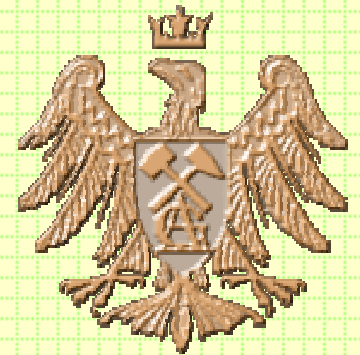


# *Surface settlement due to tunnelling*



# *Surface settlement due to tunnelling*

- Projektowanie i wykonawstwo budowli podziemnych pod zagospodarowaną powierzchnią terenu wymaga oszacowania wielkości deformacji wewnątrz górotworu, a szczególnie powierzchni terenu.
- Dla poprawnego określenia wielkości deformacji powierzchni terenu konieczna jest znajomość szeregu istotnych parametrów górotworu (wytrzymałość na ściskanie, rozciąganie, kąt tarcia wewnętrznego, kohezja, moduł Younga, liczba Poissona, gęstość objętościowa, przestrzenne rozmieszczenie sieci spękań i nieciągłości, pierwotny stan naprężenia, zawodnienie, etc.) oraz parametrów tunelu (kształt i wymiary wyrobiska, głębokość i sposób drażenia, nośność obudowy wstępnej i ostatecznej, etc.).

# Surface settlement due to tunnelling

- **Szechy (1970)**. Teoria oparta o założenie powstawania płaskich powierzchni ścinania zgodnie z warunkiem wytrzymałościowym Coulomba-Mohra.

$$S_{\max} = \frac{\frac{3V_0}{r}}{\frac{1}{\operatorname{tg} \beta} \left[ \frac{4}{\cos \beta} (H + r) + 4 \left( r + 2H + \frac{H^2}{r} \right) \right]}$$

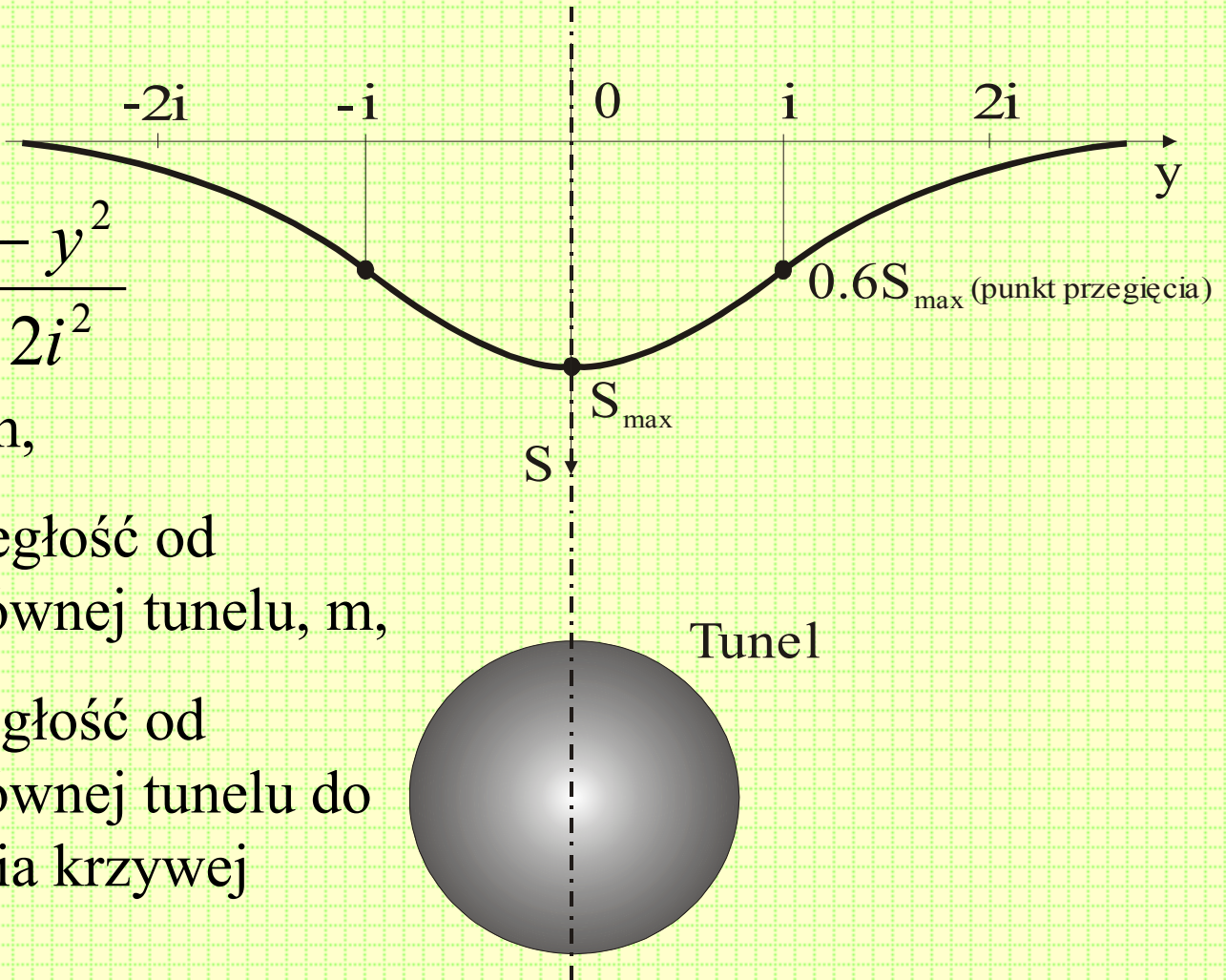
- $S_{\max}$  – maksymalne osiadanie powierzchni ponad tunelem, m,
- $V_0$  - objętość konwergencji przypadająca na 1 mb tunelu, m<sup>3</sup>,
- $r$  – promień tunelu, m,
- $H$  - głębokość posadowienia stropu tunelu, m,
- $\beta$  - kąt zasięgu krzywej osiadania określany w funkcji kąta tarcia wewnętrznego( $\phi$ ) górotworu:  $\beta = 45^\circ + \frac{\phi}{2}$

