykorzystania jego możliwości użytkownik powinien posiadać:

- Komputer typu IBM PC wyposażony w polskojęzyczny system Windows w wersjach od XP do Win10 zarówno 32- jak i 64-bitowy.
- Główny program komputerowy pakietu RM-WIN do analizy statycznej i wytrzymałościowej płaskich konstrukcji prętowych w wersji od 10.x.
- Zaawansowany edytor tekstu dla Windows (najlepiej MS Word PL) zdolny do wklejania plików kodowanych w formacie RTF (ang. Rich Text Format).
- Podstawową wiedzę na temat użytkowania programów w środowisku Windows.



#### IV. PODSTAWOWE CECHY UŻYTKOWE MODUŁU RM-ZELB

Moduł RM-ZELB nie jest samodzielnym programem komputerowym czyli nie może być uruchamiany bezpośrednio z poziomu Eksploratora środowiska Windows. Jest on ładowany do pamięci i uruchamiany przez program główny RM-WIN.

Działanie modułu opiera się na mechanizmie dynamicznej wymiany danych (ang. Dynamic Data Exchange - DDE) z programem głównym RM-WIN. Polega to na tym, że program główny RM-WIN przekazuje wszystkie potrzebne dane do wymiarowania pręta modułowi RM-ZELB oraz konwersacyjnie wykonuje obliczenia statyczne na żądanie modułu, a wynikające z dokonywanych zmian w procesie wymiarowania.

Do podstawowych atutów modułu RM-ZELB należy zaliczyć:

- ⇒ pełną zgodność z wymaganiami i zaleceniami normy **PN-B-03264:2002**,
- ⇒ automatyczne wyznaczanie niektórych wielkości normowych wynikających ze stanu sił przekrojowych w pręcie oraz typu jego przekroju,
- ⇒ automatyczne wyszukiwanie i wskazywanie miejsca (przekroju) w elemencie żelbetowym o najbardziej miarodajnym normowym warunku związanym z bieżącym kontekstem wymiarowania pręta,
- ⇒ wizualne sygnalizowanie przekroczenia warunków nośności pręta,
- ⇒ automatyczne i półautomatyczne wyznaczanie najniekorzystniejszej kombinacji obciążeń ze względu warunki normowe dla poszczególnych stanów granicznych,
- ⇒ prostotę posługiwania się jego opcjami i funkcjami,
- ⇒ graficzną wizualizację danych i wyników obliczeń,
- ⇒ całkowitą swobodę tworzenia dokumentacji graficzno-tekstowej dzięki korzystaniu z gotowych arkuszy, opracowanych w konwencji obliczeń ręcznych, automatycznie przesyłanych do zaawansowanych edytorów tekstu (MS WORD, MS WORKS, AMIPRO 3.1),
- ⇒ automatyczne generowanie skalowanego rysunku wymiarowanego pręta żelbetowego, zawierającego:
  - ✓ widok podłużny pręta
  - ✓ pręty zbrojenia głównego
  - ✓ strzemiona
  - ✓ wskazane przez użytkownika przekroje poprzeczne prętaw postaci standardowego metapliku umieszczanego w schowku z możliwością importowania go do programów przeznaczonych do sporządzania rysunków technicznych np. AUTOCAD.

Dzięki tym cechom moduł RM-ZELB stanowi wyjątkowo sprawne i efektywne narzędzie warsztatu projektanta konstrukcji w zakresie wymiarowania elementów konstrukcji żelbetowych.



## V. INSTALACJA MODUŁU W KOMPUTERZE

---

W skład modułu RM-ZELB wchodzi następujące pliki:

- plik wykonawczy o nazwie **rm-zelb.exe**,
- pliki z rozszerzeniem **rtf** stanowiące arkusze (szablony) dla poszczególnych normowych *kontekstów wymiarowania* pręta.

Standardowo moduł RM-ZELB jest dostarczony na płycie CD wraz z programem głównym RM-WIN oraz programem instalującym. W przypadku rozszerzeń pakietu programów o ten moduł możliwe jest jego udostępnienie przez internet.

Aby zapewnić prawidłowe działanie modułu RM-ZELB należy go zainstalować w tym samym katalogu dyskowym, w którym został zainstalowany program główny RM-WIN. W tym celu należy:

1. Załadować system Windows.
2. Włożyć dysk instalacyjny do napędu CD i poczekać do momentu automatycznego uruchomienia instalatora. Jeśli funkcja autorun systemu Windows jest wyłączona lub nie zostanie wywołana, to należy wówczas uruchomić instalator **cadsis\_instal.exe** bezpośrednio z płyty instalacyjnej.
3. Po pojawieniu się okna dialogowego instalatora, stosować się do jego poleceń oraz ustawień.

Po pomyślnym zakończeniu procesu instalacji, na dysku docelowym zostanie utworzony katalog o nazwie **CADSIS**, a w nim podkatalog o nazwie **RM-WIN**, do którego kopiowany jest plik roboczy modułu **rm-zelb.exe**, a ponadto utworzony zostanie dodatkowy podkatalog o nazwie **ARKUSZE** zawierający pliki **\*.rtf** będące wzorcami źródłowymi dla opcji tworzenia dokumentacji procesu wymiarowania. Jeśli podkatalog **ARKUSZE** został utworzony wcześniej dla potrzeb innych modułów (np RM-STAL), to odpowiednie pliki arkuszy **\*.rtf** modułu RM-ZELB zostaną dołączone do tego podkatalogu.

W razie potrzeby, w każdym momencie można dokonać ponownej instalacji modułu RM-ZELB w sposób opisany wyżej. Ponieważ instalator nie dokonuje żadnych zapisów do rejestrów systemu Windows, ani w plikach inicjujących tego systemu, to - w przypadku konieczności usunięcia modułu RM-ZELB lub całego pakietu RM - wystarczy usunąć plik **rm-zelb.exe** lub wszystkie pliki z katalogu **RM-WIN**.



## VI. MERYTORYCZNY ZAKRES WYMIAROWANIA

### *Ogólna koncepcja działania modułu*

Przedmiotem procesu wymiarowania dokonywanego przy pomocy modułu RM-ZELB jest dowolny pręt konstrukcji (zdefiniowanej w programie głównym RM-WIN) o przekroju jednokształtownikowym, o stałych lub liniowo zmiennych wzdłuż osi pręta wymiarach, któremu został przypisany materiał z grupy "beton". Oznacza to, że przedmiotem wymiarowania nie mogą być pręty o tzw. przekrojach "składanych" z większą liczbą kształtowników składowych niż 1. W takich przypadkach moduł RM-ZELB nie podejmuje żadnej konwersacji z programem głównym RM-WIN.

Podstawą wszelkich obliczeń związanych z wymiarowaniem pręta są:

- charakterystyka przekroju pręta określana w programie głównym,
- schemat i geometria pręta oraz jego uwarunkowanie kinematyczne wynikające z jego powiązania z innymi prętami konstrukcji, określane w programie głównym,
- wyniki obliczeń statycznych dla obliczeniowych i charakterystycznych wartości obciążeń dostarczanych przez program główny dla kombinacji aktywnych (włączonych do obliczeń) grup obciążeń,
- równania i wyrażenia wynikające wprost z postanowień i zaleceń normy PN-B-03264:2002.

Zasada działania modułu RM-ZELB polega na operowaniu tzw. *kontekstami wymiarowania* właściwymi dla konkretnej sytuacji pręta. Większość z *kontekstów* odnosi się do konkretnego punktu normy, a jego nazwa robocza nawiązuje do tytułu odpowiadającego mu punktu normy. Poniżej wymieniono nazwy wszystkich *kontekstów wymiarowania*, którymi można operować w procesie wymiarowania:

- ✓ *Cechy przekroju*
- ✓ *Siły przekrojowe*
- ✓ *Zbrojenie główne*
- ✓ *Długości wyboczeniowe*
- ✓ *Uwzględnienie wpływu smukłości*
- ✓ *Nośność przekrojów prostopadłych*
- ✓ *Zbrojenie poprzeczne*
- ✓ *Nośność na ścinanie*
- ✓ *Zbrojenie rozciągane*
- ✓ *Zarysowanie*
- ✓ *Ugięcia*
- ✓ *Rysunek*

Jest oczywiste, że nie wszystkie *konteksty wymiarowania* są dostępne jednocześnie, a tylko te, które są właściwe dla danej sytuacji pręta, wynikającej z jego stanu pracy statycznej, uwarunkowań kinematycznych oraz typu przekroju. W przypadku

prętów o przekrojach, dla których brak jest w normie odpowiednich postanowień, niektóre *konteksty wymiarowania* będą niedostępne.

Obliczenia wykonywane przez moduł RM-ZELB nie obejmują takich zagadnień wymiarowania konstrukcji żelbetowych jak:

- ✓ wymiarowania elementów sprężonych
- ✓ wymiarowania elementów ze zbrojeniem sztywnym
- ✓ wymiarowania elementów uzwojonych
- ✓ sprawdzania elementów na skręcanie
- ✓ sprawdzania elementów na docisk
- ✓ sprawdzania elementów na przebicie



## VII. ZASADY UŻYTKOWANIA


Użytkowanie modułu RM-ZELB do wymiarowania prętów stalowych opiera się na podobnych zasadach jakie obowiązują przy innych opcjach programu głównego RM-WIN. Realizuje on zadania jako jedna z podopcji opcji **Wyniki** programu głównego. W odróżnieniu od innych podopcji, użycie podopcji **Żelbet - PN-B-03264:2002** polega na odwołaniu się do modułu RM-ZELB, który współpracuje z programem głównym przy pomocy mechanizmu dynamicznej wymiany danych, co polega na interaktywnym przekazywaniu danych i wykonywaniu poleceń poprzez kanały łączności.

### Uruchomienie modułu

Moduł RM-ZELB jest uruchamiany z poziomu programu głównego, a dostępny jest wówczas, gdy możliwe jest wykonanie obliczeń dla zadania, a więc gdy zadanie to jest poprawnie zdefiniowane.




Po zdefiniowaniu ustroju tzn. jego geometrii, listy przekrojów i obciążeń, można przejść do wymiarowania prętów. W tym celu należy wybrać z menu głównego programu RM-WIN opcję **Wyniki**, a po wyświetleniu listy podopcji, wybrać pozycję **Żelbet - PN-B-03264:2002**.




Jeśli ustrój jest poprawnie zdefiniowany, to program główny RM-WIN wykonuje obliczenia dla aktualnej kombinacji aktywnych grup obciążeń, a następnie tworzy okno robocze (typu MDI) opcji wymiarowania i ustanawia kanały łączności z modułem RM-ZELB.

W oknie roboczym opcji wymiarowania **Żelbet - PN-B-03264:2002** rysowany jest schemat ustroju wraz z wykresami aktualnej siły przekrojowej, numerami prętów i węzłów oraz numerami przekrojów przypisanych prętom ustroju. Pręty, które wcześniej poddane były procesowi wymiarowania przy pomocy modułu RM-ZELB, opatrzone są symbolem graficznym  umieszczonym w ich pobliżu.

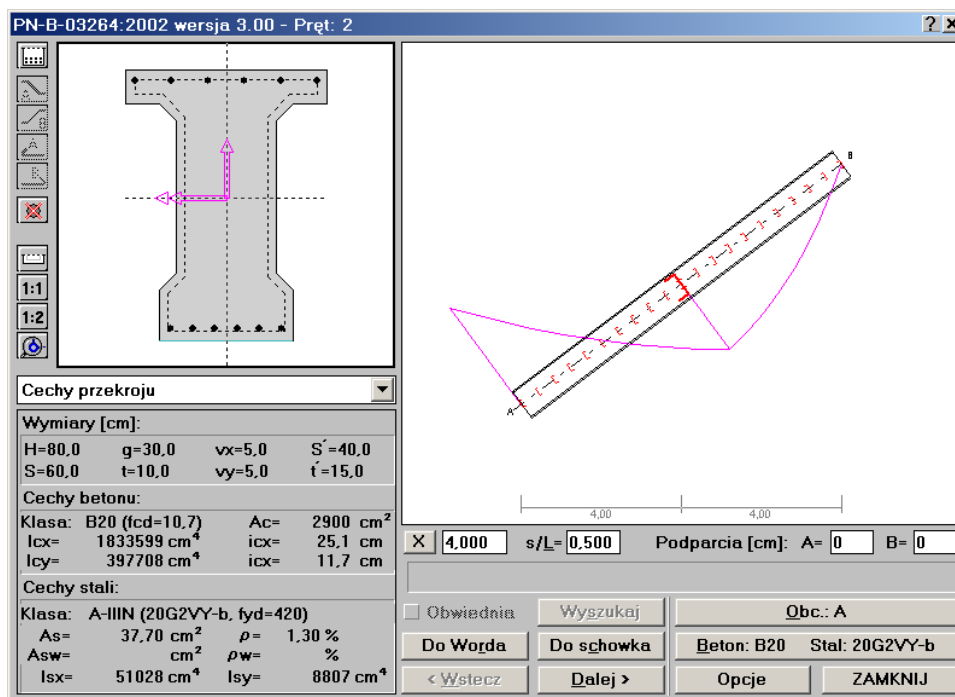
Wymiarowanie prętów żelbetowych przy użyciu modułu RM-ZELB opiera się na wynikach analizy statycznej przeprowadzonej dla obliczeniowych oraz charakterystycznych wartości obciążeń (*wartości obliczeniowe* - dla wszystkich warunków stanu granicznego nośności, *wartości charakterystyczne* - dla warunków stanu granicznego użytkowania). Oznacza to, że obliczenia przeprowadzane są niezależnie od stanu klauzuli **Wyniki/Obciążenia obliczeniowe**, a wykresy sił przekrojowych wyświetlanych w oknie opcji odpowiadają obciążeniom obliczeniowym.

Funkcje okna roboczego opcji:

-  - kopiowanie (umieszczenie w schowku) danych wymiarowania aktywnego pręta konstrukcji
-  - wklejanie danych wymiarowania (umieszczonych wcześniej w schowku) do bloku danych aktywnego pręta konstrukcji
-  - wyświetlanie / gaszenie obciążeń,

-  - wyświetlanie / gaszenie numeracji prętów i węzłów,
-  - wyświetlanie / gaszenie linii wymiarowych geometrii ustroju,
-  - wyświetlanie / gaszenie wartości rzędnych charakterystycznych wykresów sił przekrojowych,

Proces wymiarowania dotyczy zawsze tylko jednego pręta, a konkretnie tego, który jest wyróżniony kolorem wyróżnienia w oknie głównym modułu. Podwójne kliknięcie przyciskiem myszy na pręcie wyróżnionym lub użycie klawisza [Enter] spowoduje uruchomienie modułu RM-ZELB i pojawienie się okna dialogowego wymiarowania (Rys. 1).



Rys. 1

Pomyślne wykonanie tej operacji jest możliwe tylko wówczas, gdy przypisany przekrój pręta jest *przekrojem jednokształtnym* (dowolnego typu), a przypisany mu materiał został wybrany z grupy „beton”. W przeciwnym razie uruchomienie modułu nie będzie możliwe.

### Elementy sterowania okna dialogowego PN-B-03264:2002

Okno dialogu modułu RM-ZELB zawiera następujące elementy służące do sterowania opcjami i funkcjami procesu wymiarowania pręta:

**Okno przekroju pręta** zawierające wyskalowany rysunek przekroju, który został przypisany prętowi w opcji **Geometria-Pręty**, a którego elementami są: linie konturu przekroju, wkładki zbrojenia głównego (rzeczywistego), linie symbolizujące tzw. krawędzie zbrojenia stanowiące bazę do rozmieszczania prętów zbrojenia




(wkładek) oraz symbole sił przekrojowych działających w aktualnym - wskazywanym przez *znacznik przekroju* na *rysunku schematu pręta* - przekroju. Jedną z tych krawędzi jest wyróżniona kolorem negacji jako aktywna. Okno przekroju pręta, po jego uaktywnieniu (poprzez kliknięcie przyciskiem myszy w obszarze okna lub sekwencyjnie przy pomocy klawisza [Tab]) może odbierać następujące polecenia:

- Zmiana skali rysunku (tzw. zoom), czyli Powiększenie, co polega na
  - użyciu klawisza [F9] - pojawi się w oknie kursor-lupa,
  - zaznaczeniu lewego-górnego rogu obszaru powiększania (kliknięcie przyciskiem myszy) - pojawi się prostokąt zoom'owania,
  - zaznaczeniu prawego-dolnego rogu obszaru powiększania (kliknięcie przyciskiem myszy) - wybrany obszar zostanie powiększony do rozmiarów okna przekroju.

Dwukrotne pomniejszenie, co polega na użyciu kombinacji klawiszy [Shift]+[F9].

Centrowanie, czyli dostosowanie skali rysunku przekroju tak, aby w całości mieścił się w oknie, co polega na użyciu kombinacji klawiszy [Ctrl]+[F9].

Te same operacje można wykonać przy pomocy grupy przycisków umieszczonych z lewej strony *okna przekroju*, a mianowicie:

-  - centrowanie (dopasowanie) rysunku przekroju w obszarze okna przekroju (to sama, co [Ctrl]+[F9])
-  - dwukrotne pomniejszenie skali rysunku przekroju (to sama, co [Shift]+[F9])
-  - uruchomienie trybu powiększania fragmentu rysunku przekroju (to sama, co [F9])

Dostęp do opisanych wyżej operacji zapewnia również tzw. menu podręczne, które pojawia się na ekranie monitora po kliknięciu prawym przyciskiem myszy w obszarze okna przekroju. Elementami tego menu są:


Powiększ +
Pomniejsz -
Wycinek
Dopasuj
DoSchowka

Wykonanie odpowiedniej operacji polega na kliknięciu na zamierzonej pozycji menu podręcznego.

- Umieszczenie w schowku systemu Windows rysunku przekroju, co polega w pierwszej kolejności na wywołaniu menu podręcznego (prawy przycisk myszy), a następnie kliknięciu na pozycji **DoSchowka** tego menu. Widoczny w *oknie przekroju* rysunek przekroju pręta jest umieszczany w schowku w formie tzw. metapliku i może być „wklejany” (importowany) do dowolnego dokumentu sporządzanego w aplikacji zdolnej do importu rysunku w takiej formie.

- Wybór aktywnej krawędzi zbrojenia, co polega na sekwencyjnym użyciu klawiszy [PgUp] i [PgDn] lub bezpośrednio - poprzez kliknięcie prawym przyciskiem myszy w pobliżu linii konturu przekroju, której odpowiada zamierzona krawędź zbrojenia.
- Zaznaczenie wkładek zbrojenia głównego, co polega na zbliżeniu kursora myszy do zamierzonej wkładki i kliknięciu lewym przyciskiem myszy. Wówczas wybrana wkładka będzie migać. Jeśli operacja ta dokonywana przy wciśniętym klawiszu [Shift], to pozwala na jednoczesne zaznaczenie grupy wkładek zbrojenia. Zaznaczenia grupy wkładek zbrojenia można dokonać również przy pomocy tzw. selekcji blokowej, co polega na:
  1. wciśnięciu wpieryw klawisza [Shift]
  2. wskazaniu kursorem lewego-górnego wierzchołka prostokąta selekcji i kliknięciu lewym przyciskiem myszy
  3. wskazaniu kursorem prawego-dolnego wierzchołka prostokąta selekcji i kliknięciu lewym przyciskiem myszy
  4. zwolnieniu klawisza [Shift]

Po tych czynnościach wyróżnione zostaną (kolorem wyróżnienia) wszystkie wkładki zbrojenia głównego obejmowane obszarem selekcji.


Operacja zaznaczania wkładek jest pomyślana z intencją ich usuwania lub korekcji ich geometrii za pomocą opcji okna dialogowego **Lista wkładek**, które może być wywołane przez podwójne kliknięcie lewym przyciskiem myszy w obszarze *okna schematu pręta*. Okno dialogowe **Lista wkładek** można również wywołać przez kliknięcie na przycisku  usytuowanego z lewej strony *okna przekroju*.


- Usuwanie wkładek zbrojenia głównego, co polega na użyciu klawisza [Del] w ewentualnej kombinacji z klawiszami [Shift] i [Ctrl]. Użycie klawisza [Del] bez kombinacji służy do usuwania wkładek zaznaczonych (wyróżnionych). W kombinacji z klawiszem [Shift] - służy do usunięcia wkładek zbrojenia przypisanych do aktywnej krawędzi zbrojenia (niezależnie od ich zaznaczenia), natomiast w kombinacji z klawiszem [Ctrl] - służy do usunięcia wszystkich wkładek zbrojenia głównego.
- Zmiana wymiarów przekroju pręta, np. podyktowana warunkami wymiarowania. W tym celu należy dwukrotnie kliknąć przyciskiem myszy lub w stanie aktywności okna - użyć klawisza [Enter]. W zależności od rodzaju przekroju pojawi się okno dialogowe, w którym można dokonać zmiany nominalu kształtownika lub jego wymiarów. Dla prętów o zmiennym przekroju jako pierwszy pojawia się dialog dotyczący przekroju na początku pręta (węzeł A), a następnie dialog dotyczący przekroju na końcu pręta (węzeł B).

**Grupa przycisków** umieszczonych z lewej strony *okna przekroju*, które są z nim stwarzające, a służące do:




- wywołania okna dialogowego **Lista wkładek zbrojenia głównego**. Szczegółowy opis funkcji tego okna zawarty jest w dalszej części instrukcji (Patrz strona VII-7).


 - odgięcie aktywnej (migającej) wkładki w stronę węzła *A* pręta i jest on aktywny tylko wówczas, gdy jest zaznaczona jakaś wkładka w aktualnym przekroju pręta.

