

**mgr inż. Witold Bogusz**

**PROGNOZA PRZEMIESZCZEŃ PODŁOŻA GRUNTOWEGO SPOWODOWANYCH REALIZACJĄ  
TUNELI**

Promotor: prof. dr hab. inż. Anna Siemińska-Lewandowska

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Tomasz Godlewski, prof. Instytutu

**Streszczenie:** Założeniem pracy jest doskonalenie metod przewidywania przemieszczeń podłoża gruntowego spowodowanych realizacją tuneli. Głównym celem przygotowanej rozprawy doktorskiej jest ocena parametrów charakteryzujących nieckę osiadań (tj. maksymalne osiadanie, parametr szerokości niecki, utrata objętości), istotnych w przypadku podejścia półempirycznego wraz z opisem ich zmienności, uwzględniając wagę lokalnych doświadczeń porównywalnych i warunków gruntowych. Praca ma charakter empiryczny, z uwagi na wykorzystane doświadczenia z realizacji tuneli linii metra w Warszawie. Celem praktycznym pracy są rekomendacje w zakresie wyznaczania reprezentatywnych wartości na potrzeby projektowania tuneli w warunkach miejskich.

Realizacja obiektów podziemnych jakimi są tunele wpływa na przemieszczenia otaczającego gruntu, które na powierzchni terenu są obserwowane w formie niecki osiadań. Problem ten jest szczególnie ważny dla tuneli realizowanych na terenach zurbanizowanych, gdzie osiadania spowodowane realizacją tunelu mogą mieć niekorzystny wpływ na istniejące obiekty. Właściwa predykcja deformacji podłoża jest istotna dla oceny wpływu na obiekty sąsiednie, które mogą wymagać zastosowania dodatkowych środków zabezpieczających, niekiedy istotnie ingerujących w ich konstrukcję.

W pracy skoncentrowano się na analizie parametrów charakteryzujących nieckę osiadań w przypadku wykorzystania półempirycznych modeli predykcyjnych, nadal najpowszechniej stosowanych w praktyce. Przedstawiono szczegółowy opis problemu badawczego wraz z przeglądem aktualnego stanu wiedzy w tym zakresie. Przedstawiono również dane empiryczne uzyskane z wybranych opublikowanych studiów przypadków realizacji tuneli na świecie.

Na potrzeby oceny parametrów niecki wraz z ich zmiennością w kontekście uwarunkowań lokalnych rejonu Warszawy, przeprowadzono analizę dużego zbioru danych dotyczących przemieszczeń zaobserwowanych podczas budowy linii metra M2 na siedemnastu odcinkach tuneli (D05-D21) zrealizowanych w okresie 2012-2021 r. Uzyskane wyniki przedstawiono w formie rozkładów uzyskanych parametrów wzdłuż danych odcinków linii. Następnie przeprowadzono ocenę tych parametrów w skali regionalnej, w kontekście dominujących warunków geotechnicznych dla poszczególnych przekrojów obliczeniowych. W celu opisu zmienności rozważanych parametrów, przedstawiono ich rozkłady statystyczne w postaci histogramów i skumulowanych częstości występowania ich wartości.

Na końcu przedstawiono rekomendacje dotyczące praktycznego zastosowania przedstawionych wyników na potrzeby projektów tunelowych realizowanych w przyszłości w rejonie Warszawy. Na podstawie uzyskanych zakresów zmienności parametrów

charakteryzujących nieckę osiadania ( $s_{max}$ ,  $K$ ,  $V_L$ ) zaproponowano konkretne wartości reprezentatywne parametrów do stosowania w projektowaniu.

**Słowa kluczowe:** tunele; niecka osiadań; strefa wpływu; utrata objętości; prawdopodobieństwo, EPB-TBM



**mgr inż. Witold Bogusz**

## **PREDICTION OF TUNNELING-INDUCED GROUND MOVEMENTS**

Supervisor: prof. dr hab. inż. Anna Siemińska-Lewandowska

Co-supervisor: dr hab. inż. Tomasz Godlewski, prof. Instytutu

**Abstract:** The aim of the study is to improve the prediction of ground movements caused by tunneling. The main goal of the thesis is to assess the parameters characterizing tunneling-induced settlement trough (i.e. maximum settlement, trough width parameter, volume loss), relevant in the case of semi-empirical prediction methods, with assessment of their variability in the context of local experiences and ground conditions. The study has an empirical nature due to the use of data obtained during the construction of M2 metro line in Warsaw. The practical aim of the work is to provide recommendations for the determination of representative values for design of tunnels in urbanized areas.

The construction of underground structures, such as tunnels, has an impact on deformations of surrounding ground, which are observed at the ground level in a form of a settlement trough. This issue is of importance especially for tunnels constructed in urbanized areas, where tunneling-induced settlements can have an adverse impact on existing structures. Prediction of ground deformations is important for the purpose of impact assessment, as additional mitigation measures might have to be implemented for the adjacent structures; these measures themselves can have a significant impact on the structures.

The study focused on the analysis of parameters characterizing the settlement trough in the case of semi-empirical methods of prediction, which are still the most commonly used in practice. Detailed description of the considered problem was presented, with a summary of the current state of knowledge. Empirical data from selected worldwide case studies of tunneling projects were presented.

For the purpose of assessment of the settlement trough parameters and their variability, in the context of local conditions of Warsaw, Poland, analysis of large database of ground displacement results from M2 metro line was conducted. The analysis was based on monitoring results from seventeen sections of the line (D05-D21), which were constructed from 2012 to 2021. Obtained results are presented in form of parameter distributions along each section of the line. Assessment of those parameters, in the context of the geotechnical conditions, at the regional scale, was also conducted. In order to assess the variability of these parameters, their statistical distributions were presented in forms of histograms and cumulative frequencies of occurrence.

Finally, recommendations regarding practical implementation of obtained results were presented for the purpose of design of future tunnels in the area of Warsaw. Based on obtained ranges of variability of the considered parameters ( $S_{max}$ ,  $K$ ,  $V_L$ ), their specific representative values for design applications are proposed.

**Key words:** tunnels; settlement trough; zone of influence; volume loss; probability, EPB-TBM

