



**Oprogramowanie do analizy  
i wymiarowania konstrukcji**

[www.dlubal.com](http://www.dlubal.com)



**mgr inż.  
Leszek Mrowiec**

Prowadzący

Technical Account Manager  
Dlubal Software Sp. z o.o.



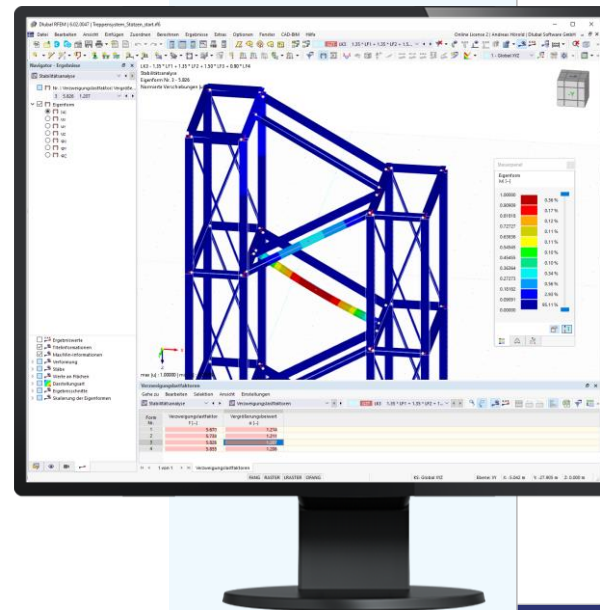
**mgr inż.  
Kamil Kozdroń**

Chat online

Development Manager (PL)  
Wsparcie operacyjne dla Dlubal Software Sp. z o.o.

## Webinarium

# Analiza stateczności i skręcanie skrępowane (7 stopni swobody) w RFEM 6 i RSTAB 9



# Instrukcja



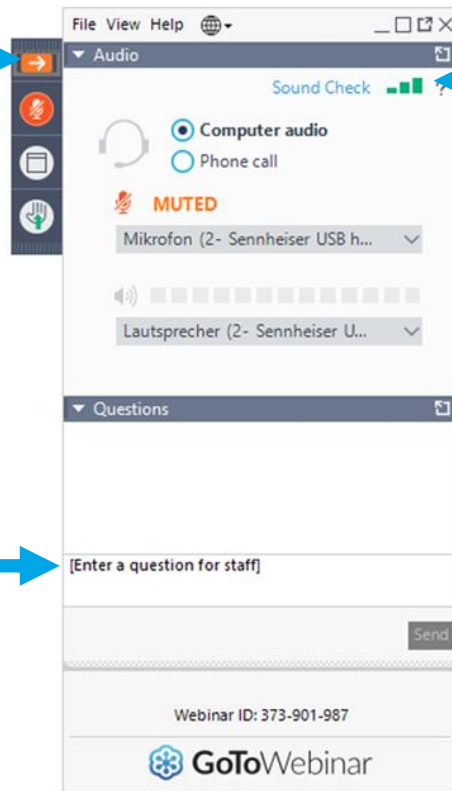
Panel aplikacji GoToWebinar  
**Desktop**