 - j.w. lecz w stronę węzła *B* pręta

**Uwagi:** Przy odginaniu obowiązują następujące zasady:

- wkładka jest odginana w kierunku określonym przez zwrot znacznika przekroju w *oknie schematu pręta* i pod kątem zadeklarowanym w oknie dialogowym **Parametry wymiarowania** (przycisk **Opcje**), przy czym jedno z odgięć ma miejsce zawsze w pozycji *znacznika przekroju*. Możliwe są dwa warianty odginania wkładki w pozycji *znacznika przekroju*.
  1. Na krawędzi przypisania wkładki, co polega na kliknięciu przycisku **Odegnij** bez użycia klawisza [**Shift**].
  2. Na krawędzi przeciwległej do krawędzi przypisania wkładki, co polega na kliknięciu przycisku **Odegnij** przy wciśniętym klawiszu [**Shift**].
- wkładka może być odgięta tylko dwa razy; jeden raz w kierunku węzła *A* i jeden raz w kierunku węzła *B*.
- operacja odginania wkładki nie będzie akceptowana jeśli miałyby to powodować jej wyjście poza bryłę wymiarowanego pręta lub, gdy długość jej odcinka w kierunku odginania jest niewystarczająca,
- próba odgięcia wkładki w kierunku, w którym została ona wcześniej odgięta, spowoduje jej wyprostowanie, co oznacza, że w ten sposób można dokonywać korekty jej odgięcia.
- wkładka jest odginana na przeciwległą krawędź przekroju, a wielkość otulenia jej części odgiętej jest równa wielkości otulenia dla krawędzi przeciwległej, dlatego przed dokonaniem odgięcia należy określić właściwą wielkość otulenia dla tej krawędzi,
- odginanie wkładek nie jest możliwe w przypadku przekrojów kołowych lub pierścieniowych,
- operacja odginania wkładki przy wciśniętym klawiszu [**Ctrl**] sprawi, że zostanie ona odgięta równocześnie symetrycznie w kierunku drugiego węzła pręta.

 - skracania wkładki zbrojenia rzeczywistego od strony węzła *A* pręta i jest on aktywny tylko wówczas, gdy jest zaznaczona jakaś wkładka w aktualnym przekroju. Zaznaczenie wkładki polega na kliknięciu lewym przyciskiem myszy na zamierzonej wkładce w *oknie przekroju pręta*.

 - j.w. lecz od strony węzła *B* pręta

**Uwagi:** Przy skracaniu wkładki obowiązują następujące zasady:

- skrócenie następuje zawsze w pozycji *znacznika przekroju*.
- wkładka może być skrócona tylko dwa razy; jeden raz w kierunku węzła *A* i jeden raz w kierunku węzła *B*.
- operacja skrócenia wkładki nie będzie akceptowana jeśli *znacznik przekroju* będzie znajdował się od węzła w odległości mniejszej niż 1/10 długości pręta.,
- próba skrócenia wkładki w kierunku, w którym została ona wcześniej skrócona, spowoduje jej wydłużenie do węzła, co wykorzystać można do korekty jej skrócenia.



- usunięcia wkładki (lub grupy zaznaczonych wkładek) zbrojenia głównego



- powiększenia rysunku przekroju do takich wymiarów, aby aktywna krawędź zbrojenia w maksymalnym stopniu zajmowała obszar *okna rysunku przekroju*



- centrowanie (dopasowanie) rysunku przekroju w obszarze okna przekroju (to sama, co [Ctrl]+[F9])



- dwukrotne pomniejszenie skali rysunku przekroju (to sama, co [Shift]+[F9])



- uruchomienie trybu powiększania fragmentu rysunku przekroju (to sama, co [F9])

**Okno schematu pręta** zawierające skalowany widok podłużny pręta, którego elementami są:

- linie obrysu pręta
- oś pręta
- wkładki zbrojenia głównego
- strzemiona
- znaczniki domyślnych przekrojów prostopadłych wymiarowania, generowanych przez program automatycznie
- wykresy siły przekrojowej odpowiadającej kombinacji aktywnych grup obciążeń wraz z ewentualnymi gałęziami obwiedni wybranej siły przekrojowej (jeśli przed zainicjowaniem modułu RM-ZELB zostały wykonane przez program główne obliczenia dla pełnej kombinatoryki grup obciążeń, czyli przy włączonej klauzuli **Kombinatoryka** opcji **Wyniki** programu głównego RM-WIN).

Ponadto, w zależności od kontekstu wymiarowania pręta, w oknie schematu pręta rysowane są - odpowiadające tym kontekstom - wykresy. Okno przekroju pręta, po jego uaktywnieniu (poprzez kliknięcie przyciskiem myszy w obszarze okna lub sekwencyjnie przy pomocy klawisza [Tab]) może odbierać następujące polecenia:

- Zmiana skali rysunku (tzw. zoom), czyli Powiększenie, co polega na:
  - użyciu klawisza [F9] - pojawi się w oknie kursor-lupa,
  - zaznaczeniu lewego-górnego rogu obszaru powiększania (kliknięcie przyciskiem myszy) - pojawi się prostokąt zoom'owania,

- zaznaczeniu prawego-dolnego rogu obszaru powiększania (kliknięcie przyciskiem myszy) - wybrany obszar zostanie powiększony do rozmiarów okna schematu.

Dwukrotne pomniejszenie, co polega na użyciu kombinacji klawiszy [Shift]+[F9].

Centrowanie, czyli dostosowanie skali rysunku przekroju tak, aby w całości mieścił się w oknie, co polega na użyciu kombinacji klawiszy [Ctrl]+[F9].

Dostęp do opisanych wyżej operacji zapewnia również tzw. menu podręczne, które pojawia się na ekranie monitora po kliknięciu prawym przyciskiem myszy w obszarze okna przekroju. Elementami tego menu są:

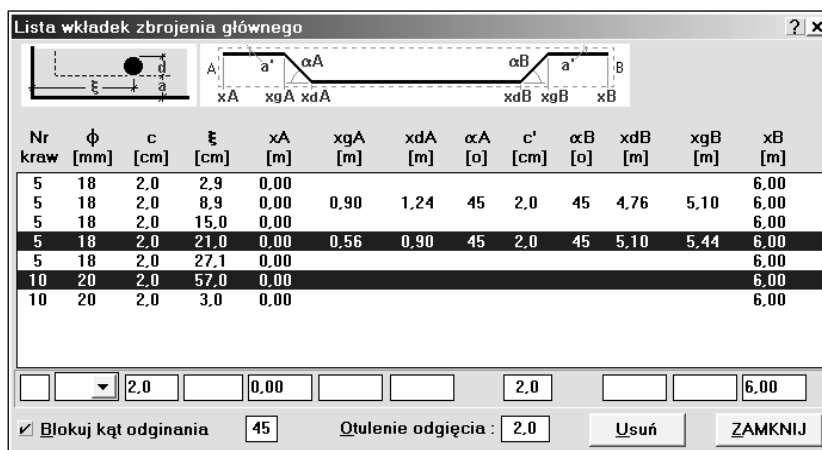
Powiększ +
Pomniejsz -
Wycinek
Dopasuj
DoSchowka

Wykonanie odpowiedniej operacji polega na kliknięciu na zamierzonej pozycji menu podręcznego.

- Umieszczenie w schowku systemu Windows rysunku schematu pręta, co polega wpięrow na wywołaniu menu podręcznego (prawy przycisk myszy), a następnie kliknięciu na pozycji **DoSchowka** tego menu. Widoczny w *oknie schematu pręta* rysunek pręta jest umieszczany w schowku w formie tzw. metapliku skąd może być następnie „wklejany” (importowany) do dowolnego dokumentu sporządzanego w aplikacji zdolnej do importu rysunku w takiej formie (np. MS Word).
- Wskazanie przekroju pręta, czyli zmiana położenia *znacznika przekroju* pręta, co polega na:
  - zbliżeniu kursora myszy do zamierzonego przekroju (punktu osi pręta) i kliknięciu lewym przyciskiem myszy,
  - lub przy pomocy klawiszy-strzałek nasunąć *znacznik przekroju* na zamierzoną pozycję na osi pręta, ewentualnie dostosowując wartość skoku znacznika w polu edycyjnym **Skok**.
  - bezpośrednio - przez wpisanie zamierzonej wartości liczbowej w polu edycyjnym **S/X/Y** lub **s/L**.
- Wybór przekroju domyślnego, czyli ustawienie *znacznika przekroju* na zamierzony domyślny przekrój wymiarowania, a polega na kliknięciu prawym przyciskiem myszy w pobliżu zamierzonego przekroju domyślnego lub sekwencyjnie - przy pomocy klawiszy-strzałek w kombinacji z klawiszem [Shift].
- Otwarcie okna dialogowego **Lista wkładek zbrojenia głównego**, które umożliwia dokonywanie cyfrowej korekcji rozmieszczenia wkładek zadeklarowanego wcześniej zbrojenia rzeczywistego, tj.
  - zmiana średnicy

- zmiana otulenia
- zmiana położenia odgięć
- zmiana kątów odginania
- zmiana położenia wkładek na krawędzi zbrojenia
- usuwanie wkładek

Otwarcia tego okna dokonuje się przez podwójne kliknięcie lewym klawiszem myszy o obszarze *okna schematu pręta* lub przez użycie klawisza [Enter] - po uaktywnieniu tego okna.



Rys. 2

Elementami tego okna są (Rys. 2):

- *Rysunek* objaśniający znaczenie wielkości zawartych w kolumnach *listy*
- *Okno robocze listy*, które zawiera (uformowane w kolumnach) dane opisujące poszczególne wkładki. Okno *listy* może odbierać standardowe - dla tego typu elementu sterowania w systemie Windows - polecenia selekcji pozycji listy polegające na kliknięciach lewym przyciskiem myszy z ewentualnym użyciem klawiszy [Shift] i [Ctrl]. Dla lepszego kojarzenia, zaznaczaniu pozycji *listy* (wkładek) towarzyszy odpowiednie wyróżnianie wkładek widocznych na rysunku w *oknie przekroju*.

Znaczenie poszczególnych wielkości jest następujące:

- Nr kraw.** - numer krawędzi zbrojenia, do której wkładka jest przypisana, przy czym liczba określająca ten numer nie jest dostępna, gdyż pełni jedynie rolę informacyjną
- Φ** - średnica wkładki w [mm]
- c** - otulenie wkładki w [mm]
- ξ** - współrzędna określająca położenie wkładki na *krawędzi zbrojenia*, do której została ona przypisana. Wartość liczbowa tej współrzędnej (wyrażonej w [cm]) jest odległością wkładki



mierzoną od punktu początkowego krawędzi konturu przekroju (przynależnej do *krawędzi zbrojenia* tej wkładki) do rzutu wkładki na tą krawędź przekroju

- xA** - odległość początku wkładki od węzła *A* pręta w [m]
  - xgA** - odległość w [m] górnego zagięcia wkładki dla odgięcia wkładki po stronie węzła *A* pręta
  - xdA** - odległość w [m] dolnego zagięcia wkładki dla odgięcia wkładki po stronie węzła *A* pręta
  - αA** - kąt odgięcia w stopniach dla odgięcia wkładki po stronie węzła *A* pręta
  - c'** - wielkość otulenia dla odgiętych części wkładki w [cm]
  - αB** - kąt odgięcia w stopniach dla odgięcia wkładki po stronie węzła *B* pręta
  - xdB** - odległość w [m] dolnego zagięcia wkładki dla odgięcia wkładki po stronie węzła *B* pręta
  - xgB** - odległość w [m] górnego zagięcia wkładki dla odgięcia wkładki po stronie węzła *B* pręta
  - xB** - odległość końca wkładki od węzła *A* pręta w [m]
- *Linia pól edycyjnych* - odpowiadających kolumnom *listy* - służących do modyfikowania wielkości wyświetlanych w tych kolumnach. Zawartość tych pól zależy od stanu selekcji pozycji *listy*. Jeśli na liście zaznaczona jest tylko jedna pozycja, to w polach edycyjnych wyświetlane są dane z tej pozycji. W przypadku zaznaczenia większej liczby pozycji *listy*, puste pola edycyjne oznaczają, że dla wybranej grupy pozycji *listy*, dana wielkość jest zróżnicowana, a ewentualna zmiana wartości w tym polu edycyjnym spowoduje, że nowa (żądana) wartość zostanie nadana wielkości (związanej z tym polem) dla wszystkich zaznaczonych pozycji *listy*. Szczególny wyjątek stanowi pole edycyjne dla wielkości  $\xi$ , czyli współrzędnej określającej położenie wkładki wzdłuż krawędzi przekroju, do której jest ona przypisana. Jeśli na liście zaznaczona tylko jedną wkładkę, to w polu edycyjnym - dla tej wielkości - zostanie wyświetlona wartość współrzędnej, a ewentualne zmiany dotyczyć będą bezpośrednio tej współrzędnej. Na tomiast, gdy na liście zostanie zaznaczona większa liczba pozycji niż 1, to pole edycyjne jest puste, a ewentualna zadana wartość liczbowa będzie wtedy traktowana jako wielkość, o jaką należy przesunąć "zaznaczone" wkładki.
  - *Włącznik Blokuj kąt odginania*, którego włączenia powoduje, że zmianom położenia odgięć wkładek towarzyszy utrzymywanie pierwotnej wartości kąta odgięcia. W przeciwnym razie (włącznik wyłączony) - zmiana położenia odgięcia (np. **xgA**) spowoduje również zmianę kąta odgięcia.
  - *Pole edycyjne* sąsiadujące z włącznikiem **Blokuj kąt odginania**, które służy do zadawania wartości kąta odginania, brane pod uwagę przy deklarowaniu nowych odgięć wkładek zbrojenia głównego.

- **Pole edycyjne Otulene odgięcia**, które służy do zadawania wartości otulenia w [cm] części odgiętych wkładki, a branej pod uwagę przy deklarowaniu odgięć wkładek.
- **Przycisk Usuń**, który służy do usuwania pozycji *listy wkładek* i jest aktywny wówczas, gdy co najmniej jedna pozycja *listy* została zaznaczona. Użycie tego przycisku powoduje usunięcie zaznaczonych pozycji *listy*, a tym samym - usunięcie wkładek.

**Lista kontekstów wymiarowania** zawiera nazwy *kontekstów wymiarowania* i jest ściśle związana z *oknem kontekstów wymiarowania*. Liczba *kontekstów* oraz ich merytoryczny skład zależy od stanu sił przekrojowych w pręcie i typu przekroju. Lista umożliwia bezpośredni dostęp do zamierzonego *kontekstu wymiarowania*, co polega na jej rozwinięciu i wskazaniu zamierzonej pozycji.

**Okno kontekstów wymiarowania**, w którym wyświetlane są informacje oraz elementy sterowania ściśle związane z aktualnym *kontekstem wymiarowania*. Zawartość tego okna zmienia się wraz ze zmianą *kontekstu*, która może być dokonywana za pośrednictwem *listy kontekstów wymiarowania* lub przycisków **Wstecz** i **Dalej** głównego okna dialogowego modułu.

**Pola edycyjne Podparcia (A=, B=)** służą do zadawania długości (w [cm]) odcinków podparć elementu żelbetowego.

Domyślnie wielkości te są zerowe, co oznacza, że wymiarowaniu podlega element na całej jego długości teoretycznej, czyli określonej jako odległość pomiędzy węzłami teoretycznymi schematu statycznego konstrukcji.

W celu urealnienia warunków pracy statycznej elementu (pręta) uwzględniającego rzeczywiste warunki podparcia pręta na jego końcach (np. połączenia rygła ze słupami, podpory w belkach ciągłych i tp.) istnieje możliwość wyłączenia z obliczeń (związanych z wymiarowaniem) końców pręta, na których - ze względu na realizację podparcia - rzeczywisty rozkład sił przekrojowych ulega znacznej redukcji w stosunku do wyników otrzymywanych z programu głównego.

Dzięki temu, możliwe staje wykorzystanie warunków podparcia do redukcji warunków wymiarowania związanych z koniecznością uwzględniania wpływu sił poprzecznych na wielkość zbrojenia podłużnego (pkt. 5.5.3.2 normy).

**Przycisk (x:y:s)** służy do wybierania sposobu rysowania linii wymiarowych określających położenie znacznika przekroju, a mianowicie: **x**: - poziomo, **y**: - pionowo **s**: - równoległe do osi pręta. Możliwość ta - z oczywistych względów - dotyczy prętów nachylonych ukośnie. Z przyciskiem tym stowarzyszone jest pole edycyjne, które zawiera odległość znacznika przekroju od węzła początkowego (A) pręta i odległość ta może być zadana (wpisana) bezpośrednio, każda zmiana tej wartości powoduje uaktualnienie położenia znacznika przekroju.

**Linia komunikatów** jest przeznaczona do wyświetlania informacji ostrzegawczych lub uwag, których treść zależy będzie od wyników analizy w poszczególnych kontekstach wymiarowania.

**Włącznik Obwiednia** służy do włączania i wyłączania trybu obliczeń, w którym wszystkie obliczenia dokonywane są przez program dla sił przekrojowych pochodzących od wszystkich możliwych kombinacji grup obciążeń.

Włącznik ten jest aktywny tylko wtedy, gdy w programie głównym RM-WIN wcześniej zostały pomyślnie wykonane obliczenia przy włączonej klauzuli **Kombinatoryka**. Jeśli takie obliczenia nie zostały wykonane, to należy włączyć klauzulę **Kombinatoryka** w rozwinięciu opcji **Wyniki** programu głównego, a następnie ponownie uruchomić moduł RM-ZELB. Jeśli obliczenia dla kombinatoryki obciążeń zostały wykonane, to w *oknie schematu pręta* - oprócz wykresu sił przekrojowych dla kombinacji aktualnych grup obciążeń - dodatkowo rysowane są dwie gałęzie obwiedni sił przekrojowych.

Włącznik **Obwiednia** jest dostępny tylko w tych kontekstach wymiarowania, dla których automatyzacja obliczeń dla kombinacji grup obciążeń została zrealizowana, a mianowicie:

- **Zbrojenie główne**
- **Nośność przekrojów prostopadłych**
- **Zbrojenie poprzeczne**
- **Nośność na ścinanie**

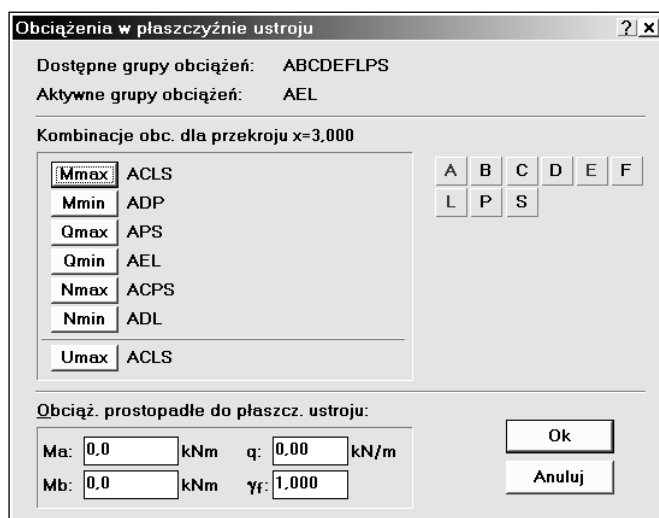
Inne objaśnienia na ten temat są zawarte w dalszej części instrukcji.

**Przycisk Wyszukaj** służy do automatycznego wyznaczenia przekroju pręta, dla którego warunek lub wielkość - stowarzyszone z aktualnym *kontekstem wymiarowania* - są najbardziej niekorzystne z punktu widzenia wymagań normowych. Jego użycie powoduje wykonanie procedury wyszukiwania, której efektem końcowym jest wskazanie przekroju (ustawienie znacznika przekroju) oraz uaktualnienie pól liczbowych lub relacji zawartych w *Oknie kontekstów wymiarowania*. Dla tzw. *kontekstów wymiarowania* o charakterze globalnym przycisk ten nie jest aktywny, tzn. wielkość lub warunek stowarzyszony z tym kontekstem nie ma związku z położeniem znacznika przekroju.

Efekt działania funkcji **Wyszukaj** jest bezpośrednio zależny od stanu włącznika **Obwiednia**. Po jego włączeniu wyszukiwanie przekroju pręta o najmniej korzystnym warunku stanu granicznego dodatkowo odbywa dla wszystkich kombinacji grup obciążeń (obwiedni).

**Przycisk Obc.:** służy do wywołania okna dialogowego **Obciążenia w płaszczyźnie ustroju** (Rys. 3). Okno to jest przeznaczone do wykorzystania wyników obliczeń wykonanych dla pełnej kombinatoryki obciążeń do wyznaczenia kombinacji obciążeń, której odpowiada ekstremalna rzędna obwiedni aktualnej siły przekrojowej w aktualnym przekroju pręta. Do ustalenia zamierzonej kombinacji grup obciążeń służą przyciski **Mmax**, **Mmin**, **Qmax**, **Qmin**, **Nmax**, **Nmin** oraz **Umax**. Z prawej strony każdego przycisku wyświetlany jest literał grup obciążeń, którym odpowiada ekstremalna rzędna obwiedni danej siły przekrojowej. W prawej części okna dialogowego umieszczone są przyciski zawierające literowe symbole wszystkich zdefiniowanych w programie RM-WIN grup obciążeń, które - podobnie jak w opcji **Obciążenia/Definiowanie** - służą do „ręcznego” inicjowania kombinacji grup obciążeń. Jednak praktyczna rola elementów kontrolnych okna dialogowego sprowadza się do używania przycisków **Mmax**, **Mmin**, **Qmax**, **Qmin**,

**Nmax**, **Nmin** oraz **Umax**. Na przykład, jeśli w danym momencie konieczne jest wyznaczenie kombinacji obciążeń, dla której w aktualnym przekroju pręta wartość momentu zginającego jest równa rzędnej obwiedni momentów zginających po stronie maksimum, to należy użyć przycisku **Mmax**, wówczas nastąpi automatyczne zainicjowanie kombinacji grup obciążeń w sekcji przycisków poszczególnych grup. Wyjątek stanowi przycisk **Umax**, którego użycie powoduje zainicjowanie kombinacji, dla której maksymalna wartość ugięcia jest największa w całym przęciu, a nie w aktualnym przekroju.



Rys. 3

Po zaakceptowaniu operacji dokonanych w tym oknie dialogowym, moduł RM-ZELB poleca programowi głównemu wykonanie obliczeń statycznych dla zainicjowanej kombinacji grup obciążeń i przejmuje wyniki tych obliczeń do wymiarowania, aktualizując informacje w oknie dialogowym modułu.

**Uwagi:** Przycisk **Obc.:** nie jest aktywny w momencie, gdy w *oknie kontekstów wymiarowania* są wyświetlane wyniki uzyskane przy włączonym włączniku **Obwiednia**, bowiem - w takiej sytuacji - ustalanie najbardziej miarodajnej kombinacji grup obciążeń odbywa się automatycznie, czyli bez ingerencji użytkownika.

