

**DOPRAVNÍ PODNIK hlavního města Prahy, a.s.**

Sokolovská 217/42, 190 22 Praha 9, Česká republika



Objednatel:	DP HMP a.s.	Městská část:	Praha 6	Kraj:	Praha
Akce:	KOMPLEXNÍ GEOMONITORING A HYDROGEOMONITORING STAVBY METRA V. A SO 09-20/01 STANICE MOTOL TRVALE KOTVENÁ PODZEMNÍ STĚNA PLÁN DLOUHODOBÉHO MONITORINGU TRVALE KOTVENÝCH KONSTRUKCÍ OBDOBÍ 2025-2029			Datum	Stupeň
Objekt:				10/2024	TP
Příloha:				Souprava	Označ. přílohy

**KOMPLEXNÍ HYDROGEOMONITORING A GEOMONITORING
STAVBY METRA V. A (DEJVICKÁ – MOTOL)**

**SO 09-20/01 STANICE MOTOL
TRVALE KOTVENÁ PODZEMNÍ STĚNA**

**PLÁN
DLOUHODOBÉHO MONITORINGU
TRVALE KOTVENÝCH KONSTRUKCÍ
(OBDOBÍ 2025 – 2029)**

PONTEX 2024

OBSAH:

1. Úvod.....	3
2. Podklady.....	3
3. Stanovení účelu a rozsahu měření, prováděné úkony.....	3
4. Podrobné údaje o měřených veličinách a způsobu jejich snímání	4
5. Kontinuální monitoring	7
6. Kalibrace měřicí linky, navázání měření, apod.....	7
7. Četnost měření a činností	7
8. Popis přípravných a montážních prací, pomocná zařízení, koordinace	8
9. Údaje o zpracovateli plánu měření	9

1. ÚVOD

Firmou Pontex byl navržen plán dlouhodobého monitoringu konstrukce trvale kotvené zárubní stěny v prostoru stanice metra Nemocnice Motol, označení stavby SO 09-20/01. V současné době probíhá na této stavbě dlouhodobý monitoring, který započal v období dokončení stavby a dle plánu měření probíhal v letech 2016 až 2024. Indikace zjištěné v tomto období byly hodnoceny jako natolik významné, že se staly podnětem pro zadání navazujícího dlouhodobého monitoringu v letech 2025 – 2029 (5 let). S ohledem na zjištěné indikace možných poruch stavební konstrukce je navrženo zpřesnění měřicích postupů a s tím spojeného rozsahu instrumentace.

U daného objektu je s ohledem na jeho charakter nutné zajistit navazující monitoring z důvodu zajištění a kontroly bezpečnosti trvale kotvené zdi.

2. PODKLADY

1. Realizační projekt geomonitoringu – část B12, stavební oddíl SOD09 – SO 09/20 Stanice Motol z III/2011 (Arcadis Geotechnika a.s., Inset s.r.o.)
2. Návrh realizace systému pro dlouhodobý monitoring prostoru stanice Nemocnice Motol z III/2013 (Arcadis Geotechnika a.s., Inset s.r.o.)
3. Rozšíření geomonitoringu na stavbě metra V. A (Dejvická – Motol) z I/2015 (Arcadis Geotechnika a.s.)
4. Realizační dokumentace monitoringu trvale kotvených konstrukcí Stanice Motol z III/2015 (Pontex, s.r.o.)
5. Plán dlouhodobého monitoringu trvale kotvených konstrukcí (období 2020 – 2023), XI/2019 (Pontex, s.r.o.)
6. Výroční zprávy firmy Pontex, s.r.o. – Zpráva o měření GTM trvale kotvených konstrukcí (2015-2023)
7. Ověření napětí v zemních kotvách + statický posudek podzemní stěny z III/2023 (Pontex, s.r.o. + [REDACTED])
8. Technické listy navrhovaných zařízení
 - a další předpisy související

3. STANOVENÍ ÚČELU A ROZSAHU MĚŘENÍ, PROVÁDĚNÉ ÚKONY

Účel, rozsah a metodika měření byl specifikován v rámci [4]. Upřesnění rozsahu a metodiky vzešlo z dlouhodobého monitoringu shrnutého v rámci výročních zpráv [6] a z ověření napětí v kotvách včetně statického posudku [7].

U daného objektu je nutné zajistit navazující monitoring z důvodu zajištění a kontroly bezpečnosti trvale kotvené zdi umístěné severně od budovy stanice Nemocnice Motol.

Poloha zkušebních míst je součástí tohoto plánu měření – příslušná schémata jsou uložena na konci této zprávy.

ROZSAH PROVÁDĚNÝCH ČINNOSTÍ:

- Periodické sledování pohybu svahu nad kotvenou podzemní stěnou (inklinometricky ve vrtech a geodeticky na zhlaví inklinovrtů).
- Kontinuální sledování výšky hladiny podzemní vody (ve 3 hydrovrtech za rubem kotvené podzemní stěny).
- Kontrola a údržba odlehčovacích vrtů vyústěných na líci kotvené podzemní stěny (kontrola funkčnosti vrtů, údržba a čištění vrtů).
- Kontinuální sledování kotevních sil v kotvách podzemní stěny (dynamometrická měření na hlavách kotev – 21 ks kotev).
- Kontinuální sledování kotevních sil v kotvách podzemní stěny (měření alternativními snímači na hlavách kotev – 8 ks kotev ve spodní etáži).
- Ověření skutečných sil a kalibrace snímačů pomocí lisu na 21 monitorovaných kotvách podzemní stěny.
- Kontinuální sledování relativní příčné deformace kotvené podzemní stěny (relativně vůči sousední budově stanice metra - měření pomocí laserových dálkoměrů s dálkovým přenosem dat).
- Sledování příčné deformace kotvené podzemní stěny stanice (relativní v rámci kotvené stěny pomocí inklinometrických kyvadel - 3 ks).
- Sledování příčné deformace kotvené podzemní stěny stanice geodeticky v lokálním souřadném systému.
- Vyhodnocování a doprovodné činnosti.

4. PODROBNÉ ÚDAJE O MĚŘENÝCH VELIČINÁCH A ZPŮSOBU JEJICH SNÍMÁNÍ

U všech níže popsaných metod bude dodrženo kritérium, že přesnost použitých měřicích zařízení a metodik bude minimálně shodná jako je přesnost dosavadního měření, viz [6]. V případě geodetických měření je potřeba přesnost zvýšit. Veškerá navazující měření budou navázána na stávající monitoring.

POHYB SVAHU NAD STANICÍ - INKLINOMETRIE

Předpokládá se použití přenosného čidla.

Měření se provádí na 8 měřitelných vrtech, které jsou rozestavěny ve 2 liniích ve svahu za rubem kotvené stěny. Hloubka 4 vrtů v linii blíže ke stěně se pohybuje mezi 30-32 m, hloubka vrtů v linii dále od stěny se pohybuje okolo 25 m.

Měření budou prováděna ručně v časových intervalech 4x za rok.

Měření budou příčné deformace ve dvou na sebe kolmých směrech v horizontální rovině po celé délce vrtu v 0,5 m rozestupech (délka sondy). Pomocí sumace dílčích deformací jednotlivých dílčích odečtů budou sestaveny křivky průběhů deformace po délce vrtu.

Úroveň mezní hodnoty a metodika posuzování je převzata z [1]. Mezní hodnota celkové deformace zhlaví inklinometrického vrtu byla stanovena: $A = 12 \text{ mm}$.

POHYB SVAHU NAD STANICÍ - GEODÉZIE

Měření bude provádět geodetická firma se zkušenostmi v provádění monitoringu stavebních konstrukcí.

Měření budou deformace ve 3D souřadnicích v rámci lokálního systému souřadnic. Měření budou stabilizované měřené body upevněné na zhlaví inklinometrických vrtů (8 ks vrtů).

Měření budou prováděna ručně v časových intervalech 1x za rok. Přesnost měření je potřeba v dalším období monitoringu zvýšit. Zvýšení přesnosti se předpokládá opakováním měření v každé měřičské etapě 3x. Nejistota měření se tak sníží.

Úrovně mezních hodnot nejsou stanoveny, jedná se o informativní měření.

VÝŠKA HLADINY V HYDROVRTECH

V současnosti je ve 3 funkčních hydrovrtech za sledovanou kotvenou stěnou sledována výška volné hladiny pomocí automatické ústředny a tlakových čidel, u kterých se snímá tlak kapaliny ve známé nadmořské výšce ve zbudovaném svislém vrtu. Tento tlak se při zpracování dat přepočítává na výšku sloupce kapaliny.

Měření budou nadále prováděna kontinuálně automatickou ústřednou.

Rozšířená nejistota měření navrženým systémem bude do 10 cm.

KONTROLA A ÚDRŽBA ODLEHČOVACÍCH VRTŮ

Jedná se o vrtvy vyústěné na líci kotvené podzemní stěny, které jsou přístupné z revizní lávky.

Kontrola odlehčovacích vrtů bude prováděna periodicky v časových intervalech 4x za rok. Údržba a čištění bude prováděno dle potřeby pro zajištění funkčnosti vrtů.

MĚŘENÍ VELIKOSTI KOTEVNÍCH SIL

Měření budou osově tahové síly v pramencových kotvách.

Ve většině případů budou použity původní dynamometry Silins1 vystrojené odporovými tenzometry (Inset s.r.o.). Jedná se o sestavu 13 snímačů, u kterých nebyly dosud zjištěny indikace podezřelého chování snímače.

Sestava zbývajících dynamometrů (8 ks) byla doplněna dodatečně zřízenými dynamometry vystrojenými optovláknovými senzory přetvoření (Safibra, s.r.o.). Jedná se o snímače osazené v nejnižší etáži sledovaných kotev (8 kotev).

Měření budou prováděna kontinuálně automatickou ústřednou.

Úroveň mezních hodnot byla určena statickým posudkem [4]. Hodnota maximální síly v kotvě je: $A_{\max} = 900 \text{ kN}$. Současně budou posuzovány i hodnoty minimálních sil v kotvách, které byly stanoveny na $A_{\min} = 300 \text{ kN}$.

Přesnost měření je specifikována v dokumentaci použitých snímačů. V případě původních čidel Silins1 existují kalibrační listy. K optovláknovým sensorům existuje příslušná dokumentace.

1x za 5 let bude provedeno ověření skutečných sil a kalibrace snímačů pomocí lisu na všech 21 monitorovaných kotvách.

PŘÍČNÝ POSUN KOTVENÉ STĚNY (RELATIVNÍ VŮČI SOUSEDNÍ BUDOVĚ)

Současný systém snímačů osazených na napnutých strunách mezi budovami bude nahrazen laserovým měřením. Stávající systém je náchylný k mechanickým poškozením, která se často opakují. Jedná se např. o padající kusy ledu v zimním období, či poškození osobami, které se v oblasti pohybují atd.

Předpokládá se, že v cca stejných místech, kde se v současnosti nacházejí struny a snímače, budou osazeny na jednu konstrukci přípravky na umístění laserového dálkoměru a současně na druhou konstrukci terčíky, kam bude laserový paprsek směřován a bude tak měřena vzájemná vzdálenost mezi stěnou a budovou stanice.

Předpoklad je, že měření bude opakovatelné a deformace bude sledována u každé kotvy kotvené stěny, která je vybavená dynamometrem (21 kotev).

Rozšířená nejistota měření navrženým systémem bude do 1,0 mm.

Tato metoda je zatížena nejistotou, zda jsou naměřené deformace způsobeny pohybem sledované konstrukce či sousední stavby.

Měření budou nadále prováděna kontinuálně automatickou ústřednou.

PŘÍČNÝ POSUN KOTVENÉ STĚNY (RELATIVNÍ V RÁMCI KOTVENÉ STĚNY)

Vztažným bodem obou navržených metod jsou body stávající opěrné stěny, v místech kde je jejich tuhost výrazně zvýšena půdorysným zalomením, tj. na obou koncích stanice metra a v místě půdorysného odskoku. V těchto lokalitách nebyl dosud pozorován vývoj příčného posunu ani vznik jiných poruch.

Inklinometrická kyvadla

Měření inklinometrickými kyvadly je v současnosti prováděno ve 3 řezech stěny, kdy pohyby jednoho kyvadla jsou odečítány kontinuálně pomocí automatické ústředny a dále jsou všechny tři odečítány „ručně“ v přibližně kvartálních periodách.

V dalším sledovaném období se předpokládá stejný rozsah měření jako doposud.

Rozšířená nejistota měření pomocí kyvadel je do 1,0 mm.

Geodetické metody

Pro další období se počítá se sledováním příčné deformace stěny také geodeticky, přičemž se počítá s navázáním na měření, která probíhají v současnosti.

Měření bude prováděno na stávajících stabilizovaných bodech umístěných na konstrukci v liniích v dolní části, horní části a v koruně stěny.

Přesnost měření pro další období je potřeba zvýšit např. opakováním každého měření v dané etapě 3x. Rozšířená nejistota měření bude max. 2,5 mm.

Měření bude provádět v časových intervalech 4x za rok geodetická firma se zkušenostmi v provádění monitoringu stavebních konstrukcí.

Veškerá periodická měření příčného posunu stěny je vhodné provádět synchronizovaně, ideálně současně.

VYHODNOCENÍ A DOPROVODNÉ ČINNOSTI

Pro další období monitoringu se počítá s provedením realizační dokumentace monitoringu. Instalovaná zařízení budou pojištěna a budou zhotovitelem monitoringu řádně spravována a udržována ve funkčním stavu.

Na konci, resp. na začátku dalšího roku bude o výsledcích všech měření v roce předchozím sepsána technická zpráva, kde bude stav konstrukce podzemní kotvené stěny za stanicí Nemocnice Motol komplexně zhodnocen. Na konci 5tiletého období monitoringu bude sestavena technická zpráva o dalším pokračování monitoringu, kde budou zohledněny veškeré podstatné skutečnosti zjištěné za celou dobu provádění monitoringu dané konstrukce.

5. KONTINUÁLNÍ MONITORING

Sběr dat ze snímačů kotevních sil, laserových snímačů vzdálenosti, snímačů výšky hladiny podzemní vody a sběr dat z inklinometrického kyvadla bude prováděn kontinuálně automatickou ústřednou.

Měřicí ústředna bude trvale on-line. Díky tomu bude umožněné vzdálené monitorování činnosti měřicího systému. Pravidelně, alespoň 1x za hodinu, bude měřicí systém automaticky prezentovat naměřené hodnoty oprávněným uživatelům v síti internet. Měřicí systém též bude průběžně hlídat překročení nastavených mezí jednotlivých snímačů. V případě překročení mezí odešle systém varovnou informaci prostřednictvím e-mailu správci systému.

V jámě mezi budovou stanice metra a kotvenou zdí je k dispozici napájecí kabel (AC 220V / 6A) a síťová přípojka (ethernet).

6. KALIBRACE MĚŘICÍ LINKY, NAVÁZÁNÍ MĚŘENÍ, APOD.

S ohledem na požadovanou přesnost budou u všech typů čidel uvažovány údaje z typové dokumentace jednotlivých typů čidel.

Kontinuální měření kotevních sil, pozice vybraného kyvadla a výšky hladiny podzemní vody v hydrovrtech bude plynule navázáno na měření z předchozích let.

Periodicky prováděná inklinometrická a geodetická měření, a měření kyvadel budou plynule navázána na dosavadní měření.

Laserové měření pohybu stěny relativně vůči sousední budově bude v rámci možností navázáno na dosavadní měření pomocí strun.

7. ČETNOST MĚŘENÍ A ČINNOSTÍ

PERIODICKÉ OSOBNÍ NÁVŠTĚVY KAŽDÉ 3 MĚSÍCE

- **termíny:** leden, duben, červenec, říjen
- **činnosti:** měření inklinometrem v inklinometrických vrtech, geodetické měření deformace stěny, kontrola a čištění odlehčovacích vrtů, měření deformace kotvené stěny (inklinometrická kyvadla), komplexní údržba a kontrola měřicího systému, vyhodnocení

překročení sledovaných limitů periodických měření, zpracování a zálohování naměřených dat

PERIODICKÉ OSOBNÍ NÁVŠTĚVY KAŽDÝCH 12 MĚSÍCŮ

- **termíny:** říjen - listopad
- **činnosti:** geodetické sledování svahu nad stanicí (měření zhlaví inklinovrtů), sestavení a odevzdání výroční zprávy měření (v letech 2025 až 2029)

KONTINUÁLNÍ AUTOMATICKÉ SLEDOVÁNÍ

- **termíny:** každých 15 minut
- **činnosti:** velikost kotevních sil, výška hladiny v hydrovrtech, měření deformace relativně vůči sousední budově, vyhodnocení překročení sledovaných limitů + případné spuštění alarmu
- **termíny:** každý 1 den
- **činnosti:** automatické zálohování na FTP server

Zálohování dat bude probíhat automaticky na úložiště dodavatele správce systému.

Analýza naměřených dat či stanovování příčin zaznamenaných jevů není obsahem zadání.

PERIODICKÉ OVĚŘENÍ KOTEVNÍCH SIL

- **termíny:** 1x za období monitoringu 2025 - 2029
- **činnosti:** zjištění velikosti kotevních sil v monitorovaných zemních kotvách pomocí kalibrovaného hydraulického lisu, vč. kalibrace měřidel kotevních sil

8. POPIS PŘÍPRAVNÝCH A MONTÁŽNÍCH PRACÍ, POMOCNÁ ZAŘÍZENÍ, KOORDINACE

HYDROVRTY:

Nejsou.

INKLINOMETRICKÉ VRTY:

Nejsou.

RELATIVNÍ DEFORMACE KOTVENÉ STĚNY

Pro nový způsob měření relativních deformací pomocí laseru budou na konstrukci kotvené stěny osazeny laserové dálkoměry. Na fasádu budovy stanice budou osazeny reflexní terčíky pro zajištění opakovatelného měření.

ROZVADĚČE:

Rozvaděčové krabice budou odpovídající stupni krytí IP65 dle DIN 40050/EN 60529 v rozsahu teplot -25 až +40 °C. Jejich hlavním úkolem je zajistit citlivé elektronice ochranu vůči působení povětrnostních podmínek.

KABELOVODY:

Kabely od jednotlivých čidel do rozvaděčů a kabely vzájemného spojení rozvaděčů a sběrné ústředny budou vedeny v plastových chráničkách upevněných na líci kotvené stěny.

DEMONTÁŽE MĚŘICÍ SOUPRAVY:

Po ukončení měření provede dodavatel měřicího systému demontáž a likvidaci veškerého materiálu, který byl v rámci přípravy měření ke konstrukci připevněn, odstranění kabeláže, chrániček (kromě zasypaných v zemi), rozvaděčů, apod. Případné sanační práce na fasádě stěny stanice či kotvené stěny si objednatel zajistí ve své režii.

9. ÚDAJE O ZPRACOVATELI PLÁNU MĚŘENÍ

Zpracovatel úkolu: PONTEX s.r.o., Na Hřebenech II 1718/10, 140 00 Praha 4 - Nusle

Řešitel úkolu:

Kontrola:

