

Geodéziai módszerek monitoring területen

“Every instrument on a project should be selected and placed to assist with answering a specific question: if there is no question, there should be no instrumentation.”

Tartalom



1.

Bevezető

2.

Valós idejű megfigyelés
robot mérőállomással

3.

Valós idejű megfigyelés
GNSS technológiával

4.

Valós idejű megfigyelés
hidrosztatikai szintező
rendszerrel

5.

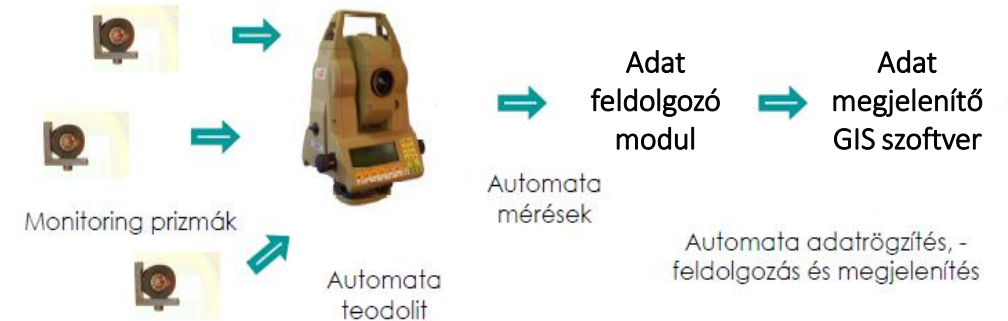
Valós idejű megfigyelés
elektromos
dőlésmérőkkel

6.

Kísérleti megoldások:
DIC - optikai alapú
elmozdulás, deformáció
mérés, felületpásztázás

2. Valós idejű megfigyelés robot mérőállomással

Működési elv



- megfigyelési zónában a Megbízóval egyeztetett sűrűségben mozgásvizsgálati prizmák
- Prizmák elmozdulását méri folyamatosan 24 órában
- mérési eredmények: a mozgásvizsgálati prizmák 3D relatív elmozdulási értékeit a telepítési nullhelyzethez képest
- rádió kapcsolattal (3G modem) felhő alapú szerverre
- GIS szoftveres megjelenítés pár perccel a mérés után

2. Valós idejű megfigyelés automata mérőállomással

Mit tud?

- több száz m távolságra
- 0,6 mm+ 1 ppm pontosság
- folyamatos kalibráció a referenciaprizmák mérésével
- valós idejű hőmérséklet és légnyomás korrekció

Prizma nélkül felület pásztázás



- prizma nélkül lézeres felszínpásztázás
- 1 mm-es pontosság
- burkolatok mérése
- közvetve adat a felszín alatti közmű vezetésekről

Alkalmazási terület

épület, építmény szerkezet deformáció

- mélyépítésben résfal, támfal deformáció,
- épület, építmény fő tartószerkezeti elemek mozgása, süllyedése, dőlése
- konvergencia mérés

talajmozgás megfigyelés

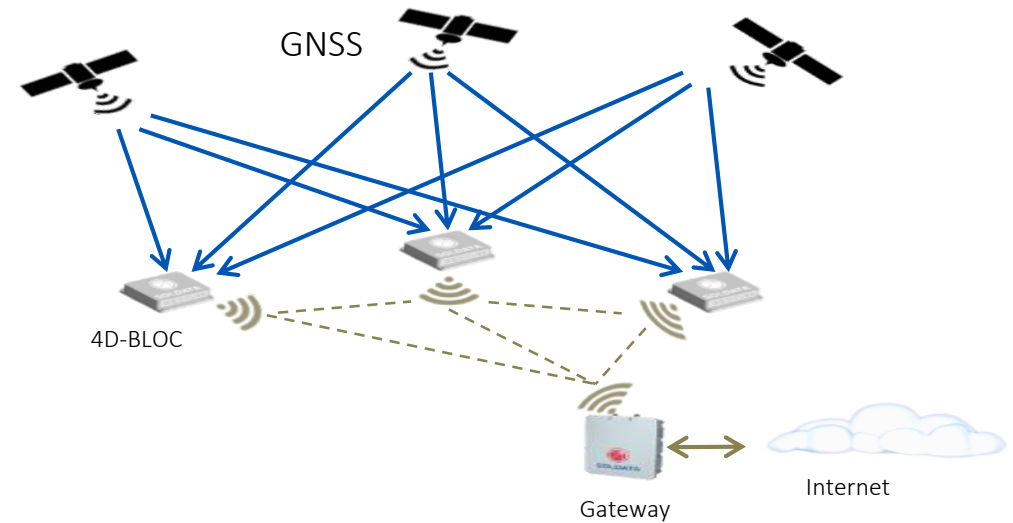
útburkolat megfigyeléssel közvetett adatnyerés a felszín alatti létesítményről