E-mail: **info@dlubal.pl**



**Pokaż i ukryj  
panel aplikacji**



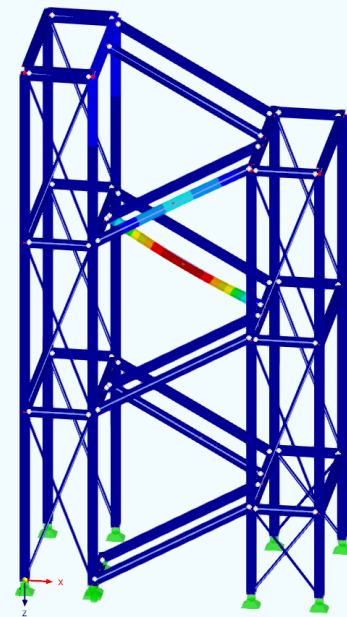
**Ustawienia  
audio**

**Zadaj pytanie**



# PLAN

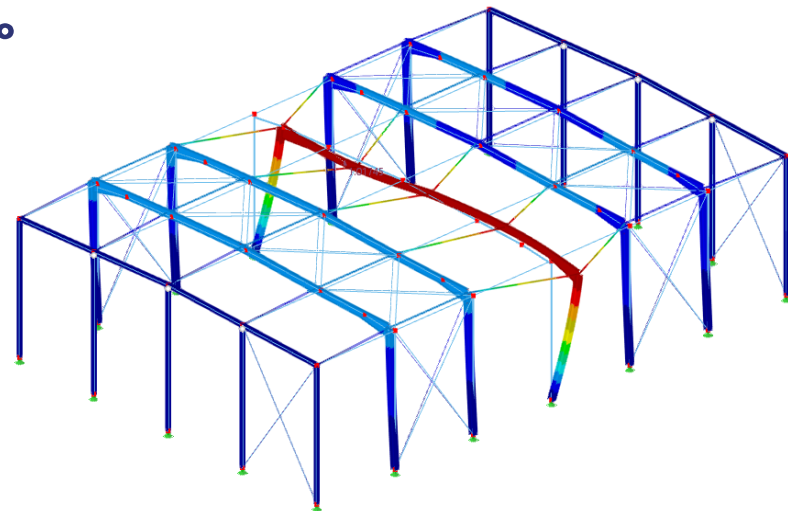
- 01 Wyznaczenie współczynnika obciążenia krytycznego konstrukcji
- 02 Porównanie utraty stateczności konstrukcji dla 6 DOF i 7 DOF
- 03 Stateczność dźwigara w modelu globalnym z uwzględnieniem wpływu elementów stabilizujących
- 04 Analiza wyboczenia giętno-skrętnego zgodnie z EC3 w globalnych obliczeniach z wykorzystaniem 7 DOF, imperfekcji i analizy drugiego rzędu





# Analiza stateczności

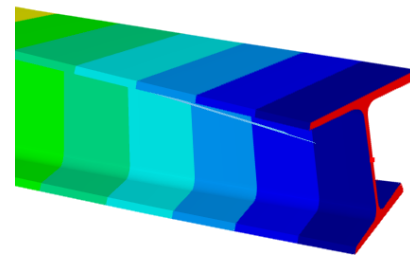
- Wyznaczenie współczynników obciążenia krytycznego
- Obliczenia modeli zawierających pręty, powierzchnie oraz bryły
- Nieliniowa analiza stateczności wykorzystująca przyrostową metodę obciążenia konstrukcji
- Wyznaczenie kształtu wyboczenia dla niestatecznego modelu (sprawdzenie przyczyny niestabilności)
- Wizualizacja postaci wyboczeniowej
- Podstawa do określenia imperfekcji





## — Skręcanie skrępowane (7 stopni swobody)

- Uwzględnienie skręcania skrępowanego jako dodatkowego stopnia swobody przekroju dla elementów prętowych
- Współpracujący w połączeniu z rozszerzeniem Analiza stateczności dla wyznaczenia współczynników obciążenia krytycznego oraz postaci własnych (w tym wyboczenie skrętne, zwichrzenie) z uwzględnieniem całej konstrukcji
- Pełna integracja z RFEM i RSTAB



→ [Skręcanie skrępowane \(7 stopni swobody\) dla RFEM 6 / RSTAB 9](#)



## Zastosowanie

- Profile o cienkich ściankach, w których występuje skręcanie, np. belka podsuwnicowa
- Analiza zwiczenia zgodnie z normą dla przekrojów nie posiadających dwóch osi symetrii, np. dla ceowników
- Uwzględnienie sztywności elementów dochodzących (połączonych) w globalnej analizie stateczności konstrukcji

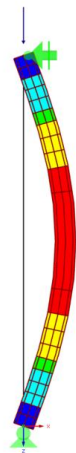
→ [Skręcanie skrępowane \(7 stopni swobody\) dla RFEM 6 / RSTAB 9](#)

# Podstawowe rodzaje utraty stateczności

$$\alpha_{cr} = \frac{N_{cr,min}}{N_{Ed}}$$

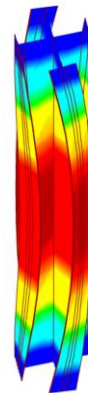
lub

$$\alpha_{cr} = \frac{M_{cr}}{M_{Ed}}$$



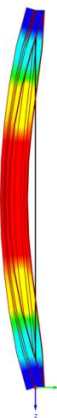
**Wyboczenie giętne**

$N_{cr,y/z}$  ;  $N_{cr,u/v}$



**Wyboczenie skrętne**

$N_{cr,T}$



**Zwicherungie  
i wyboczenie giętno-skrętne**

$N_{cr,LTB}$  ;  $M_{cr}$



# Wstępna imperfekcja łukowa

**Brak specjalnych wytycznych w NA**  
**(PN)-EN 1993-1-1** Rozdział 5.3.2 (3) Tab. 5.1

Krzywa wybozeniowa wg EC3-1-1, Tab. 6.2	Projektowanie przekroju	
	<b>Sprężyste</b> $e_{0,d}/L$	<b>Plastyczne</b> $e_{0,d}/L$
$a_0$	1/350	1/300
a	1/300	1/250
b	1/250	1/200
c	1/200	1/150
d	1/150	1/100

**DIN EN 1993-1-1/NA** NDP 5.3.2 (3) Tabla NA.2

Krzywa wybozeniowa wg EC3-1-1, Tab. 6.2	Projektowanie przekroju	
	<b>Sprężyste</b> $e_{0,d}/L$	<b>Plastyczne</b> $e_{0,d}/L$
$a_0$	1/600	
a	1/500	Jak sprężyste, ale z ograniczeniem $M_{pl}/M_{el}$
b	1/350	
c	1/250	
d	1/150	

Tylko dla globalnej analizy sprężystej i liniowej interakcji sił wewnętrznych w projektowaniu przekroju ▲

# Wpływ deformacji konstrukcji

## Kryterium

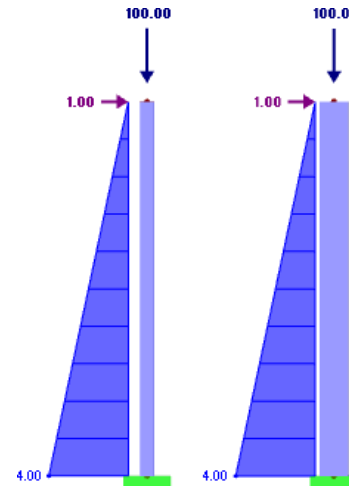
$$\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{ed}}$$

Analiza geometrycznie liniowa jest wystarczająca gdy:

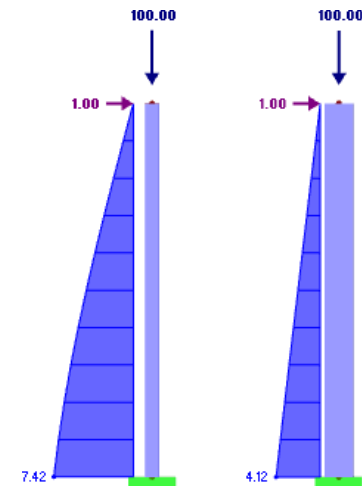
$\alpha_{cr} > 10$  dla analizy sprężystej

$\alpha_{cr} > 15$  dla analizy plastycznej

## Geometryczna analiza liniowa



## Analiza II rzędu





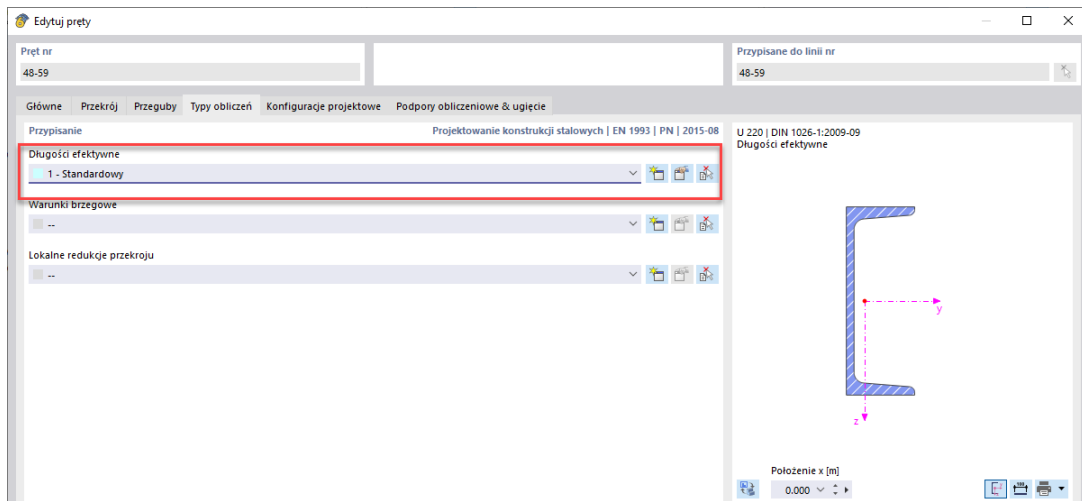
# Analiza stateczności - metody

Metoda	Element		Przekrój				Obciążenie				Adnotacje
							N-	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	
<b>Metoda pręta zastępczego wg 6.3.1</b>	●		●	●	●	●	●				FB, TB, LTB dla ściskania
<b>Metoda pręta zastępczego wg 6.3.2</b>	●		●	●	●	●		●			LTB, specjalne formuły dla dwuteowników
<b>Metoda pręta zastępczego wg 6.3.3</b>	●		●	●			●	●	●		FB, TB, LTB
<b>Metoda ogólna wg 6.3.4</b>	●	●	●	●			●	●			
<b>Projektowanie wg analizy II rzędu z 7 stopniami swobody</b>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Lokalne i globalne imperfekcje, globalna analiza II rzędu

stosowalne ● ograniczone / niestosowalne ● inne przekroje ?



# Analiza stateczności - metoda prętów równoważnych



Błędy i ostrzeżenia | Projektowanie konstrukcji stalowych | EN 1993 | PN | 2015-08

Przejdź do Edytuj Wybór Widok Ustawienia

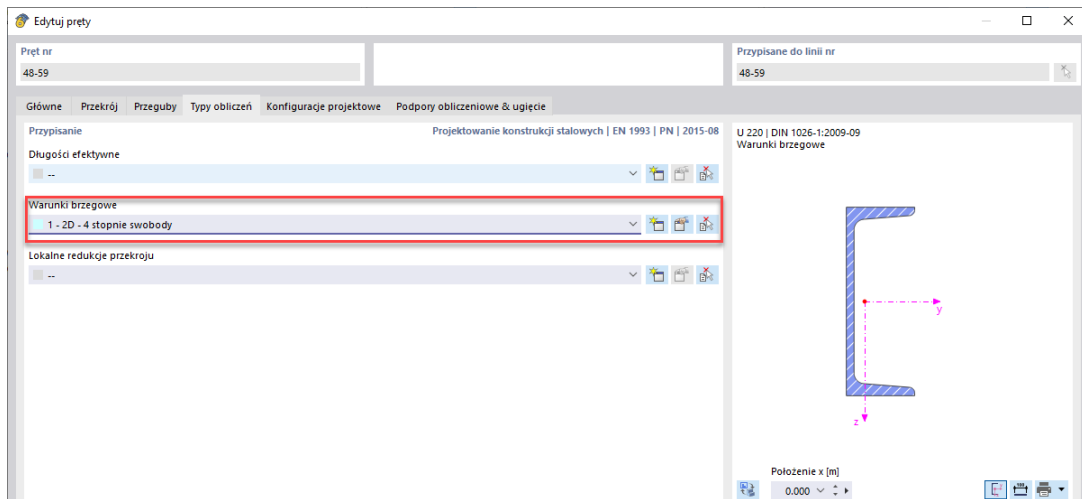
Projektowanie konstrukcji st... Przejrzyj

	Typ obiektu	Obiekt nr	Położenie [m]	Sytuacja obliczeniowa	Obciążenie nr	Stopień wykorzystania warunków projektowych	Typ warunku projektu	Opis
	Pręt	48-59	x: 0.000	SO1	KO1	Nieosiągalne do...	ER2200.00	Błąd   Metoda prętów zastępczych wg 6.3.3 nie może być stosowana dla przekroju niesymetrycznego...
	Pręt	48-59	x: 0.000	SO1	KO3	Ostrzeżenie	WAS001.00	Ostrzeżenie   Skręcanie jest pomijane dla warunków projektowych stateczności
	Pręt	56	x: 0.000	SO1	KO5	1.010	SP6100.00	Section Proof   Naprężenie osiowe i styczne wg 6.2.1(5)   Projektowanie sprężyste

Błędy i ostrzeżenia



# Analiza stateczności - metoda ogólna



Błędy i ostrzeżenia | Projektowanie konstrukcji stalowych | EN 1993 | PN | 2015-08

Przejdź do Edytuj Wybór Widok Ustawienia

Projektowanie konstrukcji st... Przejście

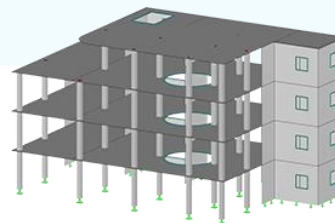
	Typ obiektu	Obiekt nr	Położenie [m]	Sytuacja obciążen	Obciążenie nr	Stożek wykorzystania warunku projektowego	Typ warunku projektowego	Opis
	Pręt	48-59	x: 0.000	SO1	KO3	Nieosiągalny do...	ER3100.00	Błąd   Metoda ogólna wg 6.3.4 nie może być stosowana dla zginania względem osi z
	Pręt	56	x: 0.000	SO1	KO5	1.010	SP6100.00	Section Proof   Naprężenie osiowe i styczne wg 6.2.1(5)   Projektowanie sprężyste

1 z 1 Błędy i ostrzeżenia





# Darmowe serwisy on-line



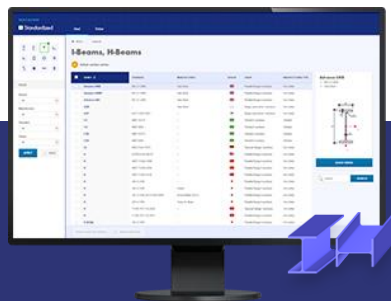
## Geo-Zone

Dlubal Software oferuje narzędzie on-line do określania obciążenia charakterystycznego, zgodnie z odpowiednią strefą obciążenia.



## Właściwości przekrojów

Dzięki temu darmowemu narzędziu, możesz wybrać standardowe przekroje z szerokiej biblioteki materiałów lub zdefiniować przekroje parametrycznie i wyznaczyć ich parametry geometryczne.



## FAQs i baza wiedzy

Sprawdź najczęściej zadawane nam pytania i uzyskaj szybko pomocne wskazówki i porady, także dzięki naszym coraz bardziej rozbudowanym artykułom technicznym. Wszystko dla poprawy wydajności Twojej pracy.



## Modele do pobrania

Pobierz któreś z wielu naszych przykładowych modeli, które na pewno pomogą Ci rozpocząć i szybko zapoznać się z programami platformy Dlubal.

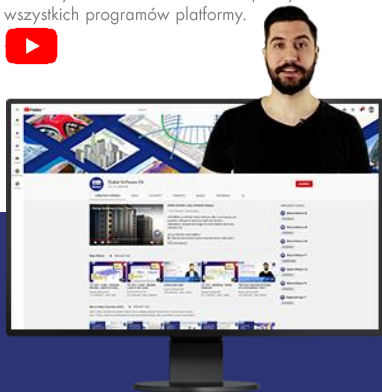




# Darmowe serwisy on-line

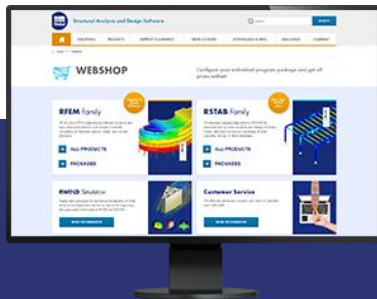
## Kanał Youtube - webinaria i krótkie materiały wideo

Zobacz nasze webinaria i bardzo krótkie materiały wideo o możliwościach praktycznie wszystkich programów platformy.



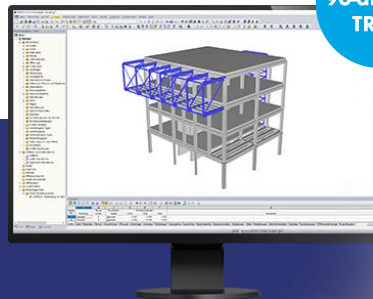
## Zakupy on-line i wycena

Dostosuj swój pakiet i sprawdź samodzielnie wszystkie (katalogowe) ceny on-line.



## Wersje „trial”

Najlepszą drogą do nauki programu jest samodzielna praca. Pobierz darmową, 90-dniową wersję próbną, zawierającą wszystkie moduły dodatkowe (programy samodzielne należy pobrać oddzielnie) i przetestuj nasze oprogramowanie w tym wyjątkowo długim czasie.



90-dniowy TRIAL



## Darmowe wsparcie poprzez e-mail



# Uzyskaj więcej informacji o Dlubal Software



Odwiedź naszą stronę  
[www.dlubal.pl](http://www.dlubal.pl)

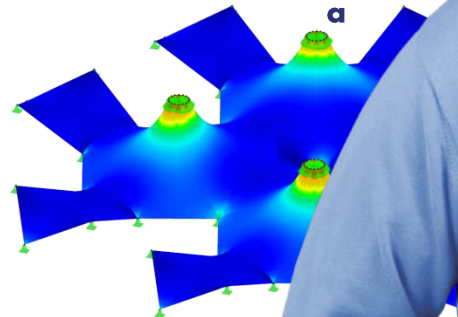
- **Materiały wideo i nagrania webinarów**
- **Newsletter**
- **Wydarzenia i konferencje**
- **Baza wiedzy, artykuły**



**Zobacz programy Dlubal Software w realnym działaniu podczas webinarów**



**Pobierz darmowe wersje „trial” – licencja automatyczna**



**Dlubal Software Sp. z o.o.**  
ul. Jesionowa 22  
40-158 Katowice  
Polska

Phone: +48 (32) 782 46 26  
E-mail: [info@dlubal.pl](mailto:info@dlubal.pl)





[www.dlubal.com](http://www.dlubal.com)