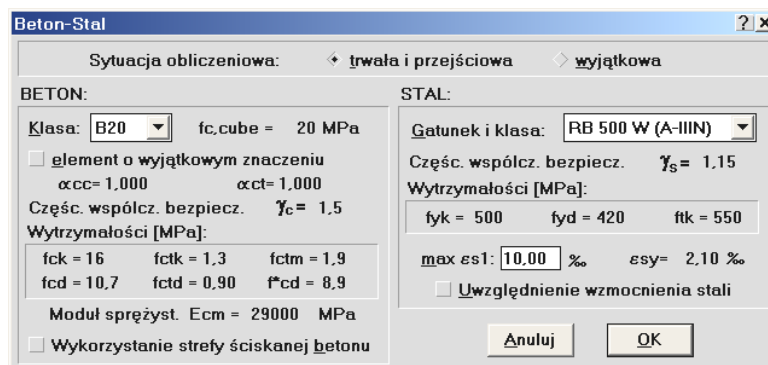
Jeśli zachodzi doraźna potrzeba „ręcznego” ustawiania kombinacji grup obciążeń, to należy w pierwszej kolejności wyłączyć włącznik **Obwiednia**.

**Przycisk Do Worda** służy do bezpośredniego przekazania - do aktywnego dokumentu edytora MS Word - odpowiednio zredagowanego *arkusza* tekstowo-graficznego, którego zawartość i forma jest zależna od aktualnego kontekstu wymiarowania pręta. Przed przesłaniem arkusza program wykonuje stosowne obliczenia i podstawienia wyników do odpowiednich pól *arkusza*.

**Przycisk Do Schowka** spełnia podobną rolę jak przycisk **Do Worda**, z tą różnicą, że odpowiedni *arkusz* jest umieszczany w schowku systemu Windows bez automatycz-

nego „wklejania” go do dokumentu edytora MS Word, skąd może być pobrany do dowolnego edytora zdolnego do importu tekstu w formacie **rtf**. Ta funkcja jest użyteczna w sytuacji, gdy do redagowania dokumentu używany jest inny edytor niż MS Word (np. WordPad).

**Przycisk Beton: Stal:** służy do wywołania okna dialogowego **Beton-Stal** (Rys. 4), którego elementy sterowania pozwalają na zmianę klasy betonu lub stali dla całego pręta, niezależnie od tego jaki materiał został przypisany do przekroju w opcji **Przekroje** programu głównego RM-WIN.



Rys. 4

Znaczenie i rola poszczególnych elementów sterowania okna dialogowego **Beton-Stal:**

- **Sekcja Sytuacja obliczeniowa** zawiera grupę przełączników radiowych **trwała i przejściowa** lub **wyjątkowa** dla wskazania dla jakiej sytuacji (trwałej i przejściowej lub wyjątkowej) mają być wykonywane obliczenia, co sprowadza się do ustalenia częściowych współczynników bezpieczeństwa  $\gamma_s$  i  $\gamma_c$ .
- **Sekcja BETON** ujmuje:
  - listę wyboru Klasa* - do ewentualnej zmiany klasy betonu w stosunku do klasy betonu przypisanej do przekroju pręta w trakcie kreowania przekroju w programie głównym,
  - włącznik element o wyjątkowym znaczeniu*, który służy do deklarowania współczynników  $\alpha_{cc}$  i  $\alpha_{ct}$  uwzględniającego wpływ obciążenia długotrwałego oraz niekorzystny efekt sposobu przyłożenia obciążenia na wytrzymałość obliczeniową betonu.
- **Sekcja STAL** ujmuje *listę wyboru Gatunek i klasa* oraz informacyjne pola liczbowe określające charakterystykę wytrzymałościową stali wybranej z *listy wyboru Gatunek i klasa*.
- **Włącznik Uwzględnienie wzmocnienia stali** pozwala na uwzględnienie w obliczeniach wzmocnienia stali zbrojenia głównego w części sprężysto-plastycznej wykresu  $\sigma$ - $\epsilon$ . Stan tego *włącznika* ma wpływ zarówno na wiel-

kość wyznaczanego zbrojenia wymaganego jak i na nośność przekrojów prostopadłych przy zadanym zbrojeniu rzeczywistym.

- **Włącznik Wykorzystanie nośności betonu** pozwala na maksymalne wykorzystanie strefy ściskanej betonu. Stan tego *włącznika* ma wpływ jedynie na wyniki obliczeń dla zbrojenia wymaganego, zwłaszcza w przypadku przekrojów zginanych lub ściskanych z dużym mimośrodem w sytuacji, gdy obie granice stanu granicznego nośności, tzn. odkształcenia w betonie i w stali są osiągnięte, co prowadzi do konieczności zbrojenia strefy ściskanej betonu z niepełnym wykorzystaniem nośności strefy ściskanej betonu. Włączenie tego *włącznika* spowoduje uruchomienie takiego trybu obliczeń, w którym osiąga się maksymalne wykorzystanie nośności strefy ściskanej betonu przy jednoczesnym ograniczeniu odkształceń w stali. Choć zawsze prowadzi to do mniejszych wartości zbrojenia wymaganego, to osiągnięcie w ten sposób stanu granicznego nośności nie jest zalecane w przypadku elementów zginanych<sup>1</sup>.
- **Pole edycyjne max es1** służy do ewentualnej zmiany ograniczenia odkształceń w stali zbrojenia głównego wyrażonego w [%]. Zadawana wartość musi mieścić się w zakresie od 0,1 do 10. Domyślnie wartość ta - zgodnie z normą - wynosi 10.

**Przyciski Wstecz i Dalej** służą do sekwencyjnego przełączania pomiędzy poszczególnymi *kontekstami wymiarowania*.

**Przycisk Opcje** służy do wywołania okna dialogowego **Parametry wymiarowania** (Rys. 5), którego elementy sterowania pozwalają na określenie podstawowych parametrów procesu wymiarowania oraz deklarowanie opcji wyświetlania lub wygaszania elementów i symboli graficznych w *oknach rysunku przekroju* i *rysunku schematu pręta*.

Elementy sterowania tego okna pozwalają na wyspecyfikowanie następujących parametrów związanych z wymiarowaniem:

- W *sekcji Wstępny stopień zbrojenia głównego* zawarte są *pola edycyjne p1* i *p2*, w których określa się wstępny stopień zbrojenia głównego. Wielkości te są brane pod uwagę w przy wyznaczaniu powierzchni wymaganego zbrojenia głównego w sytuacji, gdy zbrojenia rzeczywiste nie zostało jeszcze zadeklarowane.
- *Pole edycyjne Kąt odginania prętów* służy do zadawania kąta odginania wkładki zbrojenia głównego wyrażonego w stopniach, którego wartość musi mieścić się w zakresie od 45 do 60 stopni.
- *Włącznik Uwzględ. min. dług. zakotwienia* umożliwia wyeliminowanie z aktualnego przekroju wkładki zbrojenia głównego, których długość zakotwienia jest mniejsza od wymaganej. Oznacza to, że nie są one brane pod uwagę przy sprawdzaniu warunku nośności aktualnego przekroju prostopadłego.
- *Pole edycyjne Maksymalna liczba iteracji* służy do zadawania liczby całkowitej określającej maksymalną liczbę iteracji w procedurach wyznaczania zbrojenia oraz sprawdzania nośności przekrojów prostopadłych. Domyślnie

<sup>1</sup> Andrzej Łapko: Projektowanie konstrukcji żelbetowych. Arkady, Warszawa 2000.

zakłada się ograniczenie do 999 iteracji. W momencie osiągnięcia tej liczby, obliczenia są przerywane, a w linii komunikatów wyświetlany jest odpowiedni komunikat.

- **Pole edycyjne Liczba przekrojów wymiarowania** służące do zadawania liczby przekrojów w pręcie, dla których mają być wykonywane obliczenia oraz wyszukiwania dla najniekorzystniejszych relacji warunków stanu granicznego nośności lub użytkowania. Domyślnie liczba ta wynosi 21.
- W sekcjach **Rysunek przekroju** i **Rysunek pręta** zawarte są **włączniki** opcji rysunków wyświetlanych w oknach rysunku przekroju i schematu pręta.

Rys. 5

## Konteksty wymiarowania

### Cechy przekroju

**Odniesienie:**

Nie związany z normą.

**Komentarz:**

Ten *kontekst wymiarowania* obejmuje wielkości ściśle związane z charakterystyką geometryczną i wytrzymałościową oraz materiałową przekroju pręta i ma charakter wyłącznie informacyjny.

Wyświetlana w **Oknie kontekstów** charakterystyka odpowiada przekrojowi wynikającemu z położenia *znacznika przekroju* **Okna schematu pręta**.

W wyświetlanych symbolach **x** oznacza zawsze oś poziomą na rysunku przekroju, natomiast **y** - oś pionową. Znaczenie wyświetlanych wielkości:

**H,S,g,t,...** - wymiary aktualnego przekroju pręta,

**fcd** - wytrzymałość obliczeniowa betonu,

**Ac** - pole powierzchni przekroju betonowego,

- $I_{cx}, I_{cy}, i_{cx}, i_{cy}$**  - odpowiednio: momenty bezwładności i promienie bezwładności przekroju betonowego,
- $f_{yd}$**  - wytrzymałość obliczeniowa stali,
- $A_s, \rho$**  - pole powierzchni wkładek zbrojenia rzeczywistego oraz odpowiadający mu stopień zbrojenia,
- $A_{sw}, \rho_w$**  - pole powierzchni wkładek odgiętych zbrojenia rzeczywistego oraz odpowiadający mu stopień zbrojenia,
- $I_{sx}, I_{sy}$**  - momenty bezwładności wkładek zbrojenia rzeczywistego,

**Zakres:** Wszystkie przypadki.

**Elementy sterowania:** Brak.

**Funkcja Wyszukaj:** Nieaktywna.

**Funkcje Do Worda:**

**Do Schowka:** Powodują umieszczenie w schowku odpowiednio sformatowanego arkusza tekstowo-graficznego zawierającego informacje opisujące tzw. cechy przekroju wskazywanego przez *znacznik przekroju w oknie schematu pręta*, a mianowicie:

W części graficznej:

✓ rysunek przekroju wraz z rozmieszczeniem wkładek zbrojenia głównego

W części tekstowej:

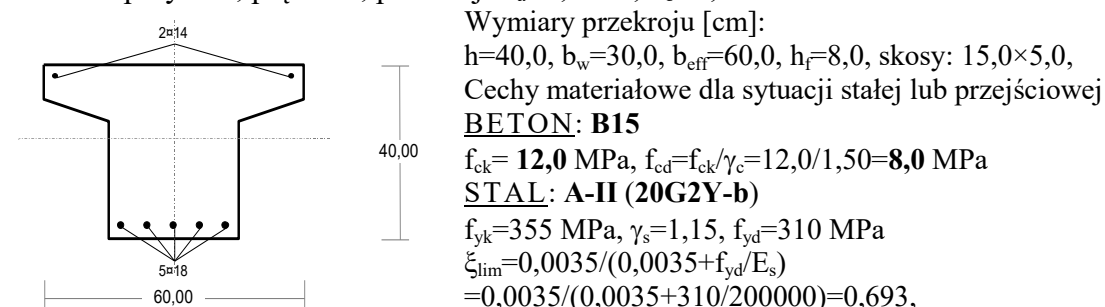
✓ charakterystyka geometryczna przekroju

✓ charakterystyka stali zbrojeniowej i betonu

*Przykład:*

### Cechy przekroju:

zadanie: przykład, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=3,00$  m,  $x_b=3,00$  m



Wymiary przekroju [cm]:

$h=40,0$ ,  $b_w=30,0$ ,  $b_{eff}=60,0$ ,  $h_f=8,0$ , skosy:  $15,0 \times 5,0$ ,

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B15**

$f_{ck}=12,0$  MPa,  $f_{cd}=f_{ck}/\gamma_c=12,0/1,50=8,0$  MPa

**STAL: A-II (20G2Y-b)**

$f_{yk}=355$  MPa,  $\gamma_s=1,15$ ,  $f_{yd}=310$  MPa

$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)$

$=0,0035/(0,0035+310/200000)=0,693$ ,

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$A_c=1515$  cm<sup>2</sup>,  $J_{cx}=216774$  cm<sup>4</sup>,  $J_{cy}=246938$  cm<sup>4</sup>

Zbrojenie główne:

$A_{s1}+A_{s2}=15,80$  cm<sup>2</sup>,  $\rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 15,80/1515=1,04$  %,

$J_{sx}=5790$  cm<sup>4</sup>,  $J_{sy}=3226$  cm<sup>4</sup>,

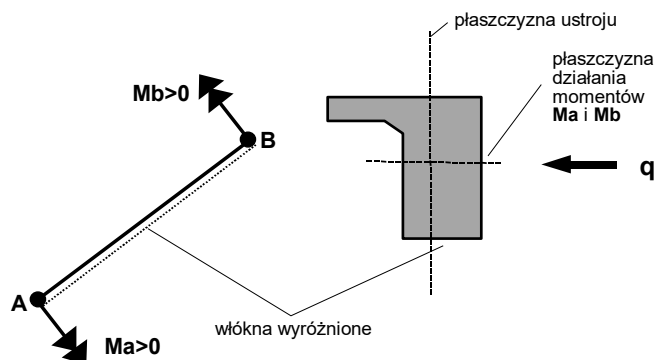


---

*Sily przekrojowe*

---

- Odniesienie:** Nie związany z normą.
- Komentarz:** Obejmuje informacje dotyczące stanu statycznej pracy pręta, czyli rozkładu sił przekrojowych wzdłuż pręta, przekazywanych przez program główny RM-WIN w ramach konwersacji oraz wartości ekstremalnych naprężeń normalnych w obrębie aktualnego przekroju, obliczanych przez moduł RM-ZELB na podstawie wartości siły osiowej i momentów zginających. Wyświetlane wartości wyznaczone są zawsze dla obciążeń obliczeniowych. Oprócz tego, istnieje możliwość uwzględnienia przestrzennej pracy pręta poprzez podanie wartości przywęzłowych momentów zginających oraz ewentualnego obciążenia równomiernie rozłożonego w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny ustroju.
- Zakres:** Wszystkie przypadki.
- Elementy sterowania:** *Pola edycyjne* określające rozkład sił przekrojowych w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny ustroju, a mianowicie:
- Ma:** - do wpisania wartości momentu zginającego, w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny ustroju, w węźle *A* pręta.
  - Mb:** - do wpisania wartości momentu zginającego, w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny ustroju, w węźle *B* pręta.
  - q:** - wartość obciążenia równomiernie rozłożonego na całej długości pręta, działającego w kierunku prostopadłym do płaszczyzny ustroju.
  - $\gamma_f$ :** - częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla obciążeń.
- Jeśli współczynnik  $\gamma_f$  jest różny od 1, to wartości obciążeń **Ma**, **Mb** i **q** powinny być zdawane jako charakterystyczne. Należy tu przypomnieć zasadę, jaka obowiązuje przy określaniu orientacji przekroju przypisanego prętowi, a mianowicie, że dolne włókna przekroju widzianego w *oknie przekroju* są zawsze skojarzone z wyróżnioną stroną pręta (linia przerywana) w oknie schematu pręta, a przekrój jest przekrojem o tzw. normalnej dodatniej, tzn. widziany z węzła *B* w kierunku węzła *A*.
- Znakowanie momentów **Ma** i **Mb** wyjaśnia Rys. 6., natomiast dodatnia wartość obciążenia **q** oznacza, że działa ono od prawej strony przekroju widzianego w *oknie przekroju* i powoduje efekt rozciągania włókien w lewej części przekroju.



Rys. 6

Przełącznik Uwzgl. smukł. w płaszcz. prostop. pozwala opcjonalnie uwzględniać wpływ smukłości wymiarowanego elementu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny ustroju w przypadku działania ściskającej siły osiowej. Przełącznik ten jest aktywny tylko wtedy, gdy zachodzą warunki określone w p.5.3.1. normy i domyślnie jest on wyłączony, co oznacza, że wpływ smukłości w płaszczyźnie prostopadłej nie jest w obliczeniach uwzględniany.

- Pola informacyjne:**
- Mx** - moment zginający w płaszczyźnie ustroju,
  - My** - moment zginający w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju,
  - Vy** - siła poprzeczna w płaszczyźnie ustroju,
  - Vy** - siła poprzeczna w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju,
  - Nsd** - wartość obliczeniowej siły osiowej działającej w przekroju,
  - Msd** - wartość wypadkowego, obliczeniowego momentu zginającego działającego w przekroju,

**Funkcja Wyszukaj:** Nieaktywna

**Funkcje Do Worda:**

- Do Schowka:** Powodują umieszczenie w schowku odpowiednio sformatowanego arkusza tekstowego zawierającego informacje odnoszące się do stanu sił przekrojowych w przekroju wskazywanym przez *znacznik przekroju* w *oknie schematu pręta*, a mianowicie:
- ✓ położenie przekroju
  - ✓ literał określający kombinację grup obciążeń, której odpowiadają obliczone siły przekrojowe
  - ✓ wartości sił przekrojowych ( $M, N, V$ ) oraz mimośrodów statycznych  $e_{ex}$  i  $e_{ey}$  siły osiowej (jeśli jest różna od zera)

a w przypadku konieczności uwzględnienia wpływu smukłości:

- ✓ wartości obliczeniowe momentów zginających wynikających z powiększenia mimośrodków początkowych w obu płaszczyznach

*Przykład:*

### Siły przekrojowe:

zadanie: przykład, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=2,87$  m,  $x_b=3,13$  m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AEL**

Momenty zginające:  $M_x = -148,3$  kNm,  $M_y = 67,4$  kNm,

Siły poprzeczne:  $V_y = -18,0$  kN,  $V_x = 2,0$  kN,

Siła osiowa:  $N = -2,2$  kN =  $N_{Sd}$ ,

Uwzględnienie smukłości pręta:

- w płaszczyźnie ustroju:

$$e_{ey} = M_x/N = (-148,3)/(-2,2) = 67,409 \text{ m,}$$

$$M_{Sdx} = \eta_x (e_{ay} + e_{ey}) N = 1,000 \times (0,020 + 67,409) \times (-2,2) = -148,4 \text{ kNm,}$$

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

$$e_{ex} = -M_y/N = -(67,4)/(-2,2) = 30,636 \text{ m,}$$

$$M_{Sdy} = \eta_y (e_{ax} + e_{ex}) N = -1,001 \times (0,020 + 30,636) \times (-2,2) = 67,5 \text{ kNm.}$$

## *Zbrojenie główne*

**Odniesienie:**

Rozdział 5.

**Komentarz:**

Kontekst służy do wyznaczania wymaganego i deklarowania rzeczywistego zbrojenia głównego. Elementy sterowania okna kontekstów wymiarowania zapewniają dostęp do funkcji i procedur umożliwiających:

- Wyznaczanie powierzchni zbrojenia wymaganego jako wynika z ogólnych równań równowagi aktualnego (wskazywanego przez *znacznik przekroju w oknie schematu pręta*) przekroju prostopadłego w jego stanie nośności granicznej. Sposób wyznaczania zbrojenia oparty jest na zasadach ogólnych normy zawartych w p.5.1.1 normy, a opis algorytmu przedstawiony jest w dalszej części instrukcji.
- Deklarowanie zbrojenia rzeczywistego w postaci wkładki o zadanej średnicy i rozmieszczeniu sugerowanym przez wyniki obliczeń.
- Sprawdzanie warunku stanu granicznego nośności dla zadeklarowanego zbrojenia rzeczywistego.

**Zakres:**

Wszystkie przypadki.

**Elementy sterowania:** Elementy sterowania tego kontekstu wymiarowania zostały zgrupowane w dwóch sekcjach:

*Sekcja Wymagane* zawiera następujące elementy sterowania:

Włącznik **Symetria zbr.**, który służy do włączenia opcji wyznaczania zbrojenia wymaganego (teoretycznego) przy założeniu pełnej symetrii zbrojenia na obu przeciwległych krawędziach zbrojenia. Symetria odnosi się do pól powierzchni tego zbrojenia, z wyjątkiem prętów o przekroju kołowym, kiedy symetria odnosi się do gęstości zbrojenia po obwodzie konturu przekroju kołowego lub pierścieniowego.

Włącznik **Uwzgl. wkładek**, który służy do włączenia opcji uwzględniania wkładek zbrojenia rzeczywistego przy wyznaczaniu zbrojenia wymaganego, co pozwala na określenie ewentualnego niedoboru zbrojenia względem zadeklarowanego zbrojenia rzeczywistego.

**Uwagi:** Włącznik ten jest niedostępny przy włączonym włączniku **Symetria zbr.**

Użycie przycisku **Wyznacz** przy włączonym włączniku **Uwzgl. wkładek** spowoduje wyświetlenie w polach **As1** i **As2** wielkości niedoboru zbrojenia (jeśli ma to miejsce) lub napisu **O.K.** oznaczającego, że pod względem ilościowym niedobór zbrojenia nie występuje, co nie zawsze oznaczać będzie, że zbrojenie na tej krawędzi jest wystarczające. Bowiernosność przekroju zależy także od rozmieszczenia wkładek zbrojenia rzeczywistego, dlatego - dla upewnienia się, czy zbrojenie rzeczywiste jest wystarczające - należy często posługiwać się funkcją związaną z przyciskiem **Sprawdź**.

Przełączniki radiowe **G / G+D / D** ujęte w sekcji **Rodzaj obwiedni:** są ściśle związane z włącznikiem **Obwiednia**, tzn. stają aktywne wówczas, gdy włączony jest włącznik **Obwiednia** oraz z wykresem obwiedni zbrojenia wymaganego w *oknie schematu pręta*. Od wyboru przełącznika zależy sposób wyświetlania obwiedni zbrojenia wymaganego oraz sposób działania funkcji wyszukaj w tym *kontekście wymiarowania*, a mianowicie:

- Przy wybranym przełączniku **G**(górne) w poszczególnych *przekrojach wymiarowania* rzędne wykresu obwiedni zbrojenia na górnej stronie pręta reprezentują maksima absolutne (wyznaczone na podstawie wszystkich możliwych par sił przekrojowych  $M_{sd}$  i  $N_{sd}$  pochodzących od wszystkich kombinacji grup obciążeń) i są rysowane linią pogrubioną, natomiast na stronie dolnej grubość linii wykresu zależy od tego, czy stowarzyszone ekstremum dolne odpowiada tej samej kombinacji

grup obciążeń (linia pogrubiona), czy innej kombinacji (linia normalna).

Działanie funkcji **Wyszukaj** - w tym przypadku - polega na wskazaniu *przekroju wymiarowania*, w którym wielkość rzędnej obwiedni górnej jest największa oraz zainicjowaniu kombinacji grup obciążeń, której ta rzędna odpowiada.