# Surface settlement due to tunnelling

Kształt powierzchni osiadania jest analogiczny do krzywej Gaussa

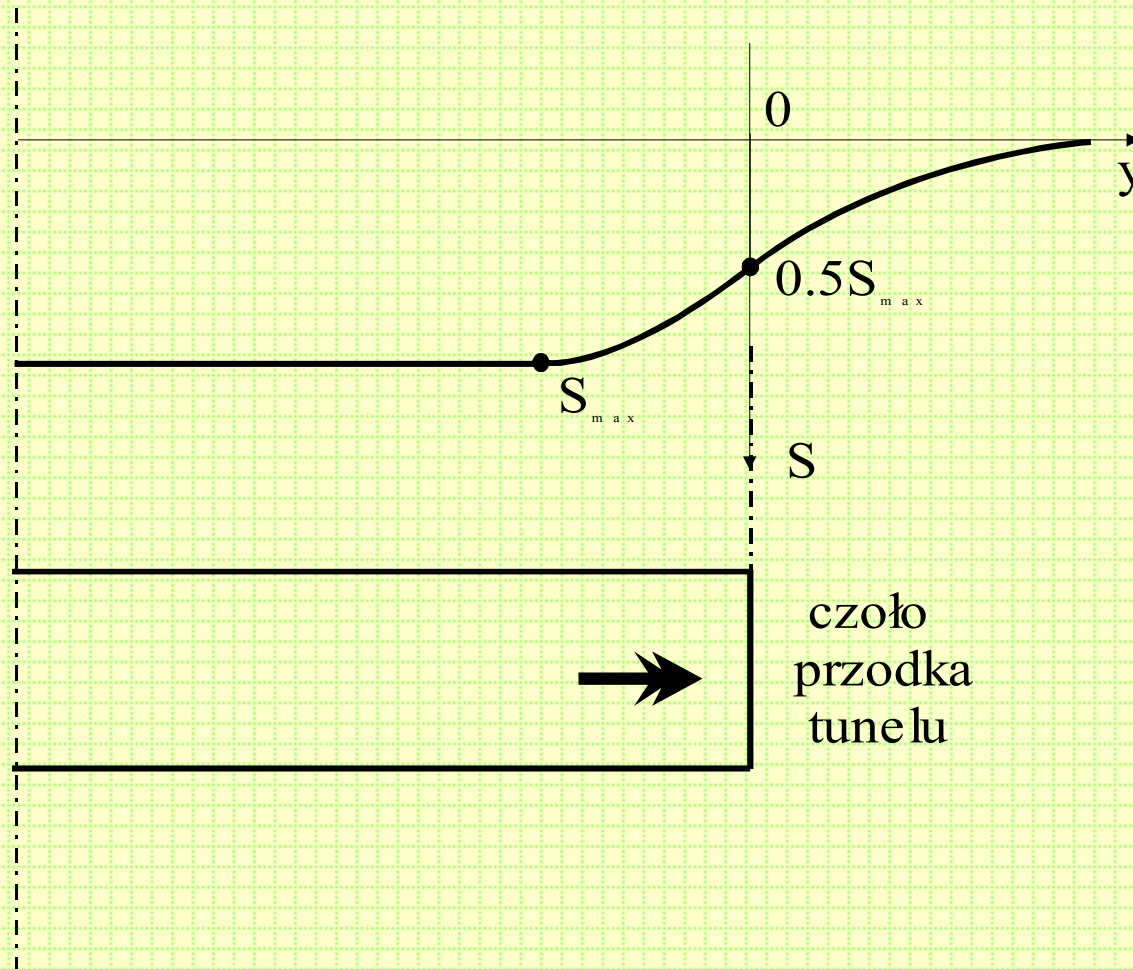
$$S_v = S_{\max} \exp \frac{-y^2}{2i^2}$$