Telepítési mód

- Tartó konzolon
- Állványon
- Mérő oszlopon



3. Valós idejű megfigyelés GNSS technológiával



- nagy pontosságú, kicsi, kompakt, GNSS vevő
- hiba javítás (ionoszféra miatti távolság hiba, antenna leképzési hibája, műhold óra és pálya hibája, kitakarás, vevőzaj)
- Nincs speciális kalibrálás, könnyű kezelés
- Kétirányú riasztást
- Hosszú távú működésre alkalmas
- GIS szoftveres megjelenítés pár perccel a mérés után

3. Valós idejű megfigyelés GNSS technológiával

Mit tud?

- differenciál statikus GNSS mérés utófeldolgozással (PPS)
- Saját bázis = referencia állomás (folyamatosan mér) (<1 km)
- rossz időjárási körülmények
- nagy frekvencia tartomány (1-20 Hz)
- kis karbantartási igény (heti 1x akkumulátor csere v. hálózati áram)
- távoli adatfelügyelet
- pontossága növelhető további SurvIoT Pod-ok elhelyezésével
- **MAPTIQ fejlesztés:** GNSS vevőt a Lechner Központ kalibrálta (6 óra)
X,Y: ± 3 mm Z: ± 7 mm is megfelelő a vevő megbízhatósága statikus mérés esetén
- **SIXENSE 4D Bloc:** French National Geographical Institute X,Y: ± 15 mm/15 ppm, Z: ± 30 mm/30 ppm valós időben, (24 óra alatt száraz időben) X,Y: ± 1 mm/1 ppm, Z: ± 2 mm/2 ppm



Alkalmazási terület

- ahol elég ez a pontosság
 - lassú lefolyású mozgás (<10 cm/perc)
 - mozgástendenciára vagyunk kíváncsiak, nem ez egyes pontok mérési adataira
 - nagy területet képes lefedni
- épület, építmény szerkezet deformáció**
- gátak, hidak, kikötő (hosszan elnyúló létesítmények)
 - épület, építmény fő tartószerkezeti elemek mozgása, süllyedése,
- talajmozgás megfigyelés**
- töltés, vulkán, alagút felszín, bányák

SDD Konzorcium osztrák módszerű löttbetonos zárt rendszerű alagút
Monitoring rendszer egyenlőre:

1. indító műtárgy horgonyos megerősítésű löttbetonos részű mozgás
2. konvergencia mérés az alagút falazatban
3. alagút feletti talaj mozgás megfigyelése a Bécsi (beépülő) dombon

Alapponthálózat 10 db mélyalapozású alappont, alagútban sokszög.