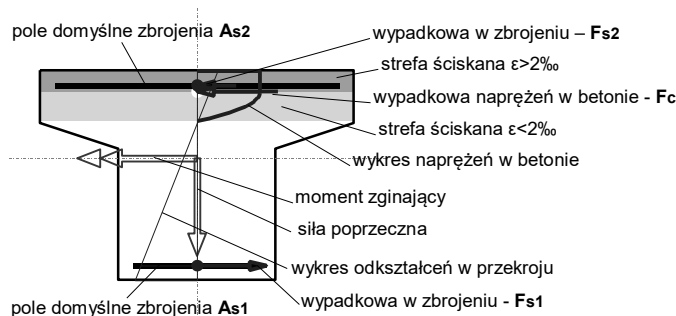
- Przy wybranym przełączniku **G+D**(górne+dolne) w poszczególnych *przekrojach wymiarowania* rzędne wykresu obwiedni zbrojenia po stronie większej wartości (wyznaczone na podstawie wszystkich możliwych par sił przekrojowych  $M_{sd}$  i  $N_{sd}$  pochodzących od wszystkich kombinacji grup obciążeń) i są rysowane linią pogrubioną, natomiast po stronie przeciwległej grubość linii wykresu zależy od tego, czy stowarzyszone ekstremum dolne odpowiada tej samej kombinacji grup obciążeń (linia pogrubiona), czy innej kombinacji (linia normalna).

Działanie funkcji **Wyszukaj** - w tym przypadku - polega na wskazaniu *przekroju wymiarowania*, w którym suma rzędnych obwiedni górnej i dolnej jest największa oraz zainicjowaniu kombinacji grup obciążeń, której ten warunek odpowiada.

- Przy wybranym przełączniku **D**(dolne) w poszczególnych *przekrojach wymiarowania* rzędne wykresu obwiedni zbrojenia na dolnej stronie pręta reprezentują maksima absolutne (wyznaczone na podstawie wszystkich możliwych par sił przekrojowych  $M_{sd}$  i  $N_{sd}$  pochodzących od wszystkich kombinacji grup obciążeń) i są rysowane linią pogrubioną, natomiast na stronie górnej grubość linii wykresu zależy od tego, czy stowarzyszone ekstremum dolne odpowiada tej samej kombinacji grup obciążeń (linia pogrubiona), czy innej kombinacji (linia normalna).

Działanie funkcji **Wyszukaj** - w tym przypadku - polega na wskazaniu *przekroju wymiarowania*, w którym wielkość rzędnej obwiedni dolnej jest największa oraz zainicjowaniu kombinacji grup obciążeń, której ta rzędna odpowiada.

Niezależnie od wyboru przełącznika, w polach **górne:** i **dolne:** *okna kontekstów wymiarowania* wyświetlane są relacje wartości pól zbrojenia wymaganego i rzeczywistego, a dla podkreślenia, że wiążą się z obwiedniami - są one ujęte w nawiasach klamrowych.



Rys. 7

Przycisk Wyznacz, który służy do uruchomienia procedury wyznaczania wielkości zbrojenia wymaganego w przekroju wskazywanym przez *znacznik przekroju*. Wynik działania tej procedury zależy będzie od stanu włącznika **Obwiednia**. Jeśli włącznik ten jest wyłączony, to w polach **As1**: i **As2**: wyświetlane są relacje wartości zbrojenia wymaganego i rzeczywistego dla sił przekrojowych odpowiadających kombinacji aktywnych grup obciążeń (wyświetlanych w *oknie statusu* głównego *okna roboczego* modułu), natomiast przy włączonym włączniku - w polach tych (opisanych jako **górne**: i **dolne**:) wyświetlane relacje zawierają ekstremalne wartości (obwiednie) zbrojenia wymaganego.

Efektom działania tej procedury jest wyznaczenie (Rys. 7):

- wartości i położenia domyślnych pól zbrojenia wymaganego **As1** i **As2** dla obliczeniowej pary sił przekrojowych **Nsd** i **Msd** działających w aktualnym przekroju pręta,
- sił wewnętrznych **Fc**, **Fs1**, **Fs2**,
- strefy ściskanej przekroju,
- wykresów naprężeń w strefie ściskanej betonu i wykresu odkształceń w przekroju.


Algorytm obliczeń spełnia założenia normy i opiera się na procedurach iteracyjnych, a szczegóły na ten temat są przedstawione w dalszej części instrukcji. W pewnych przypadkach proces iteracyjny może okazać się niestabilny, a obliczenia mogą zakończyć się niepowodzeniem.

W polach informacyjnych **As1** i **As2** wyświetlane są wartości pól obliczonego zbrojenia wymaganego, a nawiasach - przeliczenie tego pola na liczbę wkładek o domyślnej średnicy. Jeśli wartość pola zbrojenia wymaganego jest opatrzona znakiem \*, to oznacza, że podana wartość wy-

nika z wymagań normowych odnośnie minimalnego zbrojenia w elementach żelbetowych. Jeśli pole **As1** lub **As2** jest wyświetlone na czerwono, to oznacza, że wymagana wielkość zbrojenia jest większa od powierzchni zbrojenia rzeczywistego w danej strefie przekroju.

**Uwagi:** Jeśli włącznik **Obwiednia** jest wyłączony, to po wykonaniu obliczeń w *oknie przekroju* wyświetlone zostaną wykresy naprężeń w betonie i odkształceń oraz symbole sił wewnętrznych (**Fc** - wypadkowa bryły naprężeń w strefie ściskanej betonu, **Fs1** - wypadkowa sił w wymaganym zbrojeniu rozciągającym lub mniej ściskającym, **Fs2** - wypadkowa sił w zbrojeniu ściskającym lub mniej rozciągającym). a także domyślne pola zbrojenia wymaganego w stanie granicznym nośności przekroju prostopadłego.

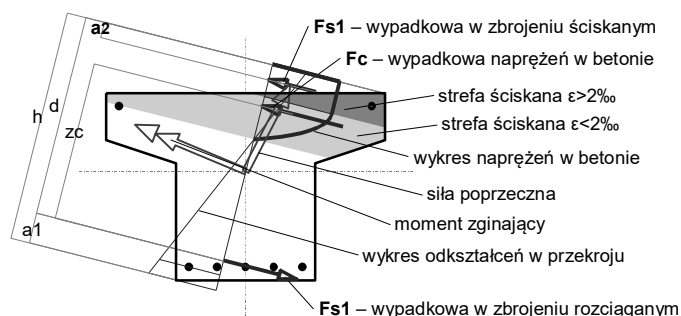
Jeśli przy aktualnych siłach przekrojowych zbrojenie ze względu na nośność przekroju prostopadłego nie jest wymagane, to wykresy w *oknie przekroju* są wyświetlane w kolorze niebieskim. W przeciwnym razie - w kolorze czerwonym. Efekt działania procedury związanej z przyciskiem **Wyznacz** będzie również zależny od stanu *włączników* **Symetria zbr.** i **Uwzgl. wkładek**. Przy włączonym włączniku **Symetria zbr.** wyznaczone zbrojenie wymagane spełnia dodatkowo warunek tego zbrojenia na obu krawędziach przekroju, natomiast włączenia włącznika **Uwzgl. wkładek** sprawia, że wyznaczany jest tylko ewentualny niedobór zbrojenia wymaganego w stosunku do zbrojenia rzeczywistego.

Użycie przycisku **Wyznacz** w sytuacji, gdy nie ma zadeklarowanego zbrojenia rzeczywistego, spowoduje, że - zamiast domyślnych pól zbrojenia wymaganego - w przekroju pręta zostanie automatycznie zaproponowane rozmieszczenie wkładek zbrojenia o średnicy wybranej z *listy  $\Phi$* . Jeśli zaproponowany rozkład zbrojenia rzeczywistego jest do zaakceptowania, to należy otworzyć okno dialogowe **Rozmieszczanie wkładek zbrojenia głównego** za pomocą przycisku **Zmień...** *okna kontekstów wymiarowania* lub przycisku  okna dialogowego modułu, a następnie zaakceptować proponowany rozkład wkładek.

**Sekcja Rzeczywiste** zawiera następujące elementy sterowania:

**Lista wyboru średnic  $\Phi$** , która służy do wyboru domyślnej średnicy wkładek zbrojenia głównego. Wielkość domyślnej średnicy ma wpływ na odległość tzw. krawędzi zbrojenia od poszczególnych krawędzi konturu przekroju oraz na wartość sugerowanej liczby wkładek wyznaczanej przez program na podstawie wielkości pola zbrojenia wymaganego, a wyświetlanej w nawiasach okrągłych w relacjach pól zbrojenia wymaganego do rzeczywistego oraz na wykresach zbrojenia wymaganego w oknie *schematu pręta*.

**Pole edycyjne  $c$**  służy do zadawania wielkości otulenia na aktywnej *krawędzi zbrojenia* przekroju w [mm]. Obok tego pola usytuowany jest włącznik **Wszystkie kraw.**, którego włączenie sprawi, że zadawana wielkość otulenia będzie dotyczyć wszystkich krawędzi.



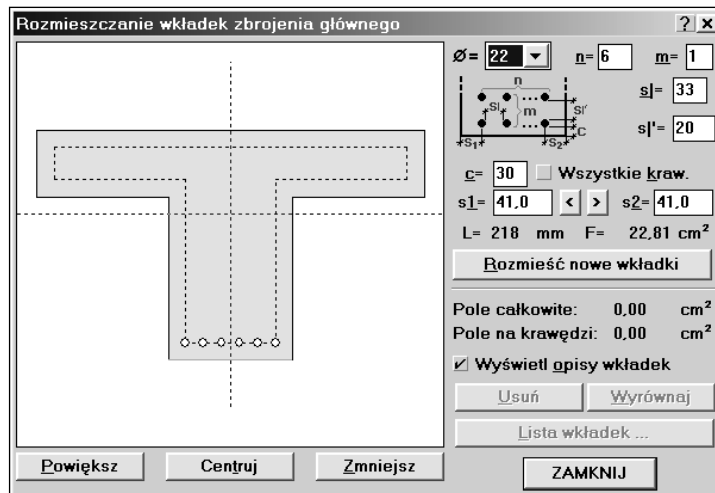
Rys. 8

**Przycisk Sprawdź** służy do wywołania procedury sprawdzania warunku nośności granicznej aktualnego przekroju prostopadłego. Efektem działania tej procedury jest wyznaczenie *współczynnika wykorzystania nośności* przekroju prostopadłego tzn. stosunku wartości obliczeniowej do nośności przekroju, wyrażonej w momentach zginających ( $M_{sd}/M_{Rd}$ ) lub w siłach osiowych ( $N_{sd}/N_{Rd}$ ) - w zależności od przypadku. Wyznaczanie tego współczynnika odbywa się przy założeniu interakcji sił przekrojowych  $N/M = N_{Rd}/M_{Rd}$ , czyli dochodzenie do stanu granicznego nośności przekroju odbywa się równomiernie, zarówno dla  $M$  jak i  $N$ . Po wykonaniu obliczeń, w polu **SGN** wyświetlana jest wartość *współczynnika wykorzystania nośności* w relacji do jedynki, przy czym, przekroczenie nośności sygnalizowane jest kolorem czerwonym, a związany z tą sytuacją wykres w *oknie przekroju pręta* odpowiada stanowi gra-



niczemu nośności przekroju (Rys. 8), natomiast przy wartości mniejszej od 1, odpowiednie wykresy i symbole w oknie przekroju pręta odpowiadają stanowi równowagi wewnętrznej i są wyświetlane w kolorze niebieskim.

Przycisk Zmień... umożliwia wywołanie okna dialogowego **Rozmieszczanie prętów zbrojenia głównego** (Rys. 9).



Rys. 9

Okno dialogowe wyposażono w elementy umożliwiające szybkie i swobodne rozmieszczanie wkładek zbrojenia, a mianowicie:

Lista wyboru średnic  $\Phi$  = wkładek służąca do wyboru średnicy rozmieszczanych wkładek.

Pola edycyjne:

**n** - liczba deklarowanych wkładek na aktywnej krawędzi zbrojenia. Jeśli zadana liczba wkładek nie mieści się w jednej warstwie, to wynik procedur związanych z rozmieszczaniem jest zależny od wartości parametru **m**, a mianowicie: przy  $m=1$  wkładki są rozmieszczane w tylu warstwach, aby utrzymać zadaną liczbę prętów, natomiast przy  $m>1$ , najpierw korygowana jest liczba **n** do wartości maksymalnej liczby wkładek jakie mogą się pomieścić w jednej warstwie (z zachowaniem otulenia na krawędziach bocznych oraz minimalnego odstępu między wkładkami w warstwie **s|** i odstępu między warstwami w świetle **s|'**), a następnie wkładki są rozmieszczane

równomiernie w **m**-warstwach i **n**-rzędach, a ich ostateczna liczba wynosi **n**×**m**.

- m** - liczba warstw wkładek (domyślnie  $m=1$ ),
- s|'** - odległość (w mm) między warstwami (w świetle), która powinna spełniać stosowne wymagania normowe,
- c** - wielkość otulenia (w mm). która ma ona ograniczenia normowe uwarunkowane między innymi średnicą wkładki. W związku z tym, przy zmianie średnicy pręta na liście średnic, następuje automatyczna korekcja otulenia do wartości minimalnej dla danej średnicy wkładki. Wielkość otulenia jest związana z aktywną krawędzią zbrojenia, co oznacza, że dla każdej krawędzi zbrojenia można zadać inną jej wartość.
- s|** - minimalna odległość (w mm) między wkładkami (w świetle) wzdłuż krawędzi zbrojenia, której wartość powinna spełniać wymagania normowe. Wielkość ta jest brana pod uwagę w operacjach rozmieszczania prętów na danej krawędzi zbrojenia.
- s1** - początek bazy rozmieszczania wkładek na aktywnej krawędzi zbrojenia, która jest mierzona wzdłuż krawędzi od wierzchołka początkowego krawędzi do środka najbliższej wkładki. Zmiana wartości tej wielkości w jej polu edycyjnym powoduje zmianę długości bazy.
- s2** - koniec bazy rozmieszczania wkładek na aktywnej krawędzi zbrojenia, która jest mierzona wzdłuż krawędzi od wierzchołka końcowego krawędzi do środka najbliższej wkładki. Zmiana wartości tej wielkości w jej polu edycyjnym powoduje zmianę długości bazy.

Przyciski < i > służą do przesuwania bazy rozmieszczania wkładek wzdłuż aktywnej krawędzi zbrojenia. Przy czym każdemu pojedynczemu użyciu przycisku towarzyszy przesunięcie bazy o 10 mm lub 1 mm - gdy jego użycie jest połączone z wciśniętym klawiszem [**Shift**].

Przycisk **Rozmieść nowe wkładki** służy do automatycznego rozmieszczenia wkładek zadeklarowanych w polach **n** i **m** na aktywnej krawędzi przekroju.

Włącznik **Wyświetl opisy wkładek** służy do włączenia opcji wyświetlania opisów wkładek zbrojenia rzeczywistego, które zostały wcześniej rozmieszczone.

Przycisk **Usuń** powoduje usuwanie wkładek wcześniej zadeklarowanego zbrojenia. Przycisk ten należy używać w kombinacjach z klawiszami: **[Ctrl]** - dla usunięcia wszystkich wkładek oraz **[Shift]** - dla usunięcia wkładek przypisanych do aktywnej krawędzi zbrojenia. Użycie tego przycisku bez kombinacji powoduje usunięcie wkładek zaznaczonych.

Przycisk **Wyrównaj** służy do automatycznego wyrównywania wkładek na aktywnej *krawędzi zbrojenia* i jest dostępny wówczas, gdy na krawędzi aktywnej wkładki są w jednej warstwie i o tej samej średnicy. Funkcja związana z tym przyciskiem jest użyteczna, gdy zachodzi potrzeb wyrównania wkładek po usunięciu jednej lub kilku wkładek z krawędzi zbrojenia.

Przycisk **Lista wkładek** służy do otwarcia okna dialogowego **Lista wkładek zbrojenia głównego**, którego elementy sterowania są przeznaczone do dokonywania cyfrowej korekcji rozmieszczenia wkładek zbrojenia w przekroju oraz ich odgięć i skrótów.

Przycisk **Powiększ** powoduje automatyczne dopasowanie skali rysunku przekroju, tak aby aktywna krawędź zbrojenia w maksymalnym stopniu wypełniała obszar okna przekroju.

Przycisk **Centruj** powoduje automatyczne dopasowanie skali rysunku przekroju, tak aby w całości mieścił się w oknie przekroju.

Przycisk **Zmniejsz** powoduje automatyczne dwukrotne zmniejszenie skali rysunku przekroju.

Okno rysunku przekroju:

Zawiera wyskalowany rysunek przekroju, którego elementami są: linie konturu przekroju, wkładki zbrojenia głównego (rzeczywistego), krawędzie zbrojenia będące bazą do rozmieszczania wkładek - w aktualnym przekroju. Jedna z krawędzi zbrojenia jest wyróżniona kolorem negacji jako aktywna. Okno przekroju pręta, po jego uaktywnieniu (poprzez kliknięcie przyciskiem myszy w obszarze okna lub sekwencyjnie przy pomocy klawisza **[Tab]**) oprócz poleceń odbieranych przez *okno przekroju pręta* (zmiana skali rysunku, usuwanie wkładek - opisanych wyżej) dla może dodatkowo odbierać polecenia związane z pozycjonowaniem bazy rozmieszczania wkładek zbrojenia, co polega na używaniu klawiszy-strzałek. Każdorazowe użycie tych klawiszy spowoduje przesunięcie (o 10 mm) bazy

wzdłuż aktywnej krawędzi zbrojenia i w kierunku odpowiadającym klawiszowi. Jeśli operacje te są dokonywane przy wciśniętym klawiszu [**Shift**], to wielkość przesunięcia wynosi 1 mm.

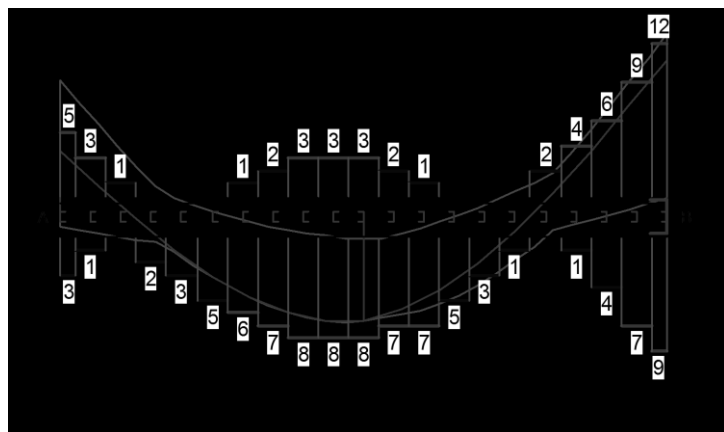
**Uwaga:** W przypadku przekroju kołowego lub pierścieniowego bazą rozmieszczania jest linia zbrojenia na całym obwodzie konturu zewnętrznego przekroju, a wkładki są rozmieszczane równomiernie na całym obwodzie.

**Funkcja Wyszukaj:** Powoduje uruchomienie procedury wyszukiwania przekroju (spośród przekrojów domyślnych).

Efekt wyszukiwania zależy od stanu włącznika **Obwiednia** i tak:

- przy stanie wyłączonym procedura wyszukuje przekrój domyślny, w którym sumaryczna wielkość zbrojenia wymaganego jest największa dla kombinacji aktywnych grup obciążeń,

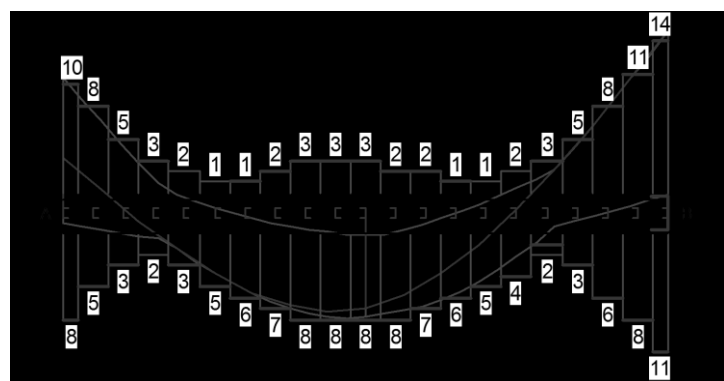
**Uwaga:** Po zakończeniu wyszukiwania, w *oknie schematu pręta* rysowany jest diagram zbrojenia wymaganego (Rys. 10), którego słupki są proporcjonalne do liczby wymaganych prętów, a strona pręta, po której są rysowane sugeruje, gdzie zbrojenie ma być umieszczane. Znacznik przekroju wskazuje przekrój, w którym sumaryczne zbrojenie wymagane jest największe. Szczyty słupków diagramu są rysowane w trzech kolorach. Kolor czerwony oznacza, że rzeczywista wielkość zbrojenia jest mniejsza od wymaganej, kolor niebieski oznacza, że zbrojenie rzeczywiste jest wystarczające, natomiast kolor czarny oznacza, że zbrojenie nie jest obliczeniowo wymagane, lecz ze względu na wymagania normowe przyjmowane jako minimalne.



Rys. 10

- przy stanie włączonym procedura wyszukuje przekrój domyślny, w którym ekstremalna wielkość zbrojenia wymaganego - zależności od wyboru przełączników **G / G+D / D** (patrz: opis przełączników) - jest największa, a ponadto inicjowana jest automatycznie kombinacja grup obciążeń, którym ta wartość ekstremalna odpowiada.

**Uwaga:** Po zakończeniu wyszukiwania, w oknie *schematu pręta* rysowane są obwiednie zbrojenia wymaganego (Rys. 11), którego słupki są proporcjonalne do liczby wymaganych prętów, a strona pręta, po której są rysowane sugeruje, gdzie zbrojenie ma być umieszczane. Znacznik przekroju wskazuje przekrój, w którym ekstremalna wielkość zbrojenia wymaganego (zależnie od wyboru przełączników **G / G+D / D**) jest największa. Szczyty słupków wykresu są zawsze rysowane w kolorze czerwonym.



Rys. 11

Po uaktywnieniu *okna schematu pręta* można dokonywać przenoszenia *znacznika przekroju* po przekrojach domyślnych. tj. bezpośrednio - poprzez zbliżenie kursora myszy do zamierzonego przekroju i kliknięcie prawym przyciskiem myszy lub sekwencyjnie - używając klawiszy-strzałek przy wciśniętym klawiszu [Shift]. Każdej zmianie położenia znacznika towarzyszy odpowiednia aktualizacja zawartości *okna przekroju pręta* oraz *okna kontekstów wymiarowania*.

