

Būvju degradācijas monitorings

Mārtiņš Reiniks

RTU Ģeomātikas katedras docents

27.06.2023.



RTU
BŪVNICĪBAS
INŽENIERZINĀTŅU
FAKULTĀTE

Tvērums

- *Degradācija* – pakāpeniska kvalitātes samazināšanās
- *Monitorings* – novērošanas un analīzes sistēma.
- Deformācija ir būves vai tās elementu stāvokļa izmaiņa ekspluatācijas laikā
- Telpiskas un temporālas izmaiņas (būvju izmaiņas telpā un laikā)
- Izšķir deformāciju veidus:
 - Vertikālās deformācijas (būves / būvelementu “sēšanās”);
 - Horizontālās deformācijas (būves / būvelementu “slīdēšana”);
 - Telpiskās deformācijas (būves / būvelementu telpiska izliece).

Novērošanas metodika – punktu stāvokļa telpisko izmaiņu noteikšana laikā

| Novērošanas cikls | | Laiks | Punktu koordinātas | | |
|-------------------|------------------|-------|--------------------|-------|-------|
| 0. cikls | Sākuma stāvoklis | T_0 | x_0 | y_0 | H_0 |
| 1. cikls | atkārtojošais | T_1 | x_1 | y_1 | H_1 |
| 2. cikls | atkārtojošais | T_2 | x_2 | y_2 | H_2 |
| | ... | ... | ... | ... | ... |
| n. cikls | atkārtojošais | T_n | x_n | y_n | H_n |

Absolūtās vai summārās deformācijas

$$\Delta T_1 = T_1 - T_0$$

$$\Delta X_1 = X_1 - X_0$$

$$\Delta Y_1 = Y_1 - Y_0$$

$$\Delta H_1 = H_1 - H_0$$

$$\Delta T_2 = T_2 - T_0$$

$$\Delta X_2 = X_2 - X_0$$

$$\Delta Y_2 = Y_2 - Y_0$$

$$\Delta H_2 = H_2 - H_0$$

$$\Delta T_n = T_n - T_0$$

$$\Delta X_n = X_n - X_0$$

$$\Delta Y_n = Y_n - Y_0$$

$$\Delta H_n = H_n - H_0$$

Relatīvās vai daļējās deformācijas

$$\delta T_1 = T_2 - T_1$$

$$\delta X_1 = X_2 - X_1$$

$$\delta Y_1 = Y_2 - Y_1$$

$$\delta H_1 = H_2 - H_1$$

$$\delta T_n = T_{n+1} - T_n$$

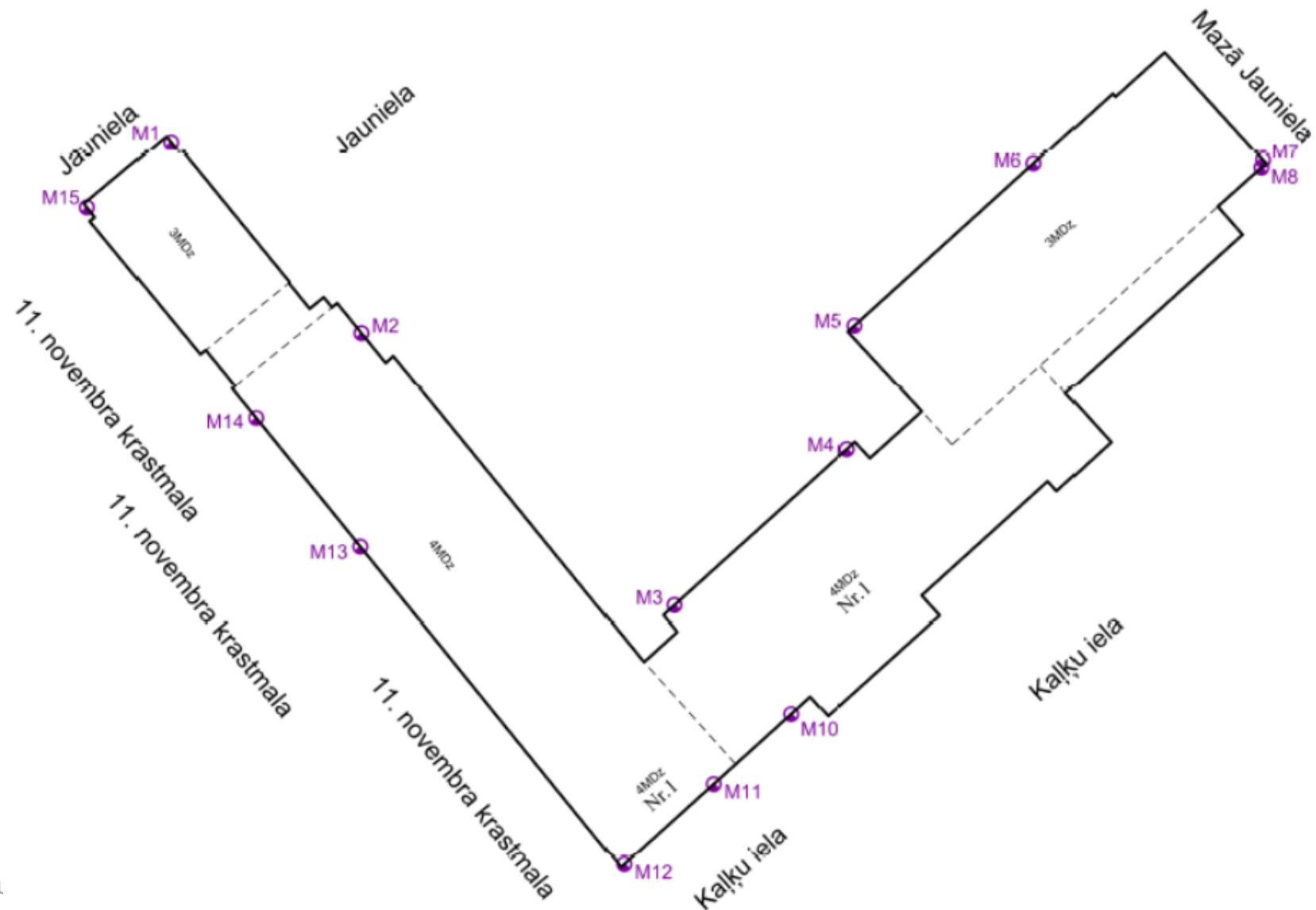
$$\delta X_n = X_{n+1} - X_n$$

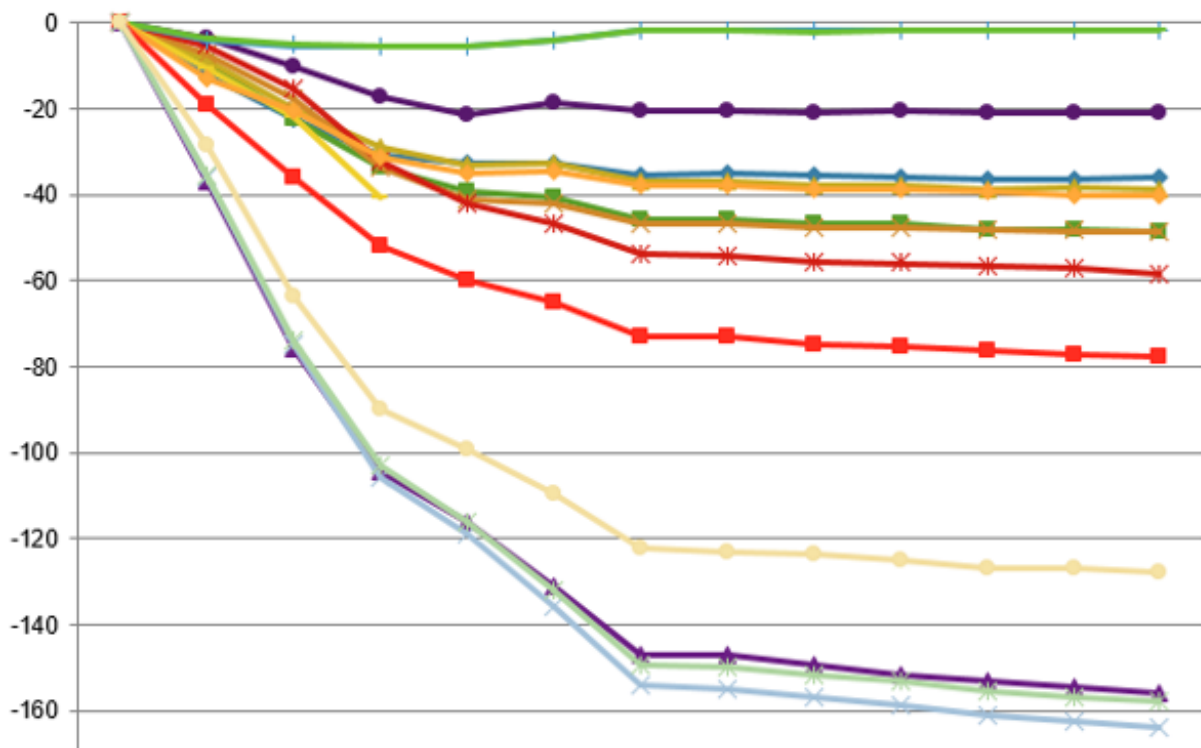
$$\delta Y_n = Y_{n+1} - Y_n$$

$$\delta H_n = H_{n+1} - H_n$$

Laika intervāls / frekvence

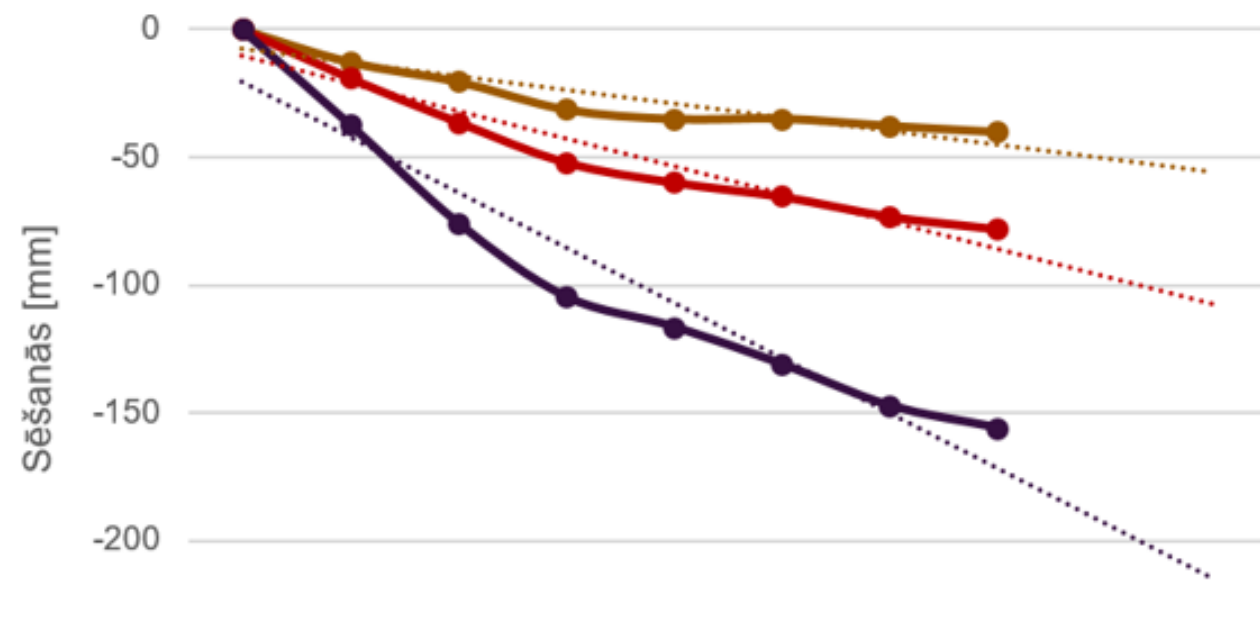
Garas laika rindas





| | 1961 | 1970 | 1980 | 1991 | 1997 | 2007 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|-----|------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| M1 | 0 | -11.9 | -22.3 | -30.8 | -32.7 | -32.5 | -35.6 | -35.2 | -35.3 | -36.1 | -36.6 | -36.5 | -36.0 |
| M2 | 0 | -9.5 | -22.4 | -33.6 | -39.1 | -40.8 | -45.6 | -45.8 | -46.6 | -46.7 | -48.1 | -48.2 | -48.8 |
| M3 | 0 | -8.9 | -20.0 | -29.1 | -33.1 | -32.6 | -37.0 | -37.0 | -37.8 | -38.0 | -38.7 | -38.3 | -38.9 |
| M4 | 0 | -7.2 | -17.8 | -33.6 | -41.0 | -41.9 | -46.8 | -46.8 | -47.8 | -47.8 | -48.4 | -48.4 | -48.7 |
| M5 | 0 | -5.3 | -15.6 | -32.2 | -42.2 | -46.8 | -53.8 | -54.1 | -55.4 | -55.9 | -56.8 | -57.1 | -58.3 |
| M6 | 0 | -3.7 | -10.3 | -17.4 | -21.6 | -18.8 | -20.4 | -20.3 | -20.9 | -20.7 | -21.2 | -21.0 | -21.0 |
| M7 | 0 | -3.9 | -5.3 | -5.6 | -5.6 | -4.1 | -1.9 | -2.0 | -1.8 | -1.8 | -1.8 | -2.0 | -2.0 |
| M8 | 0 | -3.5 | -4.9 | -5.4 | -5.7 | -4.0 | -2.0 | -1.9 | -2.2 | -1.7 | -1.7 | -1.8 | -1.9 |
| M9 | 0 | -10.5 | -21.8 | -40.8 | | | | | | | | | |
| M10 | 0 | -12.8 | -20.4 | -31.3 | -35.0 | -34.8 | -38.1 | -37.7 | -38.9 | -38.9 | -39.1 | -40.2 | -40.1 |
| M11 | 0 | -19.0 | -36.1 | -51.9 | -59.7 | -65.2 | -73.1 | -73.0 | -74.7 | -75.2 | -76.1 | -77.2 | -77.9 |
| M12 | 0 | -37.1 | -75.6 | -104.5 | -116.3 | -130.9 | -147.0 | -147.2 | -149.4 | -151.7 | -153.0 | -154.4 | -155.9 |
| M13 | 0 | -36.2 | -74.7 | -105.6 | -118.9 | -135.7 | -154.2 | -155.0 | -156.8 | -158.6 | -161.0 | -162.6 | -163.9 |
| M14 | 0 | -35.3 | -73.9 | -103.1 | -116.3 | -131.9 | -149.2 | -150.0 | -151.6 | -153.2 | -155.4 | -156.7 | -157.8 |
| M15 | 0 | -28.6 | -63.8 | -89.8 | -99.1 | -109.7 | -122.4 | -122.9 | -123.4 | -125.2 | -126.7 | -127.0 | -127.9 |

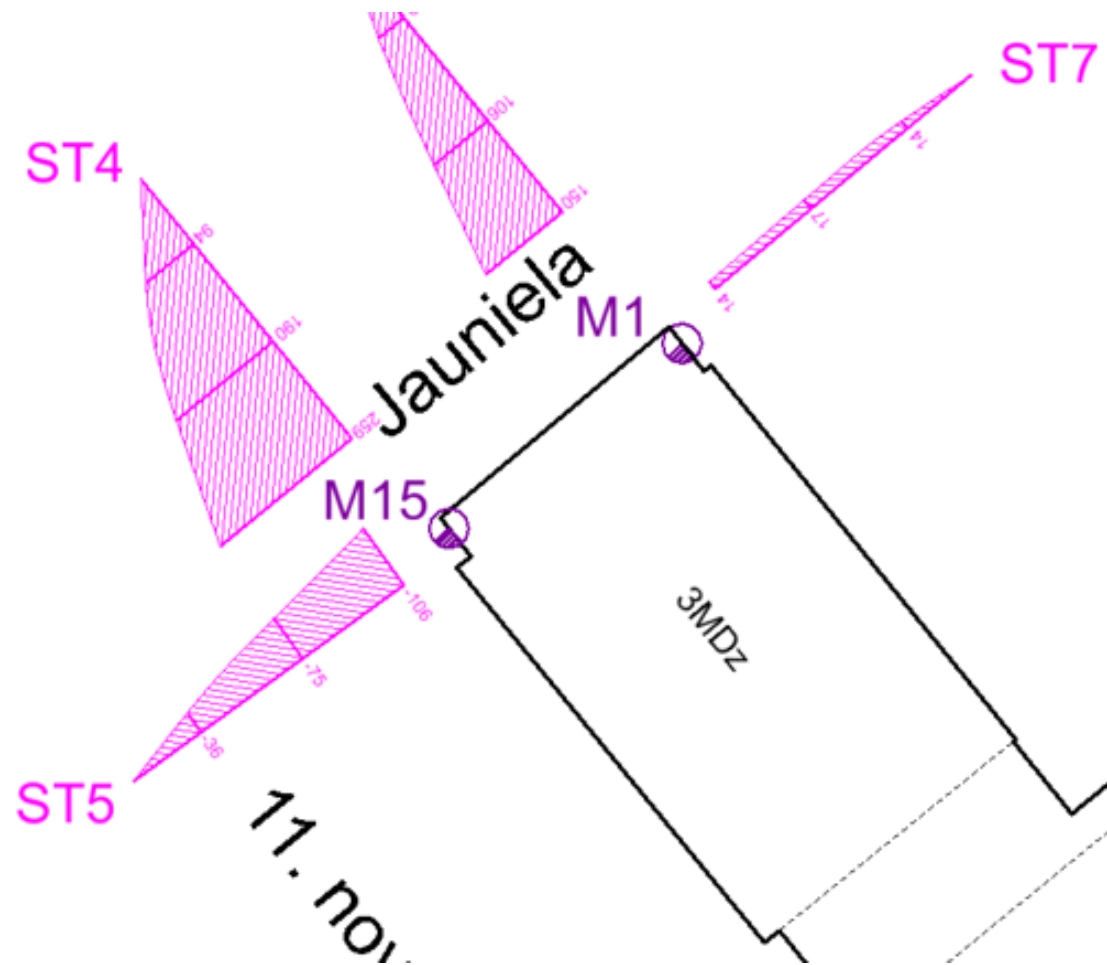
M10, M11 un M12



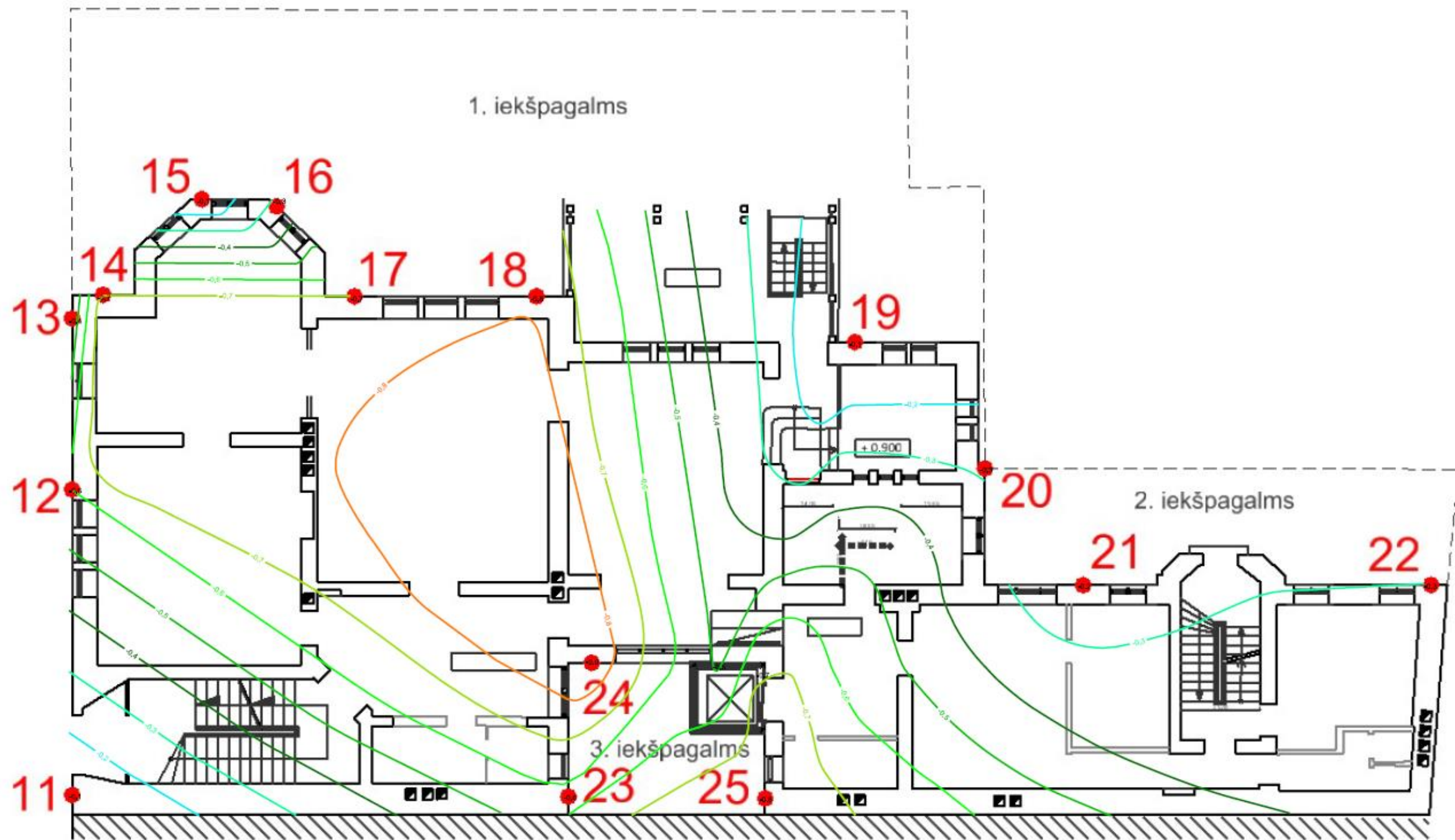
| | 1961 | 1970 | 1980 | 1991 | 1997 | 2007 | 2016 | 2021 | | |
|-----|------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--|--|
| M10 | 0 | -12.8 | -20.4 | -31.3 | -35.0 | -34.8 | -37.7 | -40.1 | | |
| M11 | 0 | -19.0 | -36.1 | -51.9 | -59.7 | -65.2 | -73.0 | -77.9 | | |
| M12 | 0 | -37.1 | -75.6 | -104.5 | -116.3 | -130.9 | -147.2 | -155.9 | | |

Sienas zīmju M10, M11 un M12 summārā sēšanās milimetros 1961., 1970., 1980., 1991., 1997., 2007., 2016. un 2021. gadā. (ar punktēto līniju attēlota lineārā prognoze)

Vairāk novērojumu apliecina tendences



Skolas iela



Konstrukciju slogošana

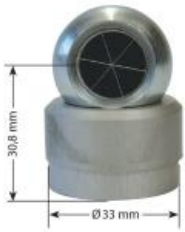
- Tilta celtņa siju slogošana un izlieces noteikšana ar statisku dinamometru.
- Slogošanai noteikts svara ekvivalents 170 tonnas (100% celtņa celtnespējas) un 212,5 tonnas (125% celtņa celtnespējas).
- Slogošana atkārtota trīs reizes ar izvēlēto secību:
 - 1) 0 tonnas (atslogots jeb 0%),
 - 2) 170 tonnas (100%),
 - 3) 212,5 tonnas (125%),
 - 4) 0 tonnas (atslogots jeb 0%).

| Slogojums | | Cikla nosaukums | Plkst. | Slogošanas laiks (min.) |
|--------------------------|------------------------|-----------------|--------|-------------------------|
| Svara ekvivalents tonnās | Relatīvā celtnespēja % | | | |
| 0 | 0 | 0_CIKLS | 11:16 | |
| 170 | 100 | 170t_1x | 11:29 | 13 min. |
| 0 | 0 | 0_CIKLS_2x | 11:31 | 2 min. |
| 170 | 100 | 170t_2x | 11:46 | 15 min. |
| 212,5 | 125 | 212t_2x | 11:54 | 8 min. |
| 0 | 0 | 0_CIKLS_3x | 11:58 | 4 min. |
| 170 | 100 | 170t_3x | 12:03 | 5 min. |
| 212,5 | 125 | 212t_3x | 12:09 | 6 min. |
| 0 | 0 | 0_CIKLS_4x | 12:15 | 6 min. |
| 170 | 100 | 170t_4x | 12:20 | 5 min. |
| 212,5 | 125 | 212t_4x | 12:28 | 8 min. |
| 0 | 0 | 0-ATSLOGOTS | 12:33 | 5 min. |



Slīpuma sensors

Monitoringa prizmu lodes un novērojumi ar tehimetru TS60 (AB / VID / LB)



Lejas bjefs (LB)

Kreisā krasta (KK) sija

Labā krasta (LK) sija

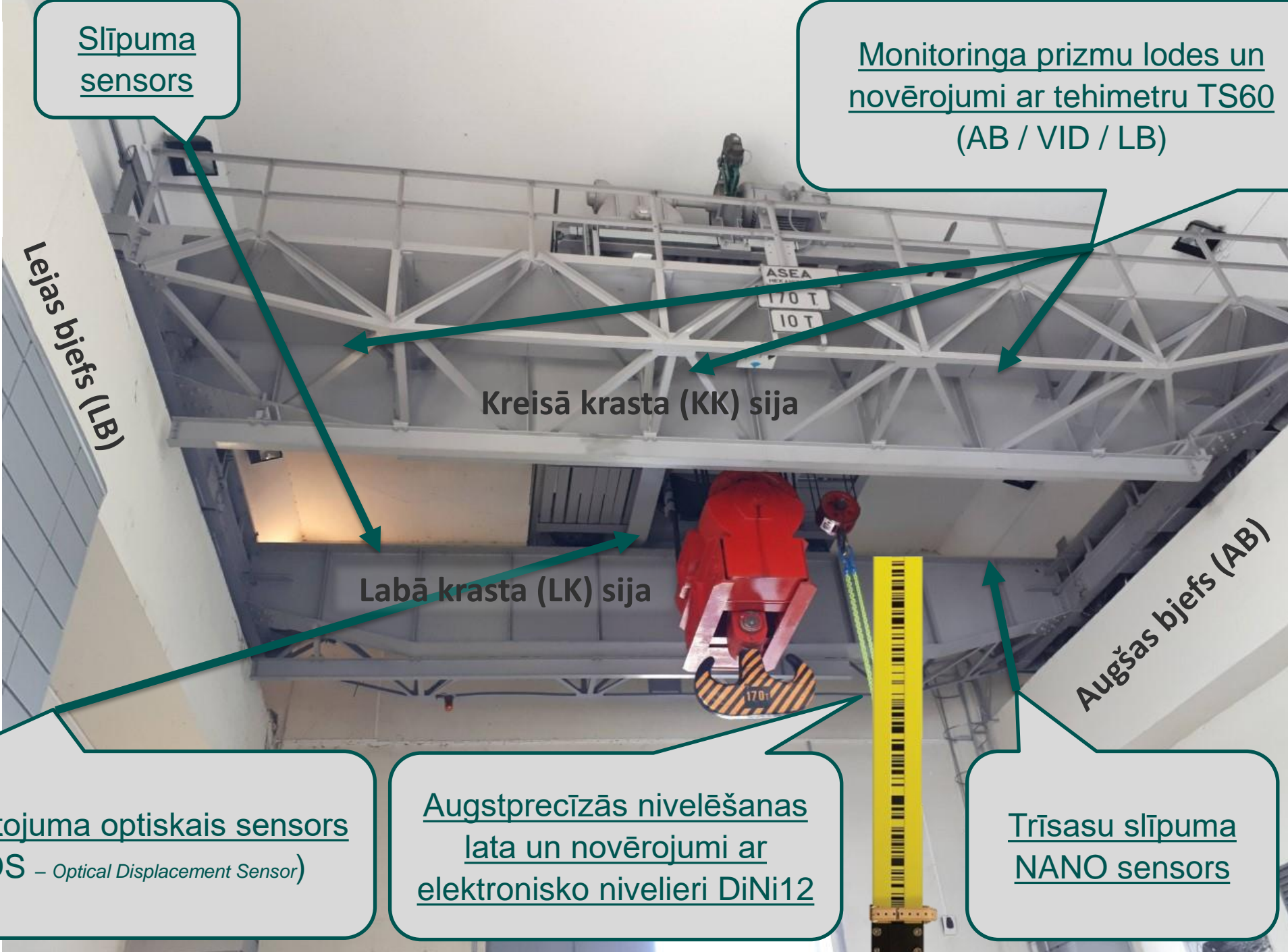
Augšas bjefs (AB)



Pārvietojuma optiskais sensors (ODS – Optical Displacement Sensor)

Augstprecīzās nivelēšanas lata un novērojumi ar elektronisko nivelieri DiNi12

Trīssasu slīpuma NANO sensors



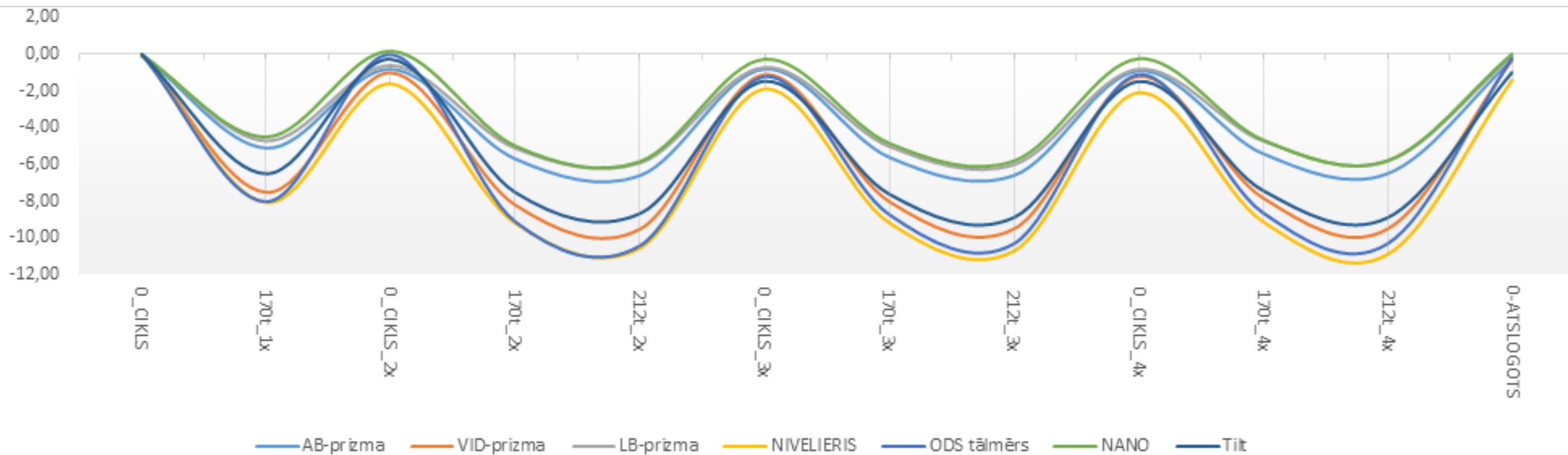
Sensoru apraksts

| Nr. p.k. | Instrumenti / sensors | Tehniskie rādītāji | Piezīmes |
|----------|---|--|--|
| 1. | <u>Nivelieris Zeiss DiNi12</u> (ser. Nr. 70624A) | Nolasījumu izšķirtspēja 0,01 mm (0,00001 m); Paaugstinājumu atkārtotamība 0,1 mm (0,0001 m); | Izmanto invara barkoda lates. |
| 2. | <u>Tahimets Leica TS60</u> (ser. Nr. 886619) | Leņķiskā precizitāte 0,5"; Attālumu precizitāte 0,6 mm + 1ppm; | Automātiska prizmas centra identifikācija. |
| 3. | <u>Monitoringa prizmu lodes</u> | Nostiprinātas magnētiskā korpusā. Prizmas diametrs Ø 30 mm un augstums 30,8 mm, ar sudraba pārklājumu; Lodes izgatavošanas precizitāte: ± 0,1 mm; Griešanas precizitāte: 2" Novirzes pielāgšana no prizmas centra: ± 0,1 mm; | Augstas precizitātes apaļās mini prizmas (3 gab.), |
| 4. | <u>Slīpuma sensors</u> (9. paaudze) | Izšķirtspēja 0,0001 ° (jeb 0,00175 mm / m) Atkārtotamība ± 0,0005° (jeb ± 0,0087 mm / m) | Diapazons ± 0,0025° (± 0,0436 mm/m) |
| 5. | <u>Pārvietojuma optiskais sensors</u> (ODS – Optical Displacement Sensor) | Izšķirtspēja 0,1 mm; Atkārtotamība ± 0,15 mm; | |
| 6. | <u>Trīsasu slīpuma NANO sensors</u> | Izšķirtspēja 0,0001° (jeb 0,00175 mm / m); Atkārtotamība ± 0,0005° (jeb ± 0,0087 mm / m) | Diapazons ± 90° |

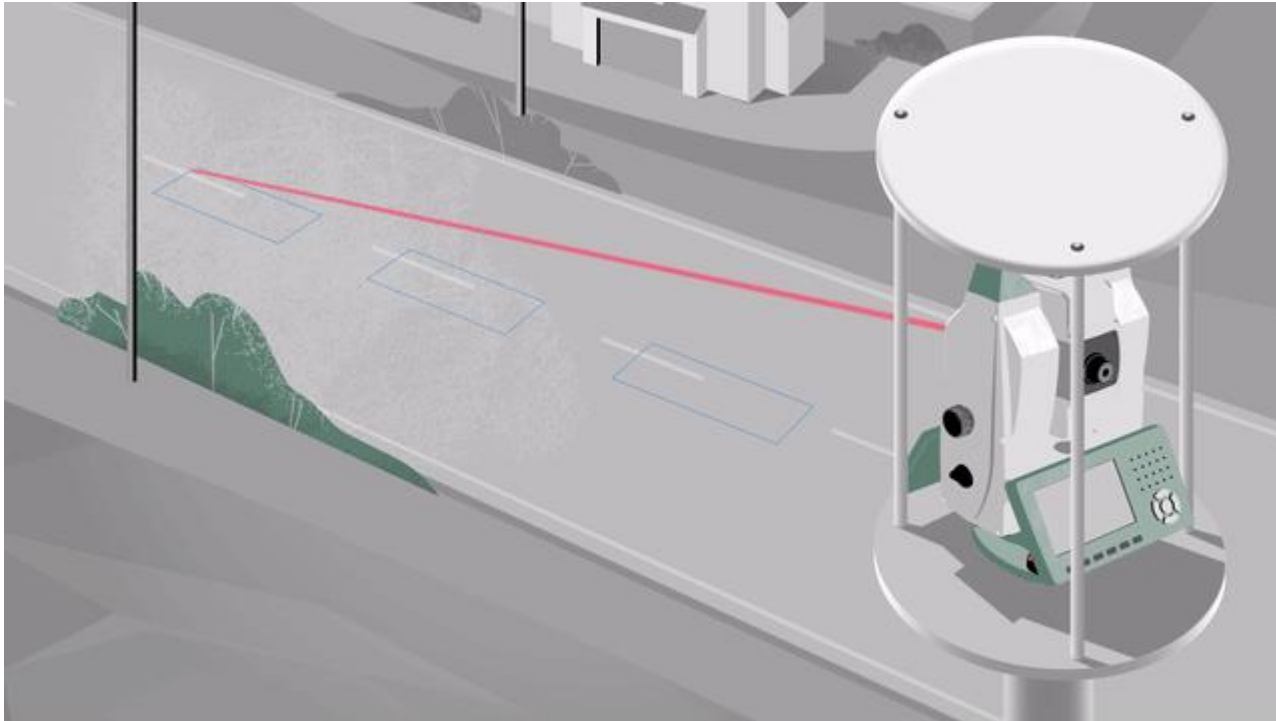
Rezultāti

| Svara ekvivalents tonnās | Laiks | Cikla nosaukums | Tahimets TS60 | | | Nivelieris DiNi12 [mm] | ODS [mm] | NANO [mm] | TILT [mm] |
|--------------------------|-------|-----------------|---------------|----------|---------|------------------------|----------|-----------|-----------|
| | | | AB [mm] | VID [mm] | LB [mm] | | | | |
| 0,0 | 11:16 | 0_CIKLS | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 170,0 | 11:29 | 170t_1x | -5.1 | -7.5 | -4.7 | -8.04 | -8.0 | -4.5 | -6.5 |
| 0,0 | 11:31 | 0_CIKLS_2x | -0.8 | -1.0 | -0.6 | -1.60 | 0.0 | 0.2 | -0.3 |
| 170,0 | 11:46 | 170t_2x | -5.7 | -8.2 | -5.1 | -9.17 | -9.1 | -5.0 | -7.5 |
| 212,5 | 11:54 | 212t_2x | -6.6 | -9.5 | -5.9 | -10.51 | -10.4 | -5.6 | -8.7 |
| 0,0 | 11:58 | 0_CIKLS_3x | -0.8 | -1.1 | -0.7 | -1.89 | -1.2 | -0.2 | -1.5 |
| 170,0 | 12:03 | 170t_3x | -5.6 | -8.0 | -5.0 | -9.14 | -8.7 | -4.8 | -7.6 |
| 212,5 | 12:09 | 212t_3x | -6.6 | -9.5 | -6.0 | -10.68 | -10.3 | -5.8 | -8.9 |
| 0,0 | 12:15 | 0_CIKLS_4x | -0.9 | -1.2 | -0.8 | -2.08 | -1.1 | -0.2 | -1.5 |
| 170,0 | 12:20 | 170t_4x | -5.4 | -7.8 | -4.7 | -9.07 | -8.6 | -4.7 | -7.4 |
| 212,5 | 12:28 | 212t_4x | -6.5 | -9.5 | -5.8 | -10.86 | -10.3 | -5.8 | -8.9 |
| 0,0 | 12:33 | 0-ATSLOGOTS | -0.3 | -0.3 | -0.1 | -1.41 | -0.2 | 0.1 | -0.9 |

Rezultāti



Nepārtraukti vai reālā laika novērojumi



- Sarežģītās un kritiskās infrastruktūras objekti;
 - Paaugstinātas drošības prasības;
 - Dinamisku darbu izpildes laikā;
 - Vairāku faktoru ietekme (būvdarbu tehnoloģiskie procesi, satiksme, vides un laika apstākļi, u.c.)
-
- Sistēmu kombinācija

Citas saites

- KULTŪRAS PIEMINEKĻU UZRAUDZĪBA

<https://www.youtube.com/watch?v=2fzeQbY2vyE&t=14s>

- TUNEĻU MONITORINGS

<https://www.youtube.com/watch?v=Ofg-nhPgVkl>

- SENCEIVE SENSORI

<https://www.youtube.com/watch?v=vsmyimVU00Q>

- DZELZCEĻU MONITORINGS, NOGĀZES, UZBĒRUMI U.C. INFRASTRUKTŪRA

<https://www.youtube.com/watch?v=qW4aMu2Qr9U>

- CEĻU INFRASTRUKTŪRA

https://www.youtube.com/watch?v=CWDw2VUoDyk&list=PL0td7rOVk_IV1WiXTB7XSIlIn0wBWslYXO

- GeoMosNow MONITORINGA PROGRAMMATŪRA

https://www.youtube.com/watch?v=i_izKm_cDIM

<https://www.youtube.com/watch?v=So3YABBB4oc>

Paldies!

Būvju degradācijas monitorings

Mārtiņš Reiniks

RTU Ģeomātikas katedras docents

martins.reiniks@rtu.lv

27.06.2023.



RTU
BŪVNICĪBAS
INŽENIERZINĀTŅU
FAKULTĀTE