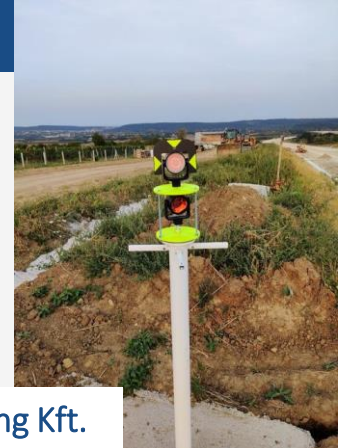
- rézsűn lévő alappontok mozognak – rendszeres újra meghat.
- távoli pontokat „mozgásmentes” helyen
- nincs szükség szélsőséges pontosságra



Indító műtárgy részű mozgás megfigyelése

-14 db prizma a löttbetonos részűben + 11 db beton alapú pillérbe telepített prizma a talajban

- Aktuális alagút homoktól 50 m-en belül naponta, azon túl hetente mérik



Példa: Soproni alagút konvergencia mérése és talajmozgás megfigyelése

Konvergencia mérés az alagút falzatban

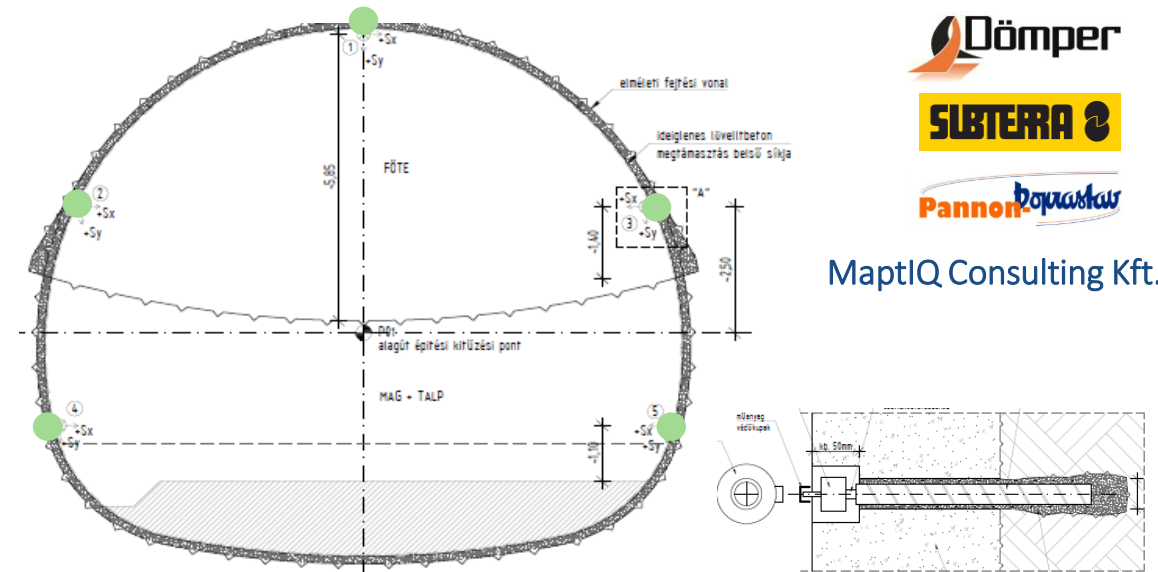
- Alagútban 10 méterenként keresztmetszvényben – 5 db prizma
- Előre telepített furatok, amelyekbe 40 cm-es menetes szárral lehet rögzíteni a prizmákat
- 1 db műszer az alagút falán (kábelezés, szellőzés és forgalom zavarása miatt)
- Referencia prizmák az alagút bejárata, konszolidációs zónán túl
- Sokszög vonal vezetés, hátra szabadálláspont meghatározás
- Egy állásból 10 krsz mér (50 pont) – előre viszonytól függően 2-4 krsz.



A módszer:

- Differenciál GNSS mérés utófeldolg.
- 1-3 - ismert pozíciójú - bázis SurVIOT Pod-ok üzemelnek
- Mérési ciklus: konfigurálható, jellemzően 2-4 órás ciklusok napon belül egyenletesen elosztva
- min. 120 fokos szabad rálátás az égre

Nehézségek: fizikai védelem megvalósítása, téli üzemben az akku rövidülő üzem ideje



Dömper

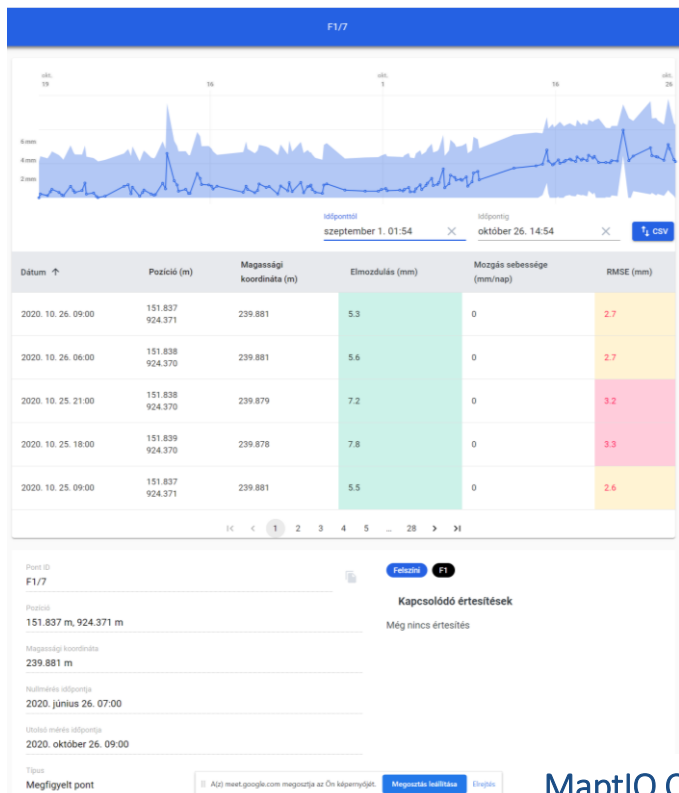
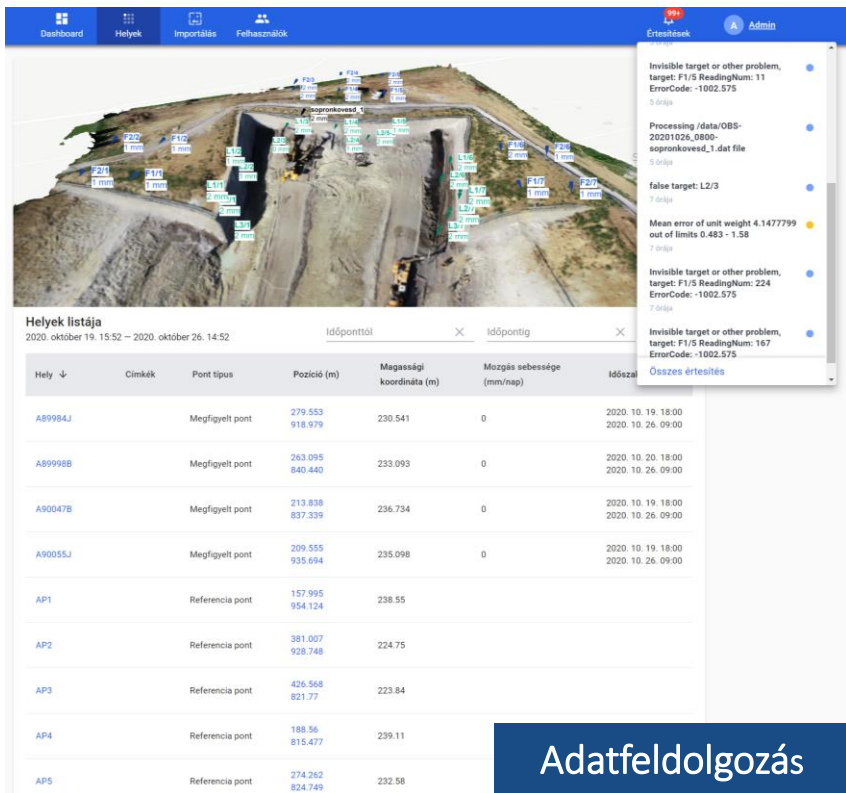
SUBTERA

Pannon-*topográfus*

MaptIQ Consulting Kft.