**Uwagi:**

Ze względu na nieliniowość zagadnienia, wyznaczanie zbrojenia wymaganego odbywa się iteracyjnie, a podstawą algorytmu obliczeń są równania równowagi wewnętrznej przekroju prostopadłego w stanie granicznym jego nośności. Przed rozpoczęciem procedury iteracyjnej wyznaczane są domyślne pola zbrojenia wymaganego (odcinki na potencjalnych liniach zbrojenia), a ich położenie jest przyjmowane tak, aby ich środki ciężkości leżały w płaszczyźnie zginania. W każdym kroku iteracyjnym wyznaczany jest stan odkształcenia w przekroju z odkształceniowych równań równowagi wewnętrznej oraz - z dodatkowych równań stanu granicznego - wielkości pól zbrojenia wymaganego. W pewnych sytuacjach (raczej rzadkich), zwłaszcza przy ściskaniu z mimośrodami siły osiowej w obu płaszczyznach, algorytm staje się niestabilny, a proces iteracyjny kończy się niepowodzeniem. Dlatego funkcję wyznaczania zbrojenia wymaganego należy traktować jako narzędzie pomocnicze dla właściwego zaprojektowania zbrojenia rzeczywistego, a za miarodajne kryterium prawidłowości przyjętego zbrojenia głównego należy uznać sprawdzanie warunków nośności granicznej przekrojów prostopadłych.

W pewnych przypadkach - zwłaszcza przy ściskaniu z małym mimośrodem lub przy zginaniu z małą wysokością strefy ściskanej - w wyświetlanych relacjach wielkości zbrojenia wymaganego i rzeczywistego może zachodzić relacja pozornego braku zbrojenia. Wynika to z różnic podziału na strefy w stanach granicznych przekroju dla zbrojenia wymaganego i rzeczywistego. Dlatego, w przypadku wątpliwości, należy zawsze posługiwać się funkcją **Sprawdź** tego kontekstu wymiarowania.

Należy tu również zwrócić uwagę na nieco odmienne traktowanie przekroju kołowego lub pierścieniowego, dla którego pola domyślne zbrojenia wymaganego składają się z krawędzi zbrojenia rozłożonych na obwodzie przekroju ze stałą wartością otulenia. Liczba tych odcinków jest

zawsze równa 24. Dla takich przekrojów jest możliwe wyznaczanie zbrojenia przy założeniu symetrii osiowej (czyli przy równomiernej gęstości zbrojenia) lub bez. Do wyboru wariantu służy *przełącznik wyboru Symetria zbr.*

### Funkcje Do Worda:

**Do Schowka:** Powodują umieszczenie w schowku odpowiednio sformatowanego arkusza tekstowo-graficznego zawierającego informacje odnośnie wielkości zbrojenia wymaganego w przekroju wskazywanym przez *znacznik przekroju w oknie schematu pręta*, a mianowicie:

w części tekstowej:

- ✓ położenie przekroju
- ✓ warunki wymiarowania
- ✓ wartości obliczeniowe sił przekrojowych
- ✓ cechy wytrzymałościowe betonu i stali zbrojeniowej
- ✓ obliczone wartości pól zbrojenia wymaganego
- ✓ geometryczne wielkości stanu sił wewnętrznych
- ✓ wielkości statyczne związane ze stanem sił wewnętrznych
- ✓ warunki równowagi wewnętrznej przekroju

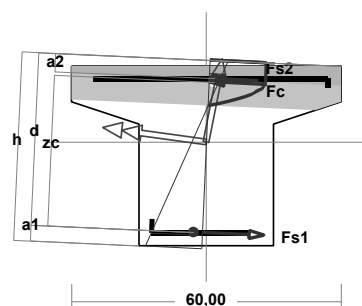
w części graficznej:

- ✓ rysunek przekroju z zaznaczonymi:
  - symbolami sił przekrojowych
  - strefą ścisną (sprężystą i plastyczną) betonu
  - wykresami naprężeń w strefie ścisanej beton i odkształceń przekroju
  - wymiarami geometrycznymi związanymi z konfiguracją sił wewnętrznych
  - domyślnymi (sugerowanymi przez program) polami rozmieszczenia zbrojenia wymaganego  $A_{s1}$  i - ewentualnie -  $A_{s2}$

### Przykład:

#### Zbrojenie wymagane:

(zadanie: przykład, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=2,70$  m,  $x_b=3,30$  m)



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd} = -1,0 \text{ kN},$$

$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-159,6^2 + 22,3^2)} = 161,2 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 6,8 \text{ MPa}, f_{yd} = 310 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1} = 10,00 \text{ ‰}$ ):

$$A_{s1} = 15,26 \text{ cm}^2 \Rightarrow (8 \square 16 = 16,08 \text{ cm}^2),$$

Zbrojenie ścisane ( $\epsilon_c = -3,50 \text{ ‰}$ ):

$$A_{s2} = 6,29 \text{ cm}^2 \Rightarrow (4 \square 16 = 8,04 \text{ cm}^2)$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 21,55 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 21,55 / 1515 = 1,42 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=42,0, d=38,4, x=10,0 (\xi=0,259),$$

$$a_1=3,5, a_2=4,1, a_c=4,8, z_c=33,6, A_{cc}=522 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c=-3,50 \text{ ‰}, \varepsilon_{s2}=-2,49 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm] ( $\zeta$  - mierzone w płaszczyźnie zginania):

$$F_c = \iint \sigma_c \cdot dA_{cc} = -279,1, F_{s1} = \iint \sigma_s \cdot dA_{s1} = 473,1, F_{s2} = \iint \sigma_s \cdot dA_{s2} = -195,0,$$

$$M_c = \iint \sigma_c \cdot \zeta \cdot dA_c = 37,6, M_{s1} = \iint \sigma_s \cdot \zeta \cdot dA_{s1} = 95,7, M_{s2} = \iint \sigma_s \cdot \zeta \cdot dA_{s2} = 27,8,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} + F_{s2} = -279,1 + (473,1) + (-195,0) = -1,0 \text{ kN} (N_{sd} = -1,0 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} + M_{s2} = 37,6 + (95,7) + (27,8) = 161,2 \text{ kNm} (M_{sd} = 161,2 \text{ kNm})$$

***Długości wybozeniowe*****Odniesienie:**

Załącznik C normy.

**Komentarz:**

Kontekst służy do określania współczynników długości wybozeniowych pręta zarówno w płaszczyźnie ustroju jak i w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju. Długości wybozeniowe mogą być wyznaczane wg zasad zawartych w Załączniku C normy lub wg ogólnych zasad wynikających z mechaniki.

Współczynniki długości wybozeniowych są wyznaczane na podstawie tzw. podatności pręta na obroty w węzłach oraz na jego przechył. Możliwe są dwa sposoby określania stopni podatności węzłów dla wybożenia w płaszczyźnie układu ( $\kappa_a$  - węzła A,  $\kappa_b$  - węzła B,  $\kappa_v$  - na przechył pręta)

1. **Normowy** - ściśle wg postanowień zawartych w Załączniku C normy - zalecany w przypadkach, gdy uwarunkowania pręta w pełni odpowiadają przypadkom opisanym w normie.
2. **Mechaniczny** - zgodny z klasyczną teorią stateczności pręta przy wybożeniu giętnym. W tym przypadku współczynniki podatności węzłów wyznaczane są na podstawie rzeczywistych sztywności węzłów pręta w sposób opisany instrukcji obsługi modułu RM-WIN. Metoda ta jest zalecana w sytuacji, gdy uwarunkowania pręta wykraczają poza przypadki opisane w normie lub gdy w szczególnej sytuacji zalecenia normy są zbyt rygorystyczne, a rzeczywista forma utraty stateczności układu nie odpowiada przyjętej w normie.

Przy **normowym** sposobie wyznaczania współczynników podatności pręta na obrót w węzłach sprawdzane są połączenia pręta z innymi prętami ustroju oraz wrażliwość pręta na przechył, a odpowiednie współczynniki podatności oraz wynikający z nich współczynnik długości wybozeniowej - są wyznaczane wg wzorów zawartych w Tablicy C.2. Sprawdzenie czy układ jest *przesuwny* ze względu na



wyboczenie analizowanego pręta odbywa się poprzez wyznaczenie podatności układu na przesuw w kierunku prostopadłym do pręta. Następnie przyjmowana jest podatności  $\kappa_v = 1$  dla układów przesuwnych i  $\kappa_v = 0$  - dla nieprzesuwnych.

Dla określenia współczynnika długości wyboczeniowej pręta przy jego wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny ustroju, wartości stopni podatności muszą być zadane przez użytkownika, a domyślnie są one inicjowane przez program jako równe odpowiednio  $\kappa_a = 1$ ,  $\kappa_b = 1$ ,  $\kappa_v = 0$ , co odpowiada schematowi pręta dwustronnie przegubowego bez możliwości przechyłu.

Wartości stopni podatności muszą się zawierać w granicach od **0** do **1**, co wynika z ich definicji, a mianowicie:  $\kappa = 1/(1+K_w)$  - dla stopni podatności węzłów, gdzie  $K_w$  jest stosunkiem sztywności prętów sąsiednich do sztywności pręta.

Jeśli pręt nie ma oporu na obrót w węźle (przegub,  $K_o=0$ ) lub na przesuw (obustronnie przegubowy,  $K_v=0$ ), to wartości stopni podatności są równe **1**, natomiast gdy pręt jest całkowicie zamocowany w węźle (sztywne zamocowanie  $K_o=\infty$ ) lub nieprzesuwny (węzły pręta nieprzesuwne,  $K_v=\infty$ ), to stopnie podatności są równe **0**.

Na podstawie stopni podatności węzłów wyznaczany jest współczynnik długości wyboczeniowej  $\beta$  wg wzorów zawartych we wspomnianej tabeli.

Długość teoretyczna pręta  $l_{col}$  może być w tym kontekście zmieniona stosownie do rzeczywistych warunków podparcia pręta i to niezależnie w obu kierunkach. Dzięki temu można np. dokonać zmniejszenia długości obliczeniowej pręta biorąc pod uwagę odległość w świetle podparć, połączeń lub dodatkowych stężeń, albo zwiększenia długości pręta np. przy braku zabezpieczenia przed wyboczeniem.

**Zakres:**

Pręty ściskane, dla których uwzględnienie wpływu smukłości jest wymagane postanowieniami normy.

**Elementy sterowania:** *Okno kontekstów wymiarowania* zawiera:

Pole edycyjne:

**ka** - stopień podatności pręta na obrót węzła A,

**kb** - stopień podatności pręta na obrót węzła B,

**kv** - stopień podatności pręta na przesuw,

**lcol** - odległość między punktami podparcia pręta (słupa), odpowiednio w kolumnach: w płaszczyźnie ustroju oraz prostopadłej.

Pole informacyjne:

$\beta$  - współczynniki długości wyboczeniowych,  
 $\beta \times l_{col}$  - długości obliczeniowe,  
 w obu płaszczyznach wyboczenia pręta (słupa).  
*Przełączniki radiowe Sposób wyznaczania długości wy-*  
**bocz.**, które służą do wyboru metody wyznaczania współ-  
 czynników długości wyboczeniowych pręta.

**Funkcja Wyszukaj:** Nieaktywna.

**Uwagi:** Przy zmianie wymiarów przekroju oraz przy zmianie schematu statycznego układu aktualizowane są wartości stopni podatności pręta dla wyboczenie w płaszczyźnie ustroju wyznaczone w sposób *normowy* lub *mechaniczny*. Przy *mechanicznym* sposobie wyznaczania tych podatności dodatkowo aktualizacja następuje przy każdej zmianie obciążeń ustroju.

**Funkcje Do Worda:**

**Do Schowka:** Powodują umieszczenie w schowku odpowiednio sformatowanego arkusza tekstowego zawierającego wyliczenia współczynników długości wyboczeniowych pręta, a mianowicie:

- ✓ wartości stopni podatności i sztywności względnej węzłów pręta
- ✓ wyliczenia współczynników długości wyboczeniowych w obu płaszczyznach wyboczenia, przy czym wyliczenia zależą od wybranej metody ich wyznaczania, tj. normowa lub wg zasad mechaniki.

*Przykład (metoda normowa):*

**Długości wyboczeniowe pręta:**

Zadanie: przykład, pręt nr 2

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik  $\beta$  obliczono jak dla pręta dwustronnie zamocowanego w układzie przesuwym  
 ze wzoru (C.1)  $l_o = \beta l_{col}$ ,  $l_{col}=6,200$  m,  
 podatności węzłów:  $\kappa_a=0,000 \Rightarrow k_A=(1/\kappa_a-1)=\infty$ ,  $\kappa_b=0,480 \Rightarrow k_B=(1/\kappa_b-1)=1,085$ ,  
 $\beta=1+1/(5k_A+1) + 1/(5k_B+1) + 0,2/(k_A+k_B) =$   
 $1 + 1/(5 \times \infty + 1) + 1/(5 \times 1,085 + 1) + 0,2/(\infty + 1,085) = 1,156 \Rightarrow l_o = 1,156 \times 6,200 = 7,165$  m

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik  $\beta$  obliczono jak dla pręta swobodnego:  
 ze wzoru (C.1)  $l_o = \beta l_{col}$ ,  $l_{col}=6,200$  m,  
 podatności węzłów:  $\kappa_a=1,000 \Rightarrow k_A=(1/\kappa_a-1)=0,000$ ,  $\hat{e}_b=1,000 \Rightarrow k_B=(1/\kappa_b-1)=0,000$ ,  
 $\beta=1,000 \Rightarrow l_o = 1,000 \times 6,200 = 6,200$  m

*Przykład (metoda wg zasad mechaniki):*

**Długości wyboczeniowe pręta:**

zadanie PRZYKŁAD, pręt nr 2

**- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

podatności węzłów ustalone według zasad mechaniki,

podatności węzłów:  $\kappa_a=0,000$ ,  $\kappa_b=0,301$ ,  $\kappa_v=0,589$ ,  $\Rightarrow \mu=1,065$ , dla  $l_{col}=6,200$ ,

$l_o=\mu l_{col} = 1,065 \times 6,200 = 6,603$  m

**- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:**

podatności węzłów ustalone według zasad mechaniki,

podatności węzłów:  $\kappa_a=1,000$ ,  $\kappa_b=1,000$ ,  $\kappa_v=0,000$ ,  $\Rightarrow \mu = 1,000$ , dla  $l_{col} = 6,200$ ,  $l_o=$

$\mu l_{col} = 1,000 \times 6,200 = 6,200$  m

---

### *Uwzględnienie wpływu smukłości*

---

**Odniesienie:**

Punkty 5.3.1, 5.3.2 i 5.3.3

**Komentarz:**

Kontekst jest przeznaczony do określania wielkości, od których zależą wartości współczynników  $\eta$  wyrażających wpływ smukłości na wartość mimośrodków przyłożenia ściskającej siły osiowej (w obu płaszczyznach), co jest realizowane ściśle wg postanowień normy, przy czym, wartości sił krytycznych są zawsze wyznaczane wg wzoru (38) normy. W przypadku braku zbrojenia rzeczywistego, przy wyznaczeniu sił krytycznych przyjmowana jest domyślnie wielkość zbrojenia na podstawie domyślnych stopni zbrojenia określanych w oknie dialogowym **Parametry wymiarowania** (przycisk **Opcje**).

**Zakres:**

Pręty ściskane, dla których uwzględnienie wpływu smukłości jest wymagane postanowieniami normy.

**Elementy sterowania:** *Okno kontekstów wymiarowania* zawiera:*Pola edycyjne:*

- kondygn.** - numer kondygnacji, określający położenie słupa w układach szkieletowych, co się wiąże z wyznaczaniem mimośrodków niezamierzonych,
- eay, eax** - wartości mimośrodków niezamierzonych, które domyślnie są wyznaczane automatycznie, ale mogą być zmieniane przez użytkownika. Jeśli w danej płaszczyźnie uwzględnienie wpływu smukłości nie jest konieczne, to wartość mimośrodu jest zerowana, a pole to nie jest dostępne,
- Nd/N** - stosunek wartości długotrwałej części siły osiowej do jej całkowitej wartości obliczeniowej,
- $\Phi(t,t_o)$**  - końcowy współczynnik pełzania betonu według punktu 2.2.3 normy.

*Pola informacyjne:*

- eey, eex** - mimośrodów statycznych wyznaczane wg Pkt. 5.3.2 na podstawie rozkładów momentów zginających odpowiednio w obu płaszczyznach,
- eo<sub>y</sub>, eo<sub>x</sub>** - mimośrodów całkowite w obu płaszczyznach,
- lcy, lcx** - momenty bezwładności przekroju betonowego w obu płaszczyznach,
- l<sub>sy</sub>, l<sub>sx</sub>** - momenty bezwładności zbrojenia w obu płaszczyznach,
- N<sub>crit</sub>** - obliczone siły krytyczne w obu płaszczyznach,
- η<sub>y</sub>, η<sub>x</sub>** - obliczone wartości współczynników wyrażających wpływ smukłości na wartości mimośrodków w obu płaszczyznach.

**Funkcja Wyszukaj:** Nieaktywna.

**Funkcje Do Worda:**

**Do Schowka:** Powodują umieszczenie w schowku odpowiednio sformatowanego arkusza tekstowego zawierającego szczegółowe dane oraz wyliczenia współczynników zwiększających mimośrody początkowe ściskającej siły osiowej w przekrojach pręta, a mianowicie:

- ✓ dane i wyliczenia mimośrodków: niezamierzonego, statycznego i początkowego
- ✓ dane i wyliczenia wartości sił krytycznych w obu płaszczyznach wybożenia.

*Przykład:*

**Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:**

Zadanie: przykład, pręt nr 2

**- w płaszczyźnie ustroju:**

mimośród niezamierzony: ( $l_{col}=6,200$  m,  $h=0,400$  m,  $n=1$ )

$$e_a = \max \left\langle \frac{l_{col}}{600} \left( 1 + \frac{1}{n} \right) \frac{h}{30}, 0,01 \right\rangle = \max \langle 0,021, 0,013, 0,010 \rangle = 0,021 \text{ m, przyjęto:}$$

$$e_a = 0,021 \text{ m,}$$

mimośród statyczny:  $M_{max} = \max M_{Sd} = 101,5$  kNm,  $N_{Sd} = -1347,9$  kN  $\Rightarrow e_e = |M_{max}/N| = |101,5/(-1347,9)| = 0,075$  m,

mimośród początkowy:  $e_o = e_a + e_e = 0,021 + 0,075 = 0,096$  m,

obliczenie siły krytycznej:

- długość wybożeniowa:  $l_o = 6,603$  m (obliczona wg zasad mechaniki),

- moduł sprężystości betonu:  $E_{cm} = 27,5 \cdot 10^6$  kPa,

- momenty bezwładności:  $I_c = 21,3333 \cdot 10^{-4}$  m<sup>4</sup>,

$$I_s = 1,3552 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4 \text{ (dla zbrojenia rzeczywistego)}$$

-  $e_o/h = \max \langle (e_a + e_e)/h, 0,05, 0,5 - 0,01(l_o/h + f_{cd}) \rangle = \max \langle 0,241, 0,05, 0,228 \rangle = 0,241$ ,

-  $k_{lt} = 1 + 0,5 (N_{Sd,lt}/N_{Sd}) \Phi_{\infty to} = 1 + 0,5 \times 1,000 \times 2,00 = 2,000$ ,

$$N_{crit} = \frac{9}{l_o^2} \left[ \frac{E_{cm} I_c}{2k_{lt}} \left( \frac{0,11}{0,1 + \frac{e_o}{h}} + 0,1 \right) + E_s I_s \right] =$$

$$\frac{9}{6,603^2} \left[ \frac{2,750 \cdot 10^7 \times 2,133 \cdot 10^3}{2 \times 2,000} \left( \frac{0,11}{0,1 + 0,241} + 0,1 \right) + 2,0 \cdot 10^8 \times 1,355 \cdot 10^4 \right] = 6875,1 \text{ kN}$$

współczynnik zwiększający mimośród początkowy:

$$\eta = \frac{1}{1 - N_{sd}/N_{crit}} = \frac{1}{1 - (1347,9 / 6875,1)} = 1,244$$

#### **- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:**

mimośród niezamierzony: ( $l_{col}=6,200 \text{ m}$ ,  $h=0,400 \text{ m}$ )  $e_a = \max \left\langle \frac{l_{col}}{600}, \frac{h}{30}, 0,01 \right\rangle$

$= \max \langle 0,010, 0,013, 0,010 \rangle = 0,010 \text{ m}$ , przyjęto:  $e_a=0,013 \text{ m}$ ,

mimośród statyczny:  $M_{max} = 0,0 \text{ kNm}$ ,  $N_{sd} = -1347,9 \text{ kN} \Rightarrow e_e = |M_{max}/N| = |0,0/(-1347,9)| = 0,000 \text{ m}$ ,

mimośród początkowy:  $e_o = e_a + e_e = 0,013 + 0,000 = 0,013 \text{ m}$ ,

obliczenie siły krytycznej:

- długość wybocheniowa:  $l_o = 6,200 \text{ m}$  (obliczona wg zasad mechaniki),

- moduł sprężystości betonu:  $E_{cm} = 27,5 \cdot 10^6 \text{ kPa}$ ,

- momenty bezwładności:  $I_c = 21,3333 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$ ,

$I_s = 0,6569 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$  (dla zbrojenia rzeczywistego

-  $e_o/h = \max \langle (e_a + e_e)/h, 0,05, 0,5 - 0,01(l_o/h + f_{cd}) \rangle = \max \langle 0,033, 0,05, 0,238 \rangle = 0,238$ ,

-  $k_{lt} = 1 + 0,5 (N_{sd,lt}/N_{sd}) \Phi_{\infty \square to} = 1 + 0,5 \times 1,000 \times 2,00 = 2,000$ ,

$$N_{crit} = \frac{9}{l_o^2} \left[ \frac{E_{cm} I_c}{2k_{lt}} \left( \frac{0,11}{0,1 + \frac{e_o}{h}} + 0,1 \right) + E_s I_s \right] =$$

$$\frac{9}{6,200^2} \left[ \frac{2,750 \cdot 10^7 \times 2,133 \cdot 10^3}{2 \times 2,000} \left( \frac{0,11}{0,1 + 0,238} + 0,1 \right) + 2,0 \cdot 10^8 \times 6,569 \cdot 10^5 \right] = 4537,0 \text{ kN}$$

współczynnik zwiększający mimośród początkowy:

$$\eta = \frac{1}{1 - N_{sd}/N_{crit}} = \frac{1}{1 - (1347,9 / 4537,0)} = 1,423$$

---

### ***Nośność przekrojów prostopadłych***

---

**Odniesienie:** Punkty 5.1. do 5.4.

**Komentarz:** Kontekst służy do sprawdzania nośności przekrojów prostopadłych, a sprawdzenie dokonywane jest dla przekrojów domyślnych. Obliczenia wykonywane według algorytmu opisanego w dalszej części instrukcji, a opartego ściśle na zasadach ogólnych.

