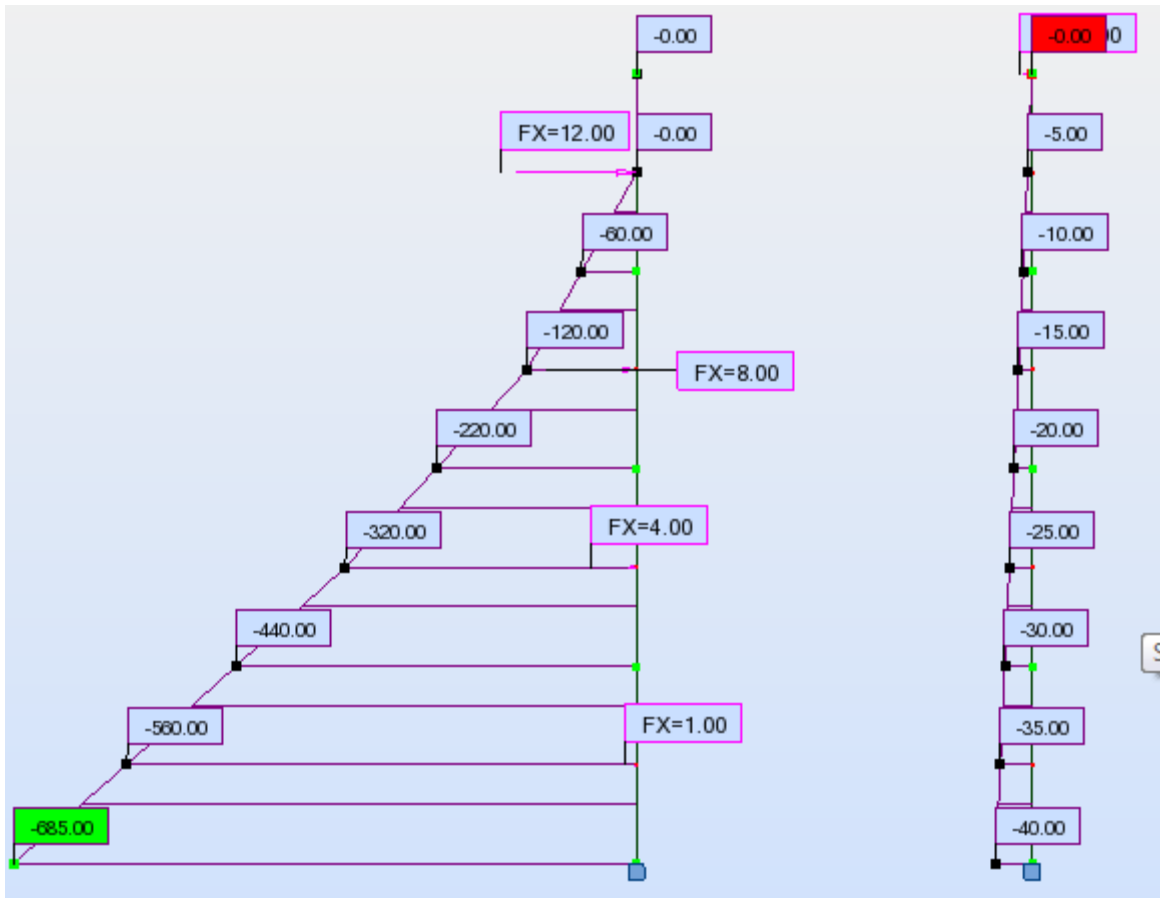


## *Sprężyste wychylenie wierzchołka Komina metodą Kulomba-Mohra*

1. Momenty zginające trzon komina uzyskane przy pomocy programu Robot.



2. Weryfikacja wyników obliczeniami ręcznymi (Momenty zginające w punktach przyłożenia siły skupionej).

$$M_1=0 \text{ kNm}; \quad M_2=h \cdot P_1=10 \cdot 12=120 \text{ kNm}; \quad M_3=2h \cdot P_1+h \cdot P_2=20 \cdot 12+10 \cdot 8=320 \text{ kNm};$$

$$M_4=3h \cdot P_1+2h \cdot P_2+h \cdot P_3=30 \cdot 12+20 \cdot 8+10 \cdot 4=560 \text{ kNm};$$

$$M_5=3,5h \cdot P_1+2,5h \cdot P_2+1,5h \cdot P_3+0,5 \cdot P_4=35 \cdot 12+25 \cdot 8+15 \cdot 4+0,5 \cdot 1=685 \text{ kNm};$$

3. Wzory na obliczanie momentów na podstawie przykładu.

$$M_1=P_1 \cdot h; \quad M_2=P_1 \cdot 2h + P_2 \cdot h; \quad M_3=P_1 \cdot 3h + P_2 \cdot 2h + P_3 \cdot 1h; \dots$$











4. Mnożenie wykresów – całkowanie graficzne.

$$y_w = \int_H^0 \frac{M_w M}{EI} dh$$

- Całkowanie graficzne dwóch funkcji momentów zginających polega na przemnożeniu przez siebie dwóch wykresów tych właśnie funkcji.

- Zasada mnożenia: pole jednego wykresu pomnożone przez wartość z drugiego wykresu znajdującą się pod środkiem ciężkości pierwszego wykresu.

## Całkowanie graficzne — podstawowe wzory

	 A	 A	 A	 B
 a	$\frac{1}{3}aAl$	$\frac{1}{6}aAl$	$\frac{1}{2}aAl$	$\frac{al}{6}(A + 2B)$
 a	$\frac{1}{6}aAl$	$\frac{1}{3}aAl$	$\frac{1}{2}aAl$	<sup>1</sup> $\frac{al}{6}(2A + B)$
 a	$\frac{1}{2}aAl$	$\frac{1}{2}aAl$	$aAl$	$\frac{al}{2}(A + B)$
 f	$\frac{1}{3}Afl$	$\frac{1}{3}Afl$	$\frac{2}{3}Afl$	$\frac{fl}{3}(A + B)$
 a c b	$\frac{Al}{6}(b + 2c)$	$\frac{Al}{6}(a + 2c)$	$\frac{Al}{6}(a + b + 4c)$	*
 a b	$\frac{Al}{6}(a + 2b)$	$\frac{Al}{6}(2a + b)$	$\frac{Al}{2}(a + b)$	<sup>2</sup> **

\*)  $\frac{1}{6} [Aa + Bb + 2c(A + B)]$

<sup>2</sup>\*\*)  $\frac{1}{6} [Aa + Bb + (a + b)(A + B)]$

- Całkowanie realizujemy „pomiędzy segmentami”, zaczynając 5m od wierzchołka, odcinkami po 10m
- Pierwszy fragment całkujemy za pomocą wzoru „1” (trójkąt i trapez)
- Pozostałe fragmenty całkujemy przy pomocy wzoru „2” (dwa trapezy)
- Ponieważ całkowanie odbywa się „pomiędzy segmentami” we wzorach należy uwzględnić średni moment bezwładności dwóch sąsiednich segmentów)

$$I_{1,2} = \frac{I_1 + I_2}{2}; I_{2,3} = \frac{I_2 + I_3}{2}; I_{3,4} = \frac{I_3 + I_4}{2}; \dots$$

$$y_w = \frac{1}{EI_{1,2}} * \left( \frac{h * M_2}{6} (2 * 15 + 5) \right) +$$

$$+ \frac{1}{EI_{2,3}} * \left( \frac{h}{6} (M_3 * 25 + M_2 * 15 + (M_3 + M_2) * (25 + 15)) \right) +$$

$$+ \frac{1}{EI_{3,4}} * \left( \frac{h}{6} (M_4 * 35 + M_3 * 25 + (M_4 + M_3) * (35 + 25)) \right) +$$

$$+ \frac{1}{EI_4} * \left( \frac{0,5h}{6} (M_5 * 35 + M_4 * 40 + (M_5 + M_4) * (35 + 40)) \right)$$

$$y_w \leq \frac{H}{200}$$