- $S_v$  – osiadanie, m,
- $y$  - pozioma odległość od poziomej osi głównej tunelu, m,
- $i$  - pozioma odległość od poziomej osi głównej tunelu do punktu przegięcia krzywej osiadania.



# Surface settlement due to tunnelling

Kształt powierzchni osiadania jest analogiczny do krzywej Gaussa - przekrój wzdłuż osi głównej tunelu



# Surface settlement due to tunnelling

Objętość (przypadająca na 1 mb długości tunelu) pomiędzy pierwotnym położeniem terenu, a krzywą osiadania powyżej tunelu wyraża wzór:

$$V_s = S_{\max} i \sqrt{2\pi}$$

Powyższe równanie pozwala na określenie wartości maksymalnego osiadania z warunku objętości niecki osiadania bo objętość można określić ze związku:

$$V_s = \alpha V_0$$

$\alpha$  - współczynnik zawierający się pomiędzy:  $0 \leq \alpha \leq 1$

# Surface settlement due to tunnelling

- Wymaga to oczywiście uprzedniego określenia wielkości  $V_0$  oraz  $i$ .
- Wielu autorów podaje różne wartości  $V_0$  - 0.49-3.69%, 1-1.8%, 1-6%, 1.2-2.5%, 2 %, 2.9%, 3.3%, 3-5%, 5-10 % (są to wielkości w stosunku do  $V$  – objętości jednostkowej tunelu) Generalnie można stwierdzić, że objętość konwergencji przypadająca na 1 mb tunelu zależy od dużej ilości czynników i nie można sformułować w miarę prostej zależności jej określającej.
- Na podstawie licznych obserwacji i pomiarów zostały określone zależności pomiędzy promieniem tunelu  $r$  i głębokością posadowienia jego stropu  $H$ , a poziomą odległością od poziomej osi głównej tunelu do punktu przegięcia krzywej osiadania  $i$ .

# Surface settlement due to tunnelling

$$\frac{i}{r} = \left( \frac{H}{2r} \right)^n$$

- $n$  - wykładnik potęgowy zawierający się pomiędzy 0.8-1.0 w zależności od parametrów wytrzymałościowych i odkształceniowych górotworu



# Surface settlement due to tunnelling

## Przykład liczbowy.

Oszacować osiadania powierzchni terenu na skutek wykonania tunelu o promieniu  $r=2\text{ m}$ , zlokalizowanego na głębokości  $H=20\text{ m}$ .

Przyjąć  $n=1$ ,  $\alpha=0.5$ ,  $V_0=2\%$ .

$$i = \frac{H}{2} = 10\text{ m} \quad V = \pi r^2 H = 12.566\text{ m}^3 \quad V_0 = 0.02V = 0.251\text{ m}^3$$

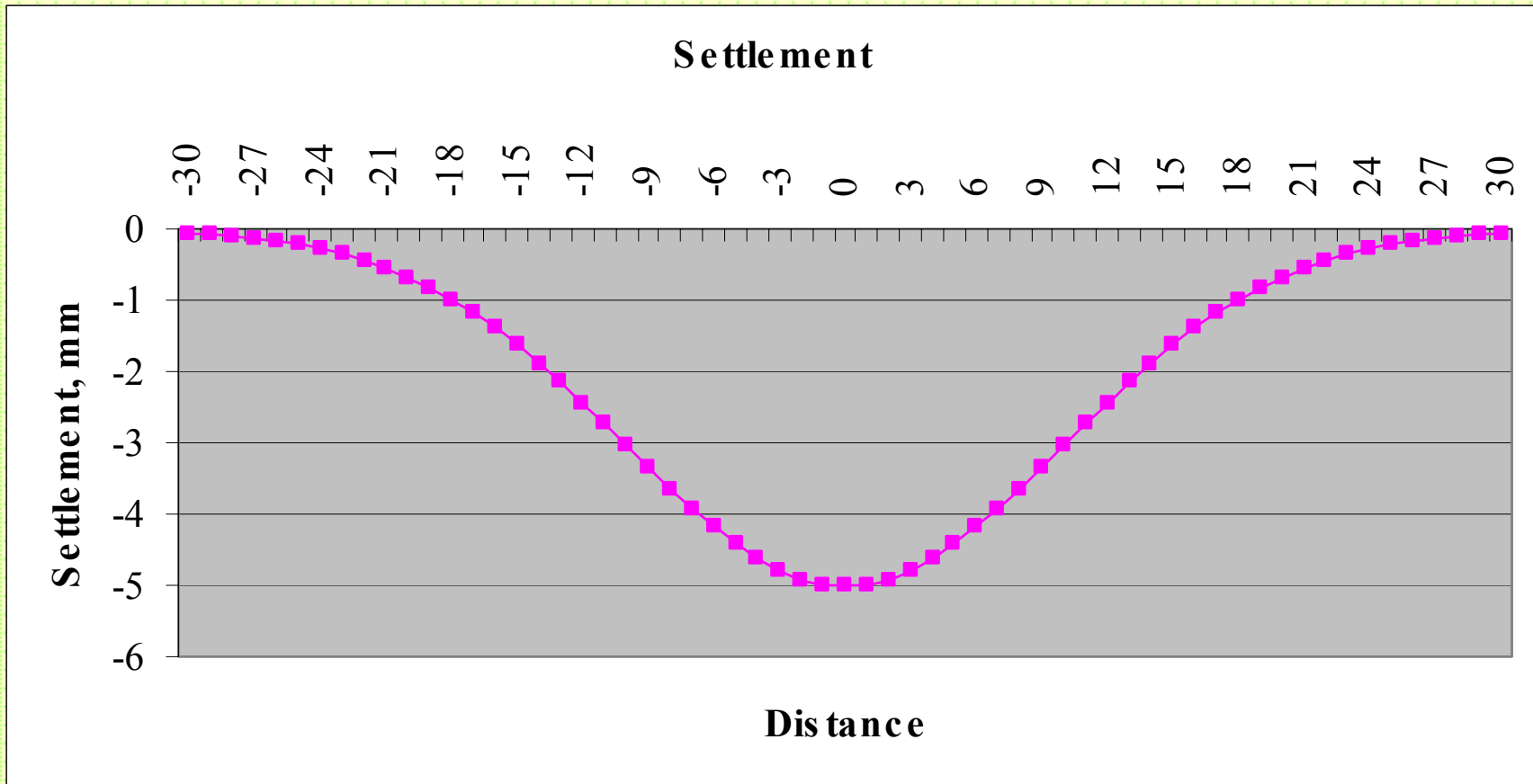
$$V_s = \alpha V_0 = 0.5 \cdot 0.251 = 0.12566\text{ m}^3$$

$$S_{\max} = \frac{V_s}{i\sqrt{2\pi}} = 5.013e^{-3}\text{ m} = 5.013\text{ mm}$$

Równanie krzywej osiadania powierzchni terenu:

$$S_v = S_{\max} e^{\frac{-y^2}{2i^2}} = S_{\max} e^{\frac{-y^2}{200}}$$

# Surface settlement due to tunnelling



Dane do  
ćwiczenia

Nr	$r, m$	$H, m$	$n$	$\alpha$	$V_0, \%$
1	0.5	10	0.9	0.1	1
2	1	12	0.8	0.3	2
3	1.5	15	1	0.5	3
4	2	18	0.9	0.7	4
5	2.5	20	0.8	0.9	5
6	3	22	1	1.0	6
7	3.5	25	0.9	0.2	7
8	4	30	0.8	0.4	8
9	4.5	35	1	0.8	9
10	5	40	0.9	0.75	10
11	0.5	45	0.8	0.25	2.5
12	1	50	1	0.15	5.5
13	1.5	55	0.9	0.2	5
14	2	60	0.8	0.6	0.5
15	2.5	65	0.9	0.5	1
16	3	70	1	0.4	1.5
17	3.5	75	0.8	0.3	2

Dane do  
ćwiczenia

Nr	$r, m$	$H, m$	$n$	$\alpha$	$V_0, \%$
18	3.5	80	0.9	0.4	2.5
19	1	85	1.0	0.45	3
20	1.5	90	0.8	0.5	3.5
21	2	95	0.9	0.55	4
22	2.5	100	1.0	0.6	4.5
23	3	15	0.8	0.65	5
24	3.5	20	0.9	0.7	5.5
25	4	25	1.0	0.75	6
26	4.5	30	0.8	0.80	6.5
27	5	35	0.9	0.85	7
28	0.5	40	1.0	0.9	7.5
29	1	45	0.8	0.95	8
30	1.5	50	0.9	0.2	8.5
31	2	55	1.0	0.25	9
32	2.5	60	0.8	0.3	9.5
33	3	65	0.9	0.35	10
34	3.5	70	1.0	0.4	5