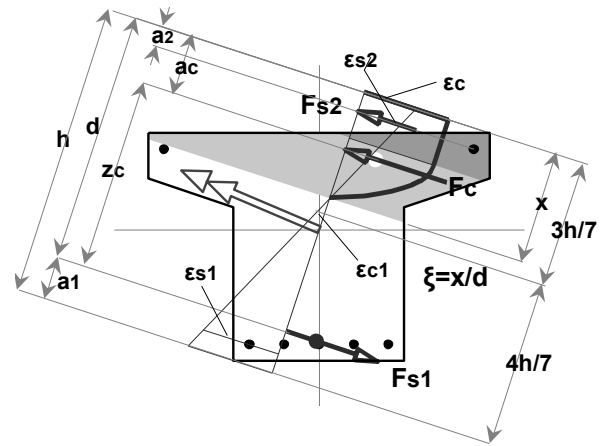
**Zakres:** Wszystkie przypadki.

**Elementy sterowania:** *Okno kontekstów wymiarowania* jest podzielone na trzy sekcje:

**Sekcja Parametry geometryczne:** grupuje liczbowe pola informacyjne zawierające wielkości geometryczne związane ze stanem granicznym przekroju, a więc (Rys. 12):

- d** - wysokość użyteczna, czyli odległość od wypadkowej zbrojenia rozciąganego do krawędzi najbardziej ściskanej przekroju,
- h** - całkowita wysokość przekroju,
- x** - wysokość strefy ściskanej,
- $\xi$**  - względna wysokość strefy ściskanej,
- a2** - odległość od wypadkowej zbrojenia ściskanego lub mniej rozciąganego do krawędzi najbardziej ściskanej lub mniej rozciąganej przekroju,
- ac** - odległość od wypadkowej bryły naprężeń ściskających w betonie do krawędzi najbardziej ściskanej przekroju,
- zc** - odległość od wypadkowej bryły naprężeń ściskających w betonie do wypadkowej w zbrojeniu rozciągającym lub mniej ściskającym,
- a1** - odległość od wypadkowej zbrojenia rozciąganego lub mniej ściskanego do krawędzi najbardziej rozciąganej lub mniej ściskanej przekroju,
- $\epsilon c$**  - maksymalne odkształcenie w strefie ściskanej przekroju,
- $\epsilon s2$**  - maksymalne odkształcenie w zbrojeniu ściskającym lub mniej rozciągającym,
- $\epsilon c1$**  - odkształcenie w odległości  $3h/7$  od krawędzi najbardziej ściskanej, które jest wyświetlane tylko w przypadku wartości ujemnej, co ma miejsce w przypadku przekrojów ściskanych,
- $\epsilon s1$**  - maksymalne odkształcenie w zbrojeniu rozciągającym lub mniej ściskającym,

Wszystkie te wielkości są mierzone w kierunku prostym do osi obojętnej.



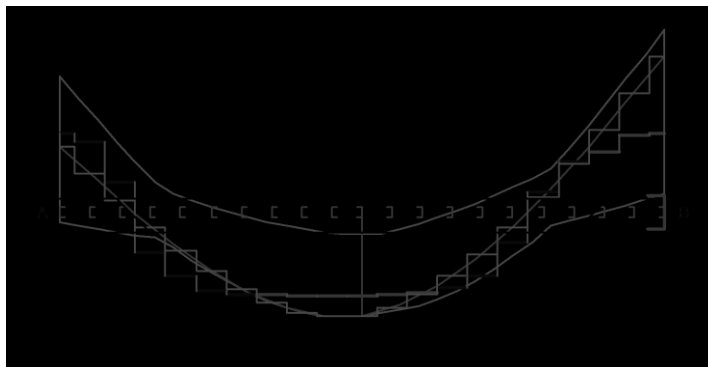
Rys. 12

**Sekcja Siły wewnętrzne:** grupuje wartości sił wewnętrznych w przekroju, a mianowicie:

- Fs2** - wypadkowa w zbrojeniu ściskanym lub mniej rozciągany,
- Fc** - wypadkowa bryły naprężeń w strefie ściskanej betonu,
- Fs1** - wypadkowa w zbrojeniu rozciągany lub mniej ściskanym,
- Ms2** - moment wypadkowej **Fs2** względem środka ciężkości przekroju betonowego na ramieniu mierzonym w kierunku prostopadłym do kierunku wektora momentu zginającego,
- Mc** - moment wypadkowej **Fc** względem środka ciężkości przekroju betonowego na ramieniu mierzonym w kierunku prostopadłym do kierunku wektora momentu zginającego,
- Ms1** - moment wypadkowej **Fs1** względem środka ciężkości przekroju betonowego na ramieniu mierzonym w kierunku prostopadłym do kierunku wektora momentu zginającego,

**Sekcja Warunki nośności przekroju:** zawiera przycisk **Oblicz** do uruchomienia procedury sprawdzającej stan graniczny nośności przekroju prostopadłego pręta wskazywanego przez *znacznik przekroju* w *oknie schematu pręta*. Po pomyślnym wykonaniu tej procedury w polach informacyjnych, usytuowanych obok przycisku, wyświetlane są relacje między siłami obliczeniowymi  $N_{sd}$  i  $M_{sd}$ , a odpowiadającymi im wartościami granicznymi  $N_{Rd}$  i  $M_{Rd}$ , przy czym, w przypadku przekroczenia wartości granicznych - relacje te są wyświetlane w kolorze czerwonym.

**Funkcja Wyszukaj:** Efekt działania tej funkcji zależy od stanu włącznika **Obwiednia**, a mianowicie:



**Rys. 13**

- przy stanie wyłączonym procedura związana z tą funkcją wyszukuje przekrój domyślny (ustawia *znacznik przekroju w oknie schematu pręta*), w którym relacja wartości sił przekrojowych do wartości granicznych tych sił jest największa (najbardziej niekorzystna) dla kombinacji aktywnych grup obciążeń.

Jednocześnie w oknie schematu pręta rysowany jest diagram nośności (Rys. 13), którego słupki są proporcjonalne do wartości siły przekrojowej ( $N$  lub  $M$ ) pomnożonej przez *współczynnik rezerwy nośności*, który jest odwrotnością *współczynnika wykorzystania nośności*, a kierunek ich rysowania jest zgodny z kierunkiem rysowania rzędnych danej siły przekrojowej. Znacznik przekroju wskazuje przekrój, w którym *współczynnik rezerwy nośności* jest najmniejszy. Szczyty słupków diagramu są rysowane w dwóch kolorach. Kolor czerwony oznacza, że *współczynnik rezerwy nośności* jest mniejszy od 1, a więc wartość obliczeniowej siły przekrojowej jest mniejsza od odpowiadającej jej wartości wielkości granicznej. W przeciwnym przypadku, kolor szczytu słupka jest niebieski.

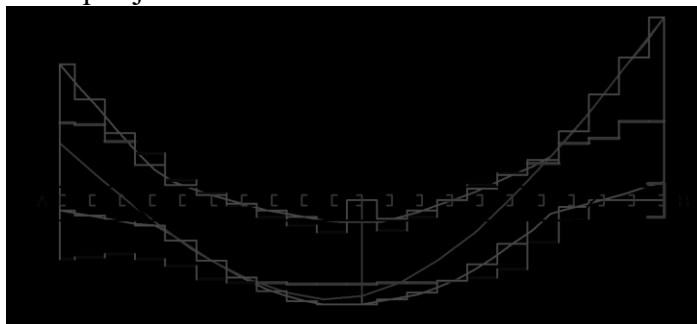
Natomiast w oknie rysunku przekroju wyświetlane są wykresy i symbole odzwierciedlające wizualnie stan naprężenia w strefie ściskanej, stan odkształcenia w przekroju oraz stan sił wewnętrznych.

- przy stanie włączonym procedura związana z tą funkcją sprawdza warunki stanu granicznego nośności we wszystkich *domyślnych przekrojach wymiarowania* i dla każdej możliwej kombinacji grup obciążeń ustala przekrój domyślny (ustawia *znacznik przekroju w oknie schematu pręta* i uaktywnia odpowiednie grupy obcią-



żeń), dla którego relacja wartości sił przekrojowych do wartości granicznych tych sił jest największa (najbardziej niekorzystna).

Jednocześnie w oknie schematu pręta rysowane są dwie gałęzie obwiedni nośności (Rys. 14), której słupki są proporcjonalne do rzędnych obwiedni siły przekrojowej ( $N$  lub  $M$ ) pomnożonych przez *współczynnik rezerwy nośności*, który jest odwrotnością *współczynnika wykorzystania nośności*, a kierunek ich rysowania jest zgodny z kierunkiem rysowania rzędnych obwiedni siły przekrojowej. Znacznik przekroju wskazuje przekrój, w którym *współczynnik rezerwy nośności* jest najmniejszy. Szczyty słupków diagramu są rysowane w dwóch kolorach. Kolor czerwony oznacza, że *współczynnik rezerwy nośności* jest mniejszy od 1, a więc wartość obliczeniowej siły przekrojowej jest mniejsza od odpowiadającej jej wartości wielkości granicznej. W przeciwnym przypadku, kolor szczytu słupka jest niebieski.



Rys. 14

**Uwaga:** Dla przekroju, w którym obliczeniowe wartości sił ( $N$  i  $M$ ) są zerowe, obliczenia nie są wykonywane, ponieważ *współczynnik rezerwy nośności* w takim przypadku ma wartość nieskończoną.

#### Funkcje Do Worda:

**Do Schowka:** Powodują umieszczenie w schowku odpowiednio sformatowanego arkusza tekstowo-graficznego zawierającego dane oraz wyniki obliczeń dla określenia warunków nośności przekroju prostopadłego, wskazywanego przez *znacznik przekroju* w oknie *schematu pręta*, a mianowicie: w części tekstowej:

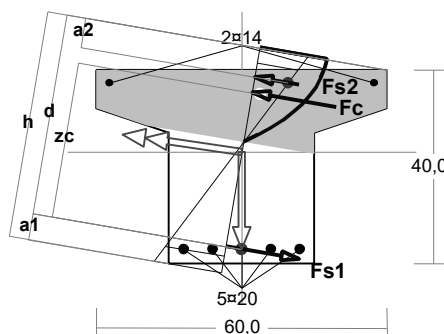
- ✓ położenie przekroju
- ✓ warunki sprawdzania nośności
- ✓ wielkości obliczeniowe sił przekrojowych
- ✓ cechy obliczeniowe betonu i stali zbrojeniowej

- ✓ wielkości pól zbrojenia rzeczywistego (rozciąganego i ściskanego)
  - ✓ wielkości geometryczne i statyczne związane ze stanem sił wewnętrznych
  - ✓ relacje warunków stanu granicznego nośności
- w części graficznej rysunek przekroju wraz z:
- ✓ symbolami sił przekrojowych
  - ✓ wykresem naprężeń w strefie ściskanej betonu i wykresem odkształceń przekroju
  - ✓ zaznaczoną strefą ściskaną betonu
  - ✓ symbolami sił wewnętrznych
  - ✓ wymiarami geometrycznymi, charakteryzującymi konfigurację sił wewnętrznych

*Przykład:*

### Nośność przekroju prostokątnego:

Zadanie: przykład, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=3,00$  m,  $x_b=3,00$  m



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Sd} = -1,0 \text{ kN},$$

$$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(-157,4^2 + 22,5^2)} = 159,0 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{fcd} = 0,85 \times 10,7 = 9,1 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 310 \text{ MPa} = f_{td}$$

Zbrojenie rozciągane:  
 $A_{s1} = 15,71 \text{ cm}^2$ ,  
 Zbrojenie ściskane:

$$A_{s2} = 3,08 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 18,79 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 18,79 / 1515 = 1,24 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 47,0, \quad d = 41,5, \quad x = 18,8 \quad (\xi = 0,452),$$

$$a_1 = 5,5, \quad a_2 = 6,1, \quad a_c = 8,7, \quad z_c = 32,2, \quad A_{cc} = 759 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -2,00 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s2} = -1,69 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1} = 2,43 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm] ( $\zeta$  - mierzone w płaszczyźnie zginania):

$$F_c = \iint \sigma_c dA_{cc} = -417,2, \quad F_{s1} = \iint \sigma_s dA_{s1} = 486,9, \quad F_{s2} = \iint \sigma_s dA_{s2} = -70,7,$$

$$M_c = \iint \sigma_c \zeta dA_c = 51,4, \quad M_{s1} = \iint \sigma_s \zeta dA_{s1} = 96,6, \quad M_{s2} = \iint \sigma_s \zeta dA_{s2} = 10,9,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 162,4 \text{ kNm} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 51,4 + (96,6) + (10,9) = 159,0 \text{ kNm}$$

### Zbrojenie poprzeczne

**Odniesienie:** Punkt 5.5 i 9.3.1.5.

**Komentarz:** Kontekst służy do zdefiniowania zbrojenia poprzecznego elementu (strzemiona). Definiowanie zbrojenia poprzecznego odbywa się w strefach, dla których przyjmowane są takie same strzemiona o jednakowym rozstawie. Po uaktywnieniu kontekstu przyjmowane są strefy domyślne

zgodnie z zasadami określonymi w p. 9.3.1.5. normy. To znaczy, długość elementu dzielona jest na strefy zależne od stosunku siły poprzecznej  $V_d$  do nośności  $V_{Rd2}$ . Przyjmowany w strefach rozstaw strzemion uwzględnia również minimalny stopień zbrojenia na ścinanie.

Zaznaczenie włącznika **Obwiednia** powoduje wyznaczenie domyślnych stref na podstawie obwiedni sił poprzecznych. Kontekst umożliwia wprowadzanie nowych stref oraz ich przesuwanie, a także pozwala na określenie rodzaju (ilość cięć), kąta pochylenia i rozstawu strzemion w poszczególnych strefach. Granice stref można przeciągać za pomocą myszy, co polega na uchwyceniu kursorem zamierzonego ogranicznika strefy i przeciągnięciu go na żadaną pozycję na osi wymiarowanego pręta. Drugi sposób polega na zadaniu pozycji ograniczników strefy w polach **xa** i **xb** *okna kontekstów*.

Gatunek stali i średnica strzemion jest jednakowa dla całego elementu.

Na rysunku pręta nanoszony jest wykres sił tnących z zaznaczeniem miejsc, w których konieczne jest stosowanie zbrojenia poprzecznego na ścinanie.

Wszystkie wielkości wyświetlane w oknie kontekstu dotyczą strefy aktywnej, tzn. tej w obszarze której znajduje się znacznik przekroju w oknie rysunku elementu. Oznacza to, że w celu wprowadzenia zmian do określonej strefy, należy najpierw ustawić w tej strefie znacznik przekroju.

**Zakres:**

Elementy o przekroju prostokątnym, teowym i dwuteowym.

**Elementy sterowania:**

Włącznik Strzemiona umożliwia zrezygnowanie ze zbrojenia strzemionami w sytuacjach, gdy nie jest ono konieczne (np. w przypadku płyty jednokierunkowo zbrojonej). Przełącznik dostępny jest tylko wtedy, gdy cały element spełniona warunki odcinka pierwszego rodzaju, a jego przekrój warunki określone w p. 5.5.2.2. normy.

Lista wyboru Stal pozwala na określenie gatunku stali strzemion,

Lista wyboru  $\emptyset$  umożliwia wybór średnicy ramion strzemion.

Liczbowe pola edycyjne:

**a1** - służy do zadawania odległości środka ciężkości zbrojenia rozciąganego od krawędzi przekroju, wykorzystywana do wyznaczenia wysokości użytecznej **d**. Domyślnie wielkość ta jest wyznaczana

przez program na podstawie stanu sił wewnętrznych w przekroju.

**Uwaga:** Obok symbolu **a1** umieszczony jest włącznik, który służy do wyboru sposobu określania wartości parametru **a1**. W stanie wyłączonym (ustawienie domyślne) wartość tego parametru jest ustalana automatycznie przez program na podstawie stanu naprężenia i odkształcenia w przekrojach odcinka ścinania. Przy szczególnym rozmieszczeniu zbrojenia głównego (w kilku warstwach lub z dużym rozproszeniem wkładek na wysokości przekroju) obliczona przez program wartość parametru **a1** może być niemiarodajna z punktu widzenia nośności odcinków ścinania. W razie konieczności wielkość tego parametru może być skorygowana. W tym celu należy włączyć włącznik, a następnie zadać zamierzoną wartość w uaktywnionym w ten sposób polu edycyjnym. Zadana wartość będzie wówczas obowiązywać dla wszystkich sprawdzanych przekrojach pod kątem warunków nośności na ścinanie.

#### Liczba cięć strzemion

- określa liczbę ramion strzemienia pracujących na ścinanie,
- $\alpha$**  - kąt nachylenia strzemion do osi elementu, który należy przyjmować w zakresie od  $45^\circ$  do  $135^\circ$ ,
- xa, xb** - współrzędne, liczone wzdłuż osi elementu, określające początek i koniec strefy,
- s** - rozstaw strzemion w strefie,
- so** - położenie pierwszego strzemienia w strefie licząc od jej początku,

Przycisk **Strefy domyślne** umożliwia przywrócenie domyślnego (wyznaczanego wstępnie) rozkładu stref. Użycie tego przycisku anuluje wprowadzone poprzednio zmiany.

Przycisk **Podziel strefę** pozwala na wprowadzanie nowych stref poprzez podzielenie strefy istniejącej. Po dokonaniu podziału strefy należy określić jej właściwy rozmiar i położenie w polach edycyjnych **xa** i **xb**. Przy zmianie współrzędnych **xa** i **xb**, współrzędne stref sąsiednich aktualizowane są automatycznie. W celu usunięcia wybranej strefy

należy doprowadzić do tego, aby długość usuwanej strefy była równa zero (np.  $x_a=x_b$ ).

**Funkcja Wyszukaj:** Nieaktywna.

**Funkcje Do Worda:**

- Do Schowka:** Powodują umieszczenie w schowku odpowiednio sformatowanego arkusza tekstowo-graficznego zawierającego szczegółowe informacje odnośnie rozmieszczenia zbrojenia poprzecznego strzemionami, a mianowicie:
- ✓ wykaz maksymalnych rozstawów strzemion
  - ✓ rysunek (widok z boku) wymiarowanego pręta z narysowanymi strzemionami i zaznaczonymi strefami zmian ich gęstości oraz narysowanymi wkładkami zbrojenia głównego
  - ✓ rozstaw strzemion i stopień zbrojenia w poszczególnych strefach

*Przykład:*

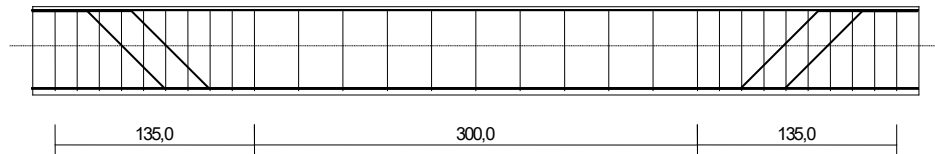
### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie rama, pręt nr 13

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi=6$  mm ze stali A-0, dla której  $f_{ywd} = 190$  MPa.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,\min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{16} / 355 = 0,00090$$



Rozstaw strzemion:

#### Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:  $x_a = 15,0$   $x_b = 150,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 562 = 421 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 400$  mm.

Ze względu na pręty ściskane  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 12,0 = 180,0$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **15,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (15,0 \times 20,0 \times 1,000) = 0,00188$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00188} > \mathbf{0,00090} = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a = 150,0$   $x_b = 450,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 562 = 421 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 400$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **30,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (30,0 \times 20,0 \times 1,000) = 0,00094$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00094} > \mathbf{0,00090} = \rho_{w \min}$$

### Strefa nr 3

Początek i koniec strefy:  $x_a = 450,0$   $x_b = 585,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 562 = 421 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 400$  mm.

Ze względu na pręty ściskane  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 12,0 = 180,0$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **15,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (15,0 \times 20,0 \times 1,000) = 0,00188$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00188} > \mathbf{0,00090} = \rho_{w \min}$$

## Nośność na ścinanie

### Odniesienie:

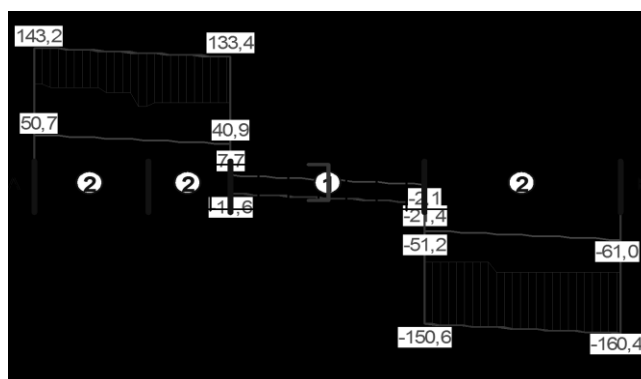
Punkt 5.5.

### Komentarz:

Kontekst służy do sprawdzania nośności elementów żelbetowych na ścinanie.

Po uaktywnieniu kontekstu następuje automatyczne wyznaczenie odcinków ścinania na podstawie przyjętych stref zbrojenia strzemionami oraz miejsc występowania prętów odgiętych. Podział na odcinki przedstawiany jest na rysunku elementu w *oknie schematu pręta* (Rys. 15) z zaznaczeniem rodzajów wyznaczonych odcinków.

Jeżeli krawędź podpory jest przesunięta względem teoretycznego punktu podparcia, wówczas pierwsza strefa zbrojenia strzemionami nie powinna zaczynać się od współrzędnej równej zero, a ostatnia powinna mieć współrzędną  $x_b$  mniejszą od długości elementu.



Rys. 15

W część informacyjnej okna kontekstów wymiarowania zawarte są następujące wielkości:

- bw** - minimalna szerokość strefy ścinania,
- z** - ramię sił wewnętrznych, dla którego wyznaczone zostały nośności odcinka,
- AsL** - pole przekroju głównego zbrojenia rozciąganego,
- A<sub>sw1</sub>, s1** - pole przekroju strzemion prostopadłych i ich rozstaw,
- A<sub>sw2</sub>, s2** - pole przekroju prętów odgiętych w jednej płaszczyźnie i rozstaw tych płaszczyzn lub pole przekroju i rozstaw strzemion ukośnych,
- θ** - kąt nachylenia krzywulców betonowych do osi podłużnej wymiarowanego pręta żelbetowego, którego wartość mieści się w granicach od 26,6° do 45° i jest przez program wyznaczana automatycznie tak, aby maksymalnie wykorzystać nośność odcinka ze względu na siłę  $V_{Rd3}$ .

Wyświetlane wielkości dotyczą zawsze aktywnego odcinka. Zmianę aktywnego odcinka można dokonywać poprzez przeniesienie za pomocą myszki *znacznika przekroju* na zamierzoną pozycję na osi pręta w *oknie schematu pręta*.

W zależności od rodzaju odcinka wyświetlane są odpowiednie warunki nośności dla sił  $V_{Rd2}$  i  $V_{Rd3}$ .

**Zakres:** Elementy o przekroju prostokątnym, teowym i dwuteowym.

**Elementy sterowania:** *Przełączniki wyboru Krawędź ukośna: Górna / Dolna* dotyczy elementów o zmiennych wzdłuż osi pręta wymiarach przekroju i umożliwia określenie, która krawędź elementu jest ukośna (patrz p. 5.5.3.3. normy).  
*Włącznik podparcie i obciążenie bezpośrednie* umożliwia przyjmowanie, przy sprawdzaniu nośności  $V_{Rd1}$  i  $V_{Rd3}$ , siły  $V_{Sd}$  na odcinku przypodporowym w odległości  $d$  od podpory. którego włączenie sprawia, że obliczenia związane z warunkami nośności na ścinanie są dokonywane przy uproszczonym ustalaniu ramienia sił wewnętrznych "z". Użycie tego włącznika jest równoznaczne z pominięciem udziału siły osiowej przy ścinaniu, co jest wskazane w przypadku ściskania pręta z małym mimośrodem.  
*Włącznik uproszczone obliczanie "z"*, którego włączenie sprawia, że obliczenia związane z warunkami nośności na ścinanie są dokonywane przy uproszczonym ustalaniu ramienia sił wewnętrznych "z". Użycie tego włącznika jest

równoznaczne z pominięciem udziału siły osiowej przy ścinaniu, co jest wskazane w przypadku ściskania pręta z małym mimośrodem, gdyż jednoznaczne ustalenie ramienia sił wewnętrznych jest ogólnie niemożliwe.

**Funkcja Wyszukaj:** Powoduje odnalezienie odcinka, dla którego warunek nośności jest najniekorzystniejszy. Włączenie przełącznika **Obwiednia** powoduje sprawdzenie warunków nośności na ścinanie dla najniekorzystniejszych wartości sił poprzecznych wynikających z kombinatoryki obciążeń.

#### Funkcje Do Worda:

**Do Schowka:** Powodują umieszczenie w schowku odpowiednio sformatowanego arkusza tekstowo-graficznego zawierającego dane i wyliczenia wielkości związanych ze sprawdzeniem warunku na ścinanie w odcinku, w obrębie którego znajduje się *znacznik przekroju w oknie schematu pręta*, a mianowicie:

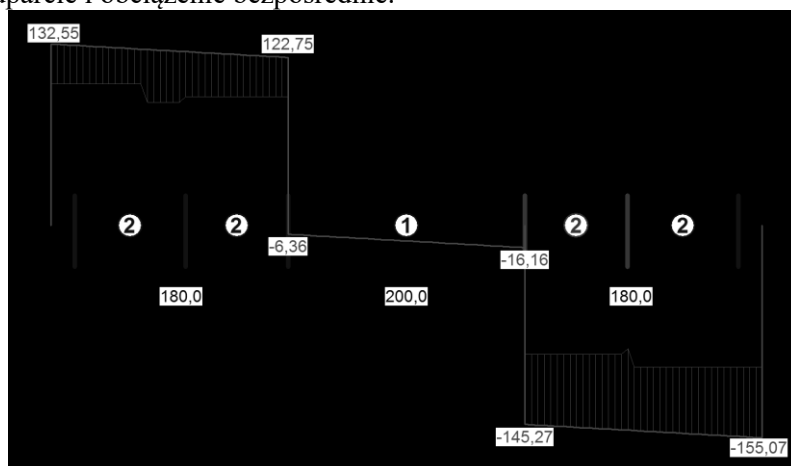
- ✓ rysunek (widok z boku) wymiarowanego pręta z narysowanym wykresem siły poprzecznej, strzemiionami oraz podziałem na odcinki co do rodzaju, z wyróżnieniem odcinka, którego wyliczenia dotyczą
- ✓ wyliczenia (wzory i podstawienia) związane z warunkami nośności na ścinanie wskazanego (w *oknie schematu pręta*) odcinka

*Przykład:*

### Ścinanie

zadanie przykład, pręt nr 2.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



#### Odcinek nr 4

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 400,0$   $x_b = 486,4$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 32,10$ ;

$V_{Sd \max} = -149,50$  kN



Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{12,57}{35,0 \times 56,6} = 0,00634; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,00634$ .

$$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_C = -32,10 / 2570,40 \times 10 = -0,12 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,00 \text{ MPa}$ .

$$\begin{aligned} V_{Rd1} &= [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ &= [0,35 \times 1,03 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,00634) + 0,15 \times 0,00] \times 35,0 \times 56,6 \times 10^{-1} = 93,44 \text{ kN} \\ V_{sd} &= 149,50 > 93,44 = V_{Rd1} \end{aligned}$$

Nośność odcinka II-go rodzaju:

Przyjęto kąt  $\theta = 45,0^\circ$

$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$$

$$\Delta V_{Rd} = v f_{cd} b_w z \frac{\cot \alpha}{1 + \cot^2 \theta} = 0,562 \times 10,7 \times 35,0 \times 50,9 \frac{-0,364}{1 + 1,000^2} \times 10^{-1} = 194,97 \text{ kN}$$

$$V_{Rd2} = v f_{cd} b_w z \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} + \Delta V_{Rd} =$$

$$= 0,562 \times 10,7 \times 35,0 \times 50,9 \frac{1,000}{1 + 1,000^2} \times 10^{-1} + 194,97 = 730,66 \text{ kN}$$

$$V_{sd} = 149,50 < 730,66 = V_{Rd2}$$

$$V_{Rd3} = V_{Rd31} + V_{Rd32} = \frac{A_{sw1} f_{ywd1}}{s_1} z \cot \theta + \frac{A_{sw2} f_{ywd2}}{s_2} z (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha =$$

$$= \frac{1,57 \times 210}{15,0} 50,9 \times (1,000 + -0,364) \times 0,940 \times 10^{-1} = 143,58 \text{ kN}$$

$$V_{sd} = 149,50 > 143,58 = V_{Rd3}$$

### Zbrojenie rozciągane

**Odniesienie:**

Punkt 5.5.3.2

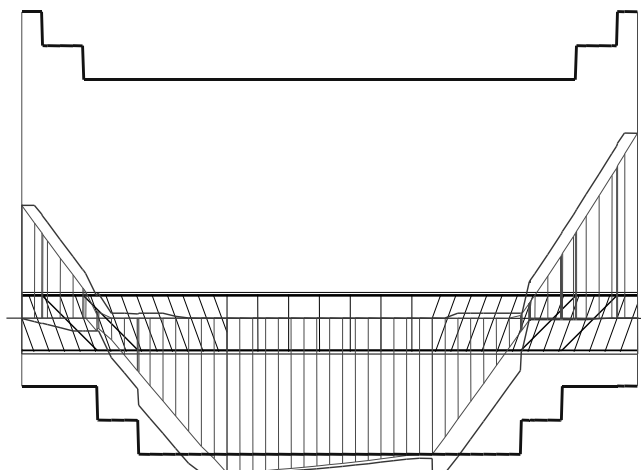
**Komentarz:**

Kontekst służy do sprawdzania nośności rozciąganego zbrojenia podłużnego (głównego) przy uwzględnieniu wpływu sił poprzecznych.

Po uaktywnieniu kontekstu następuje uruchomienie procedury obliczeń związanych z określeniem warunków nośności rozciąganego zbrojenia podłużnego w przekrojach elementu. Po zakończeniu obliczeń w oknie schematu pojawiają się, (Rys. 16):

- wykres sił rozciągających  $F_{td}$  w zbrojeniu podłużnym pochodzących od momentów zginających i sił osiowych, który jest wypełniony kreskowaniem,
- wykres dodatkowych sił rozciągających  $\Delta F_{td}$ , pochodzących od działania sił poprzecznych - rysowany jako linia przesunięta (na ekranie monitora odróżniona kolorem wyróżnienia).

- wykres nośności rozciąganego zbrojenia podłużnego - na ekranie monitora rysowana pogrubioną linią niebieską. Wykresy te generowane są dla rozkładów sił przekrojowych odpowiadających aktualnej kombinacji grup obciążeń, której literał jest wyświetlany na przycisku **Obc.** głównego okna dialogowego modułu. W sytuacji, gdy aktywny jest włącznik **Obwiednia**, to po jego włączeniu zostaną wykonane obliczenia dla wszystkich możliwych kombinacji grup obciążeń, w wyniku czego omówione wyżej wykresy stają się obwiedniami. Dzięki temu możliwe staje się dokonanie globalnej oceny nośności zbrojenia rozciąganego, co sprowadza się do sprawdzenia, czy wykres nośności zbrojenia nie przecina wykresu sił z zbrojeniu podłużnym uwzględniającym wpływ sił poprzecznych. Ze względu na złożoność algorytmu, czas potrzebny na wykonanie obliczeń dla uzyskania obwiedni może wynosić kilka minut. Dlatego przewidziano możliwość przerwania obliczeń przy pomocy klawisza [Esc].



Rys. 16

W część informacyjnej okna kontekstów wymiarowania zawarte są następujące wielkości:

- Fsg** - wypadkowa siła rozciągająca w zbrojeniu "górnym",
- Fsd** - wypadkowa siła rozciągająca w zbrojeniu "dolnym",
- Asg** - pole powierzchni zbrojenia "górnego",
- Asd** - pole powierzchni zbrojenia "dolnego",

**VRd32** - nośność obliczeniowa na ścinanie prętów odgiętych,

**VRd3** - nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie poprzecznego zbrojenia na ścinanie,

**$\Delta F_{td}$**  - dodatkowa siła rozciągająca pochodząca od wpływu siły poprzecznej,

**$\theta$**  - kąt nachylenia krzyżulców betonowych do osi podłużnej wymiarowanego pręta żelbetowego, którego wartość mieści się w granicach od  $26,6^\circ$  do  $45^\circ$  i jest wyznaczana przez program automatycznie,

oraz relacja warunku nośności rozciąganego zbrojenia podłużnego.

Wszystkie wyświetlane wielkości odnoszą się zawsze do przekroju wskazywanego przez *znacznik przekroju*.

**Zakres:** Elementy o przekroju prostokątnym, teowym i dwuteowym.

**Elementy sterowania:** Brak.

**Funkcja Wyszukaj:** Powoduje odnalezienie przekroju elementu, dla którego warunek nośności rozciąganego zbrojenia podłużnego jest najniekorzystniejszy. Włączenie przełącznika **Obwiednia** powoduje sprawdzenie tego warunku nośności dla najniekorzystniejszej kombinacji grup obciążeń w przekroju wskazywanym przez *znacznik przekroju*.

**Funkcje Do Worda:**

**Do Schowka:** Powodują umieszczenie w schowku odpowiednio sformatowanego arkusza tekstowo-graficznego zawierającego dane i wyliczenia wielkości związanych ze sprawdzeniem warunku nośności rozciąganego zbrojenia podłużnego w przekroju wskazywanym przez *znacznik przekroju* w *oknie schematu pręta*, a mianowicie:

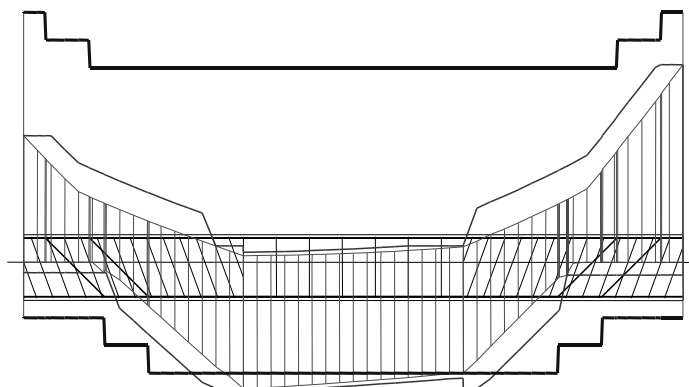
- ✓ rysunek (widok z boku) wymiarowanego pręta z narysowanymi wykresami,
- ✓ wyliczenia (wzory i podstawienia) związane z warunkami nośności rozciąganego zbrojenia podłużnego.

*Przykład:*

---

### Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie p\_32, pręt nr 2.



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 1,750$  m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot\theta - V_{Rd32}/V_{Rd3} \cot\alpha) = 0,5 \times 131,53 \times (1,000 - 0,00/143,58 \times 0,364) = 65,76 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągany:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 248,51 + 65,76 = 314,27 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 300,17 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 300,17 \text{ kN}$

$$F_{td} = 300,17 > 263,89 = 12,57 \times 210 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

### *Zarysowanie*

**Odniesienie:** Punkt 4.7.3., 6.2., 6.3.

**Komentarz:** Kontekst umożliwi sprawdzenie stanu granicznego zarysowania dla długotrwałych obciążeń charakterystycznych oraz wyznaczenie zbrojenia minimalnego z uwagi na zarysowanie spowodowane odkształceniami wymuszonymi. Część informacyjna okna kontekstów wymiarowania zawiera pola liczbowe:

**Msd, Nsd, Vsd** - siły przekrojowe od długotrwałych obciążeń charakterystycznych działających w płaszczyźnie ustroju,

**Mcr** - moment rysujący,

**Ncr** - siła rysująca dla elementów rozciąganych lub ściskanych mimośrodowo,

**Wk** - szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi elementu oraz rysy ukośnej.

**Zakres:** Elementy o przekroju prostokątnym, teowym i dwuteowym.

**Elementy sterowania:** *Lista wyboru w lim* ograniczenia normowego pozwala na określenie dopuszczalnej wartości szerokości rozwarcia rys zgodnie z tablicą 9 normy.

Liczbowe pole edycyjne:

$\beta$  - współczynnik wyrażający stosunek obliczeniowej szerokości rysy do szerokości średniej,

$\phi(t, t_0)$  - współczynnik pełzania służący do uwzględniania długotrwałego działania obciążeń.

**Funkcja Wyszukaj:** Wyszukuje miejsce występowania największej wartości szerokości rozwarcia rysy prostopadłej do osi elementu lub rysy ukośnej.

**Funkcje Do Worda:**

**Do Schowka:** Powodują umieszczenie w schowku odpowiednio zredagowanego arkusza tekstowego zawierającego dane i wyliczenia wielkości związanych ze sprawdzeniem stanu zarysowania w przekroju pręta określonym przez położenie *znacznika przekroju w oknie schematu pręta*, a mianowicie:

- ✓ położenie przekroju
- ✓ siły przekrojowe
- ✓ charakterystyka geometryczna przekroju
- ✓ wyliczenie zbrojenia minimalnego
- ✓ sprawdzenie wielkości zarysowania prostopadłego i ukośnego

*Przykład:*

### Zarysowanie

Zadanie: przykład, pręt nr 1,

Położenie przekroju:  $x = 4,688 \text{ m}$   
 Siły przekrojowe:  $M_{Sd} = -7,0 \text{ kNm}$   
 $N_{Sd} = -1,0 \text{ kN}$   $e = 680,0 \text{ cm}$   
 $V_{Sd} = -116,2 \text{ kN}$   
 Wymiary przekroju:  $b_w = 30,0 \text{ cm}$   
 $d = h - a = 40,0 - 2,8 = 37,2 \text{ cm}$   
 $A_c = 1515 \text{ cm}^2$   
 $W_c = 12786 \text{ cm}^3$

### Minimalne zbrojenie:

Wymagane pole zbrojenia rozciąganego dla zginania, przy naprężeniach wywołanych przyczynami zewnętrznymi, wynosi:

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s = 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 605 / 355 = 1,29 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 3,08 > 1,29 = A_s$$

### Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 12786 \times 10^{-3} = 24,3 \text{ kNm}$$

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c - 1 / A_c} = \frac{1,9}{680,0 / 12786,18 - 1 / 1515,00} \times 10^{-1} = -3,6 \text{ kN}$$

$$N_{Sd} = 1,0 < 3,6 = N_{cr}$$

### **Przekrój niezarysowany.**

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

$$\rho_{w1} = \frac{A_{sw1}}{s_1 b_w} = \frac{1,13}{15,0 \times 30,0} = 0,00251$$

$$\rho_{w2} = \frac{A_{s2}}{s_2 b_w \sin \alpha} = 0,00000$$

$$\rho_w = \rho_{w1} + \rho_{w2} = 0,00251 + 0,00000 = 0,00251$$

$$\lambda = \frac{1}{3 \left[ \frac{\rho_{w1}}{\beta_1 \phi_1} + \frac{\rho_{w2}}{\beta_2 \phi_2} \right]} = \frac{1}{3 \times [0,00251/(1,0 \times 6,0) + 0,00000/(0,7 \times -150,0)]} = 0,80$$

$$\tau = \frac{V_{sd}}{b_w d} = \frac{-116,2}{30,0 \times 37,2} \times 10 = 1,041 \text{ MPa}$$

$$w_k = \frac{4 \tau^2 \lambda}{\rho_w E_s f_{ck}} = \frac{4 \times 1,041^2 \times 0,80}{0,00251 \times 200000 \times 16} = 0,43 \text{ mm}$$

$$w_k = \mathbf{0,43} > \mathbf{0,3} = w_{lim}$$

### *Ugięcia*

**Odniesienie:** Punkt 4.7.4., 6.5. i załącznik E.

**Komentarz:** Kontekst umożliwia sprawdzanie stanu granicznego ugięć dla elementów zarysowanych i nie zarysowanych od charakterystycznych wartości obciążeń długotrwałych oraz wyznaczanie ugięć dla obciążeń krótko- i długotrwałych. Wyznaczane ugięcia są przemieszczeniami mechanicznymi w płaszczyźnie ustroju bez uwzględnienia przemieszczeń węzłów. Uzyskiwane są one z następującej zależności:

$$f(x) = \int_0^L \frac{1}{\rho(\xi)} \bar{M}_{(x, \xi)} d\xi$$

gdzie  $1/\rho(\xi)$  jest funkcją krzywizny osi elementu zależną między innymi od sztywności  $B$  oraz momentu zginającego, natomiast  $\bar{M}_{(x, \xi)}$  jest funkcją momentów zginającego pochodzących od jednostkowej siły skupionej przyłożonej do punktu o współrzędnej  $x$ .

Sztywność elementu przyjmowana jest w miejscu występowania największego co do wartości momentu zginającego. Jeżeli funkcja momentów zginających zmienia znak na długości elementu, wówczas brana jest mniejsza ze sztywności wyznaczona dla momentu maksymalnego i minimalnego.

Część informacyjna *okna kontekstów wymiarowania* zawiera:

**a** - miarodajne ugięcia wyznaczone dla zmiennej wzdłuż osi elementu sztywności  $B$  elementu określanej wg zasad normowych.

**Zakres:** Elementy o przekroju prostokątnym, teowym i dwuteowym.

**Elementy sterowania:** *Przełączniki wyboru Ugięcia od obciążeń: Długotrwałych / Wszystkich* pozwala na określenie od jakich obciążeń wyznaczone zostaną ugięcia.

Wybór przełącznika **Długotrwałych** oznacza, że do obliczeń uwzględnione zostaną tylko *obciążenia stałe* oraz *część długotrwała obciążeń zmiennych*. Część długotrwała obciążeń zmiennych określona jest poprzez współczynnik  $\psi_d$ , którego wartość nadawana jest w opcji **Obciążenia / Grupy obciążeń** programu głównego RM-WIN ( $\psi_d=0$  - obciążenie krótkotrwałe;  $\psi_d=1$  - obciążenie w całości długotrwałe; wartości pośrednie oznaczają obciążenia w części długotrwałe). Ugięcia wyznaczane dla obciążeń długotrwałych są porównywane z wartościami granicznymi określonymi przez użytkownika przy pomocy listy wyboru **a lim:**, której pozycje zostały ustalone na podstawie normy (Tablica 8).

Wybór przełącznika dla **Wszystkich** obciążeń powoduje wyznaczanie ugięć dla obciążeń stałych i wszystkich obciążeń zmiennych w pełnym ich wymiarze z uwzględnieniem czasu ich działania. W kombinacjach charakterystycznych obciążenia wyjątkowe są pomijane. Tak wyznaczone ugięcia nie jest porównywane z ograniczeniami normowymi ponieważ - zgodnie z normą - powinny być oceniane przez projektanta indywidualnie. Dlatego lista wyboru **a lim:** jest w tym przypadku niedostępna.

Lista wyboru a lim ograniczenia normowego pozwala na określenie dopuszczalnej wartości ugięcia elementu zgodnie z Tablicą 8 normy.

Liczbowe pola edycyjne  $\phi(t, t_0)$  służy do zadawania wartości współczynnika pełzania do uwzględniania długotrwałego działania obciążeń.

Włącznik Od cięciwy pręta służy do deklarowania sposobu odnoszenia wartości ugięć (przemieszczeń) punktów osi elementu. Przy włączonym włączniku wyznaczane są ugięcia względem tzw. cięciwy (prostej łączącej przesunięte węzły *A* i *B* elementu), a więc z pominięciem ruchu sztywnego całego elementu wynikającego z deformacji całej konstrukcji. Przy wyłączonym włączniku wyznaczane są przemieszczenia całkowite punktów osi elementu, a przy ich wyznaczaniu przyjęto regułę, że sztywność pozostałych prętów konstrukcji jest przyjmowana wg ogólnych zasad mechaniki budowli, natomiast dla rozpatrywanego pręta sztywności są przyjmowane ściśle wg normy.

**Funkcja Wyszukaj:** Powoduje wyznaczenie miejsca na osi elementu, w którym wielkość ugięcia jest największa.

**Funkcje Do Worda:**

**Do Schowka:** Powodują umieszczenie w schowku odpowiednio zredagowanego arkusza tekstowo-graficznego zawierającego dane i wyliczenia wielkości ugięcia pręta w przekroju wskazywanym przez *znacznik przekroju w oknie schematu pręta*, a mianowicie:

- ✓ wyliczenia sztywności pręta na zginanie
- ✓ wykresy momentów dla obciążeń długotrwałych
- ✓ wyliczenia wielkości ugięcia pręta dla stałej i zmiennej sztywności na zginanie

*Przykład:*

### Ugięcia

zadanie: przykład, pręt nr 2

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

Współczynniki pełzania dla obciążeń długotrwałych przyjęto równy  $\phi(t, t_0) = 2,00$ .

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{27500}{1 + 2,00} = 9167 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 12500 \times 10^{-3} = 23,75 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający  $M_{Sd} = 189,50 \text{ kN}$  powoduje zarysowanie przekroju.

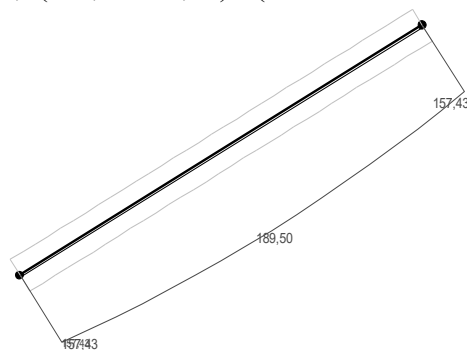
Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{Sd} = 189,50 \text{ kNm}$ .

Wielkości geometryczne przekroju:  $x_I = 29,6 \text{ cm}$      $I_I = 466536 \text{ cm}^4$   
 $x_{II} = 24,5 \text{ cm}$      $I_{II} = 350503 \text{ cm}^4$

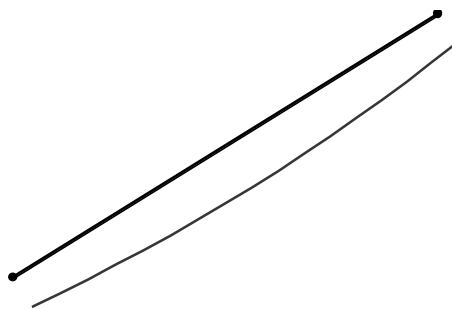
$$B = \frac{E_{c,eff} I_{II}}{1 - \beta_1 \beta_2 (M_{cr} / M_{Sd})^2 (1 - I_{II} / I_I)} =$$

$$= \frac{9167 \times 350503}{1 - 1,0 \times 0,5 (189,50 / 189,50)^2 \times (1 - 350503 / 466536)} \times 10^{-5} = 36692 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych





Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 2,377$  cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 14,0 \text{ mm}$$

$$a = 14,0 < 18,9 = a_{\text{lim}}$$

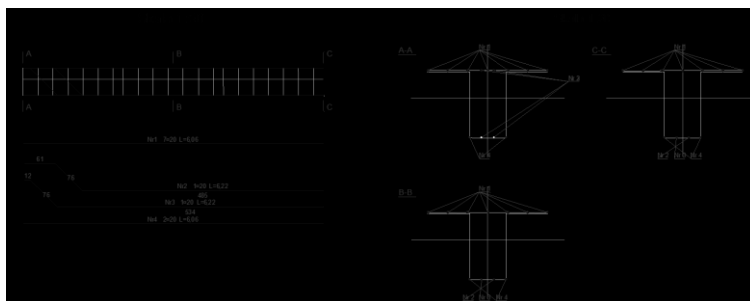
### Rysunek

**Odniesienie:**

Brak.

**Komentarz:**

Kontekst służy do wygenerowania rysunku wymiarowanego elementu, który zawiera: widok elementu wraz ze jego zbrojeniem; poszczególne pręty zbrojenia głównego; przekroje poprzeczne elementu w wybranych miejscach. Rysunek w postaci grafiki wektorowej (Rys. 17) umieszczony jest w *schowku* w formacie WMF (*Windows Metafile*), skąd może zostać wklejony do programu typu „CAD” pracującego w systemie Windows (AutoCad, MegaCad, AutoSketch), a następnie poddany dalszej obróbce.



**Rys. 17**

W celu utworzenia rysunku i umieszczenia go w *schowku* należy użyć przycisku **Do schowka**.

**Elementy sterowania:** *Lista Arkusz* umożliwia wybranie arkusza docelowego rysunku. Informacja o rozmiarze rysunku jest niezbędna dla uzyskania właściwego efektu działania tej funkcji programu.

*Pola edycyjne:*

**Skala** - pozwala określić skalę podstawową rysunku, tzn. skalę rysunku elementu i prętów zbrojenia,

**Przekroje poprzeczne**

- umożliwia wyspecyfikowanie przekrojów poprzecznych elementu, które mają być umieszczone na rysunku. Specyfikacja tych przekrojów składa się z ciągu współrzędnych liczonych wzdłuż elementu poczynając od węzła A, oddzielonych znakami spacji (np. **0 2,5 4,5**).

**Skala przekroju**

- skala dołączanych do rysunku przekrojów poprzecznych elementu.

**Współ. skali napisów**

- określa wielkość tych składników rysunku, których wielkość jest niezależna od parametrów **Skala** i **Skala przekroju**. Do tych składników należą np. wszystkie napisy umieszczane na rysunku.

**Poza podporę A, B**

- dla elementów typu belka, umożliwiają określenie faktycznej długości konstrukcyjnej elementu, poprzez podanie jak daleko sięga element poza teoretyczny punkt podparcia w węźle A i węźle B. Na utworzonym rysunku wszystkie zdefiniowane dla elementu pręty zbrojenia zostaną odpowiedniemu przedłużone.

**Krawędź podp. A, B**

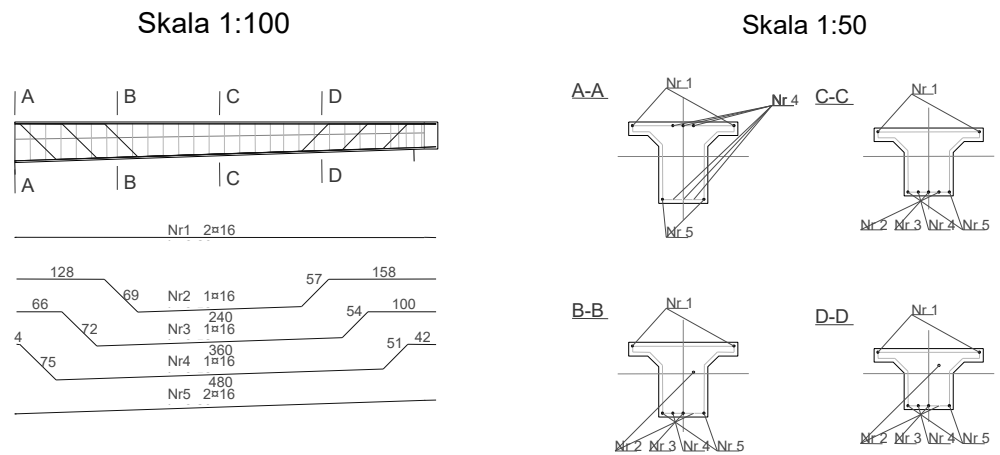
- umożliwia określenie położenia krawędzi podpory dla węzła A i węzła B, poprzez podanie dodatkowych odległości pomiędzy teoretycznymi punktami podparcia elementu, a krawędziami podpór rzeczywistych. Określone w ten sposób podparcia zaznaczane są na utworzonym rysunku.

**Funkcja Wyszukaj:** Nieaktywna.

**Funkcja Do Worda:** Służy do bezpośredniego eksportu rysunku pręta żelbetowego do aktywnego dokumentu edytora MS Word. Po wykonaniu tej funkcji rysunek umieszczany jest w dokumencie MS Word w pozycji kursora tekstowego tego dokumentu. Ewentualnych modyfikacji eksportowanego rysunku należy dokonywać w edytorze. Przed wyeksportowaniem rysunku do MS Word należy dobrać skalę rysunku tak, aby mieścił się na sformatowanej stronie dokumentu. Maksymalny wymiar strony w MS Word wynosi 55,87 cm.

**Funkcja Do Schowka:** Służy do umieszczenia rysunku pręta żelbetowego w schowku systemu Windows. Rysunek ma postać metapliku i jest generowany w tzw. odwzorowaniu metrycznym, co sprawia, że może być „wklejany” do dokumentu (rysunku) aplikacji typu CAD (np. AutoCAD, MEGACAD). Przy „wklejaniu” rysunku do dokumentu AutoCAD’a należy posłużyć się opcją wklejania specjalnego, tj. - użyć opcji **Edycja/Wklej specjalnie...**, a następnie z listy „Źródło:” tej operacji wybrać pozycję „Elementy AutoCAD-a”.

*Przykład eksporty rysunku do MS Word:*





## VIII. TWORZENIE DOKUMENTACJI WYMIAROWANIA

---

### *Uwagi ogólne*

Koncepcję tworzenia dokumentacji wymiarowania elementów żelbetowych oparto na wykorzystaniu zaawansowanych edytorów tekstu dla systemu Windows, takich jak: MS Word 6.0PL, MS Word 7.0PL, AMI-PRO 3.1PL, MS WORKS, które są zdolne akceptować (importować ze schowka) dane zapisane w formacie RTF (ang. Rich Text Format). A więc warunkiem koniecznym dla sporządzania wydruków jest posiadanie, zainstalowanego w systemie Windows, takiego edytora. Najlepszym rozwiązaniem w tym względzie jest zainstalowanie edytora MS Word 6.0PL lub 7.0PL, dla którego zrealizowano w module RM-ZELB funkcję bezpośredniego przekazywania dokumentu.

Idea współpracy modułu RM-ZELB z *edytorem* polega na korzystaniu z gotowych plików wzorcowych (umieszczanych w podkatalogu ARKUSZE podczas instalowania modułu RM-ZELB). Pliki wzorcowe (*arkusze*) są przygotowane przez autorów programu w edytorze MS Word 7.0PL (w formacie RTF) i stanowią bazę dla tworzenia dokumentacji wymiarowania. Treść merytoryczna poszczególnych *arkuszy* jest ściśle związana z modułem RM-ZELB i w związku z tym - przy ewentualnych zmianach zawartości *arkuszy*, podejmowanych przez użytkownika, należy się raczej ograniczyć do operacji związanych z formatowaniem tekstów. Bowiem *arkusze* - oprócz akapitów zwykłego tekstu zawierają sekcje ze specjalnymi polami, w miejsce których podstawiane są przez moduł RM-ZELB różne wartości liczbowe, wyrażenia, relacje i rysunki.

### *Tworzenie dokumentu*

Tworzenie dokumentu jest możliwe na każdym etapie wymiarowania, a więc od momentu uruchomienia modułu RM-ZELB. W tym celu przewidziano trzy sposoby tworzenia dokumentacji:

- **Bezpośredni** - polegający na przesyłaniu fragmentów dokumentu do edytora MS Word,
- **Pośredni** - polegający na umieszczaniu fragmentów dokumentu w schowku systemu Windows, w celu „wklejenia” go do *edytora*,

---

### *Bezpośredni sposób tworzenia dokumentu*

---

Warunkiem koniecznym tworzenia dokumentu w tym trybie jest uprzednie uruchomienie edytora MS Word. Jeśli edytor nie został uruchomiony przed uruchomieniem modułu RM-ZELB, to można tego dokonać bez potrzeby wychodzenia z aplikacji RM-WIN. W tym celu należy:

1. Uruchomić edytor MS Word za pomocą opcji **Start/Programy** lub za pomocą skrótu z pulpitu.
2. Ewentualnie otworzyć właściwy dokument, do którego mają być przekazywane *arkusze wynikowe* wymiarowania. Jeśli tworzony dokument ma być nowym dokumentem, to wskazane jest dokonanie wstępnego sformatowania układu strony.

3. Powrócić do modułu RM-ZELB - sekwencyjnie przy pomocy klawiszy **[Alt]+[Tab]** lub za pośrednictwem paska stanu systemu Windows.

Od tego momentu można przekazywać fragmenty dokumentu do edytora MS Word, co polega na używaniu przycisku **Do Worda** okna dialogowego modułu RM-ZELB. Obowiązują przy tym następujące zasady:

- Przesyłany *arkusz* jest ściśle związany z aktualnym kontekstem wymiarowania, tzn. jeśli np. aktualnym *kontekstem* wymiarowania jest *kontekst Cechy przekroju*, to użycie przycisku **Do Worda** spowoduje przesłanie - do aktywnego dokumentu edytora MS Word - *arkuszy wynikowych* związanych z tym *kontekstem*. Przed przesłaniem *arkuszy* wykonywane są obliczenia związane z aktualnym *kontekstem*, a wyniki podstawiane są w odpowiednie pola wynikowe *arkuszy*.
- Wyniki dotyczące niektórych kontekstów wymiarowania dotyczą określonego przekroju poprzecznego elementu (decyduje położenie *znacznika przekroju w oknie schematu pręta*). Dla takich kontekstów może zachodzić potrzeba wcześniejszego wyszukania wartości najniekorzystniejszej (przycisk **Wyszukaj**).
- Przesyłany *arkusz* jest zawsze umieszczany w aktywnym dokumencie edytora MS Word w miejsce wskazywane przez kursor tekstowy tego dokumentu. Oznacza to, że dokument wymiarowania może być składany swobodnie.
- Wszelkie czynności związane z nadaniem dokumentowi formy edytorskiej muszą być przeprowadzane w edytorze, co pozostaje w gestii użytkownika.

---

### ***Pośredni sposób tworzenia dokumentu***

---

Tworzenie dokumentu w tym trybie odbywa się za pośrednictwem schowka i powinien być używany przy współpracy modułu RM-ZELB z innymi edytorami niż MS Word. Czynności jakie należy wykonać dzielą się na dwa etapy:

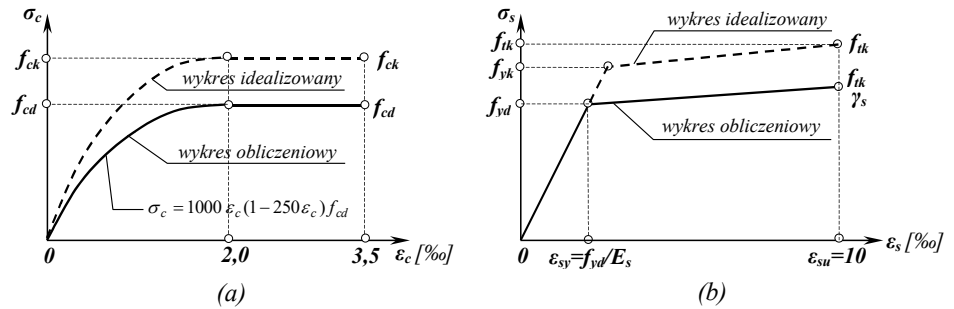
1. Przekazanie do schowka fragmentu dokumentu, co wymaga:
  - wybranie właściwego kontekstu wymiarowania i ewentualne ustawienie znacznika przekroju poprzecznego w oknie rysunku elementu,
  - użycia przycisku **Do schowka** okna dialogowego modułu RM-ZELB, co spowoduje umieszczenie odpowiedniego fragmentu dokumentu w schowku,
2. Przełączenie na aplikację edytora lub - jeśli edytor nie został uruchomiony - uruchomienie edytora.
3. Zastosowanie funkcji edytora „wklejania” ze schowka.
4. Przetworzenie dokumentu w edytorze i wydruk.

**Uwaga:** *Pośredni sposób tworzenia dokumentu wymiarowania może również zostać użyty przy w stosunku do edytora MS Word.*

## IX. UWAGI DOTYCZĄCE WYMIAROWANIA

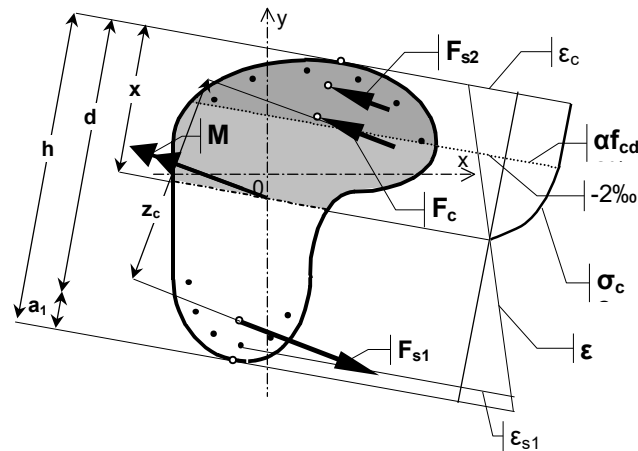
### Podstawy algorytmu sprawdzania nośności przekrojów prostokątnych

Głównym kontekstem wymiarowania prętów żelbetowych przy pomocy modułu RM-WIN jest sprawdzanie **nośność przekrojów prostokątnych**. Zrealizowany w module algorytm sprawdzania stanu granicznego nośności przekrojów prostokątnych został oparty ściśle na zasadach ogólnych zawartych w p. 5.1.1 normy **PN-B-03264:2002**.



Rys. 18

Punktem wyjścia dla skonstruowania algorytmu były związki  $\sigma$ - $\varepsilon$  dla betonu i stali, (Rys. 18), założenie o płaskości przekroju po jego deformacji oraz ogólne warunki równowagi wewnętrznej przekroju żelbetowego o dowolnym kształcie jego konturu (Rys. 19).



Rys. 19

Założenie o płaskości przekroju zapewnia związek:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \kappa_x \cdot y - \kappa_y \cdot x \quad (1)$$

w którym  $\varepsilon_0$  oznacza odkształcenie włókna na osi pręta,  $\kappa_x$  - obrót płaszczyzny odkształceń wokół osi  $x$ , a  $\kappa_y$  - obrót płaszczyzny odkształceń wokół osi  $y$ , (Rys. 19).

Ogólne zależności pomiędzy przekrojowymi siłami obliczeniowymi i deformacją przekroju otrzymano z równań równowagi wewnętrznej:

$$\begin{aligned}
 N_{sd} &= \iint_{A_c} \sigma_c dA_c + \sum_i \sigma_{si} A_{si} \\
 M_{sdx} &= \iint_{A_c} \sigma_c y dA_c + \sum_i \sigma_{si} y_i A_{si} \\
 M_{sdy} &= \iint_{A_c} \sigma_c x dA_c + \sum_i \sigma_{si} x_i A_{si}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

gdzie:

- $\sigma_c$  - naprężenia w strefie ściskanej betonu,
- $\sigma_{si}$  - naprężenia we wkładkach zbrojenia głównego,
- $A_c$  - pole strefy ściskanej przekroju,
- $A_{si}$  - pola powierzchni wkładek zbrojenia głównego,
- $x_i, y_i$  - współrzędne środków wkładek zbrojenia głównego,

Po podstawieniu związków  $\sigma$ - $\varepsilon$  dla betonu i stali do równań (2), otrzymano układ trzech równań określających związek pomiędzy parametrami deformacji przekroju ( $\varepsilon_o$ ,  $\kappa_x$ ,  $\kappa_y$ ) i obliczeniowymi siłami przekrojowymi ( $N_{sd}$ ,  $M_{sdx}$ ,  $M_{sdy}$ ), stanowiący podstawę - zrealizowanego w module RM-ZELB - algorytmu obliczeń związanych ze sprawdzaniem stanu granicznego nośności przekrojów prostopadłych przekroju żelbetowego.

Ze względu na nieliniowość równań zagadnienia, rozwiązanie uzyskuje się na drodze iteracyjnej. Rozwiązaniem początkowym procedury iteracyjnej są parametry deformacji ( $\varepsilon_o$ ,  $\kappa_x$ ,  $\kappa_y$ ) wyznaczone dla przekroju homogenicznego. Następne kroki cyklu iteracyjnego polegają na:

- wyznaczeniu (występujących w równaniach) charakterystyk geometrycznych dla strefy ściskanej betonu oraz wkładek zbrojenia głównego,
- rozwiązaniu równań względem parametrów deformacji  $\varepsilon_o$ ,  $\kappa_x$ ,  $\kappa_y$ ,
- wyznaczeniu stref podziału przekroju,
- sprawdzeniu normowych warunków stanu granicznego nośności (tzn. ograniczeń na odkształcenia w betonie i w stali),
- w przypadku przekroczenia któregośkolwiek z ograniczeń - dołączeniu dodatkowego równania, pozwalającego na wyznaczenie *współczynnika rezerwy nośności* przekroju,

aż do osiągnięcia założonej dokładności rozwiązania.

*Współczynnik rezerwy nośności* jest to liczba, przez którą należy podzielić wartości obliczeniowych sił przekrojowych, aby osiągnąć stan graniczny w przekroju. Oznacza to, że w przypadku, gdy w przekroju przekroczony jest stan graniczny, to współczynnik ten ma wartość większą od jedności, a w przeciwnym razie - mniejszą od jedności. W algorytmie przyjęto zasadę proporcjonalnej interakcji między obliczeniową siłą osiową  $N_{sd}$  i obliczeniowym momentem zginającym  $M_{sd}$ , co oznacza, że współczynnik rezerwy nośności jest jednakowy zarówno dla siły  $N_{sd}$  jak i momentu  $N_{sd}$ .



### **Archiwizacja parametrów wymiarowania**

Wszystkie wielkości związane z wymiarowaniem pręta (wartości zadawane przez użytkownika w edycyjnych polach liczbowych, ustawienia opcji wymiarowania na przełącznikach) mogą być zapisane w odrębnym pliku dyskowym o takiej samej nazwie jak zadanie zdefiniowane w programie głównym i rozszerzeniu ".rmw".

Plik ten jest tworzony automatycznie w aktualnym katalogu zadań przy pomocy opcji dotyczących zapisu zadania z poziomu programu głównego RM-WIN (opcja **Pliki.- Zapisz/Zapisz jako...**), a warunkiem jego utworzenia jest dokonanie jakichkolwiek zmian parametrów wymiarowania w module RM-ZELB. Parametry wymiarowania są zapamiętywane w formie rekordów, oddzielnie dla każdego pręta ustroju. Po uruchomieniu modułu RM-ZELB dla danego pręta sprawdzane jest, czy parametry wymiarowania nie zostały wcześniej zapisane w pliku. Jeśli tak, to są one z tego pliku odczytywane, w przeciwnym razie są inicjowane domyślnie.

Przy archiwizowaniu zadań w pamięci zewnętrznej (dyskietki) z poziomu systemu operacyjnego należy mieć również na uwadze plik zadania o rozszerzeniu ".rmw".

Plik, o którym tu mowa, jest aktualizowany przez program główny RM-WIN. Ma to miejsce ilekroć dokonywane są zmiany w opcjach programu głównego, a dotyczące:

- przypisania innego rodzaju przekroju,
- usunięcia pręta,

W takich sytuacjach parametry wymiarowania są usuwane z pliku, a więc po wywołaniu modułu RM-ZELB dla zmodyfikowanego pręta wszystkie parametry wymiarowania są inicjowane na nowo.