Talajmozgás megfigyelés az alagút felett GNSS technológiával

- Alagúthajtással párhuzamosan halad a felszínen alagút tengelyében 80 db keresztmetszvényben 5 db GPS vevő/krsz.
- Összesen 15-20 db nagy pontosságú 4 konstellációt (GPS, Glonass, Beidu, Galileo) mérő GNSS vevőre épülő MAPTIQ fejlesztésű automata SurVIOT GNSS Pod
- Előre telepített beton tappancsokon összehajtható acél tripódon 2,5m magasságban
- Kommunikáció: mobilhálózaton TCP/UDP kommunikáció
- Tápellátás: akkumulátorról minimum 1 hetes üzemidővel
- SIM kártya adatforgalma (mérési óránként 15-20MB adat)



Értesítések

Dátum ↑	Súlyosság	Üzenet	Pont ID	Típus
2020. 10. 25. 23:28	Figyelmeztetés	Mean error of unit weight 3.4015264 out of li...		gamma
2020. 10. 25. 23:28	Hiba	Invisible target or other problem, target: AP3...		gamma
2020. 10. 25. 23:28	Hiba	Invisible target or other problem, target: AP4...		gamma
2020. 10. 25. 23:28	Hiba	Invisible target or other problem, target: AP5...		gamma
2020. 10. 25. 23:28	Hiba	Invisible target or other problem, target: F1/...		gamma
2020. 10. 25. 23:28	Hiba	Invisible target or other problem, target: F1/...		gamma
2020. 10. 25. 23:28	Hiba	Invisible target or other problem, target: F1/...		gamma
2020. 10. 25. 23:28	Hiba	Invisible target or other problem, target: F2/...		gamma
2020. 10. 25. 23:28	Hiba	Invisible target or other problem, target: F2/...		gamma
2020. 10. 25. 23:28	Hiba	Invisible target or other problem, target: L1/...		gamma

MaptIQ Consulting Kft. saját fejlesztésű SurvIoT szoftver (nyílt platform):

- ami egyesíti többféle szenzor mérési adatait,
- azokat szűri,
- előfeldolgozza,
- majd megjeleníti webes alkalmazás
- konfigurálható riasztások

Adatátviteli csatornák: FTP, REST API, UDP/TCP port, tervben: LoraWAN (868MHz rádió komm.)

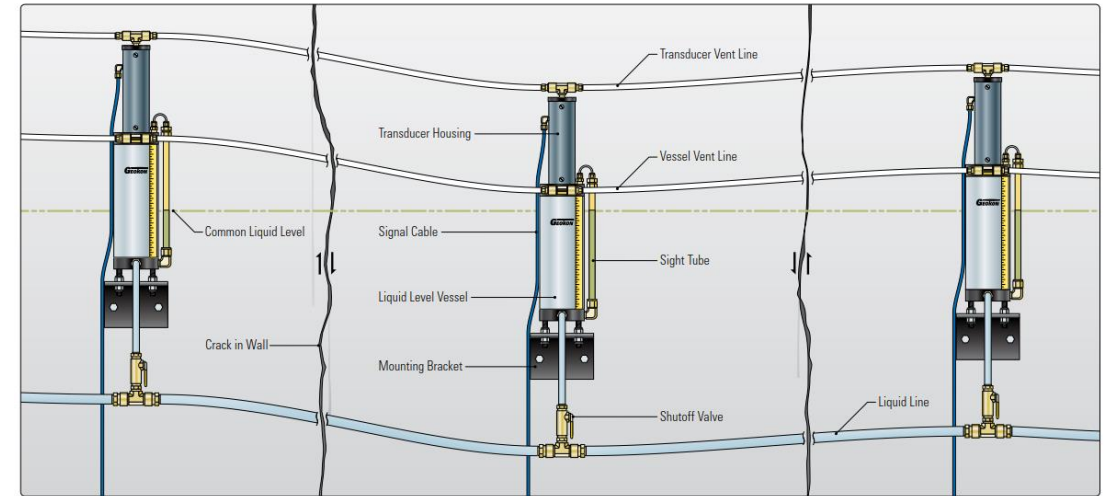
Integrált szenzorok: robot mérőállomások adatai, automata GNSS mérőberendezések, manuális adatfeltöltés (pl. kutak vízszint adatai) + inklinométerek, nyúlásmérők (jövőben)

Előfeldolgozási folyamatok: hálózati kiegyenlítés, GNSS utófeldolgozás (PPK), egyszerű matematikai műveletek (átlag, medián, szórás)

Szűrések: időbeni szűrés (durva hiba), csoport szűrés (a definiált pont csoport mozgása)

Riasztás: 4 szintű, csatornák (SMS, email, webes felület, közeljövőben URH rádió és helyi fény és hangjelzés), riasztási feltételek konfigurálhatók (abszolút elmozdulási mértékre, a mozgás sebességére vonatkozóan, pontcsoport mozgás tendenciája)

4. Valós idejű megfigyelés hidrosztatikai szintező rendszerrel



hidrosztatikai szintezés: szintfelület egy elemi darabját létrehozuk a közlekedő edények elvén működő szenzor csővezetékében levő szabad folyadékfelszín

rendszer elemei: szenzorok (mérőhengerek) és azokat összekötő vízzel teli rugalmas csőhálózat

abszolút magasság: relatív magasság különbséget mér a rendszer szenzorai között + referencia szenzor abszolút magassága rendszeres vonalszintezéssel

mérés alapelve: mennyezet és a szenzorok vízszintje közötti távolságot a vízbe merülő alumínium úszóra ható felhajtó erő mérésére vezetik vissza, ahol a felhajtó erőt egy rezgőhúr saját frekvenciájának változása által mérjük



Példa: ELI Lézeres Kutatóintézet
rezgésmentes alaplemez deformáció
vizsgálata

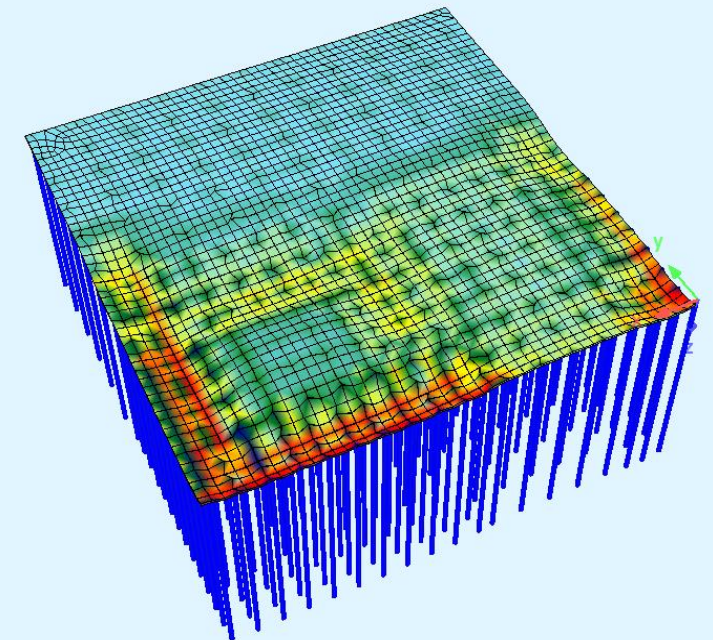
ELI tulajdonában lévő SIXENSE által tervezett és telepített extrém pontosságú hidrosztatikai monitoring rendszer:

- monitoring rendszerrel szemben támasztott **extrém követelmények**: a teljes alaplemez lefedje – 70x70 m, hosszútávú működőképesség, extrém pontosság – 50 μm /hét deformáció sebesség
- Kiépített monitoring rendszer **részei**: két körben összesen 13 db szenzor + két referencia szenzor (mai piacon elérhető legnagyobb pontosságú Geokon műszerek), két körös vízcső hálózat (120-140m polietilén folyadékcső), tartókonzolok, kábeltálcák, meteorológiai állomás, adatgyűjtő, tároló, előfeldolgozó, továbbító egység

mérési eredmények megbízhatóság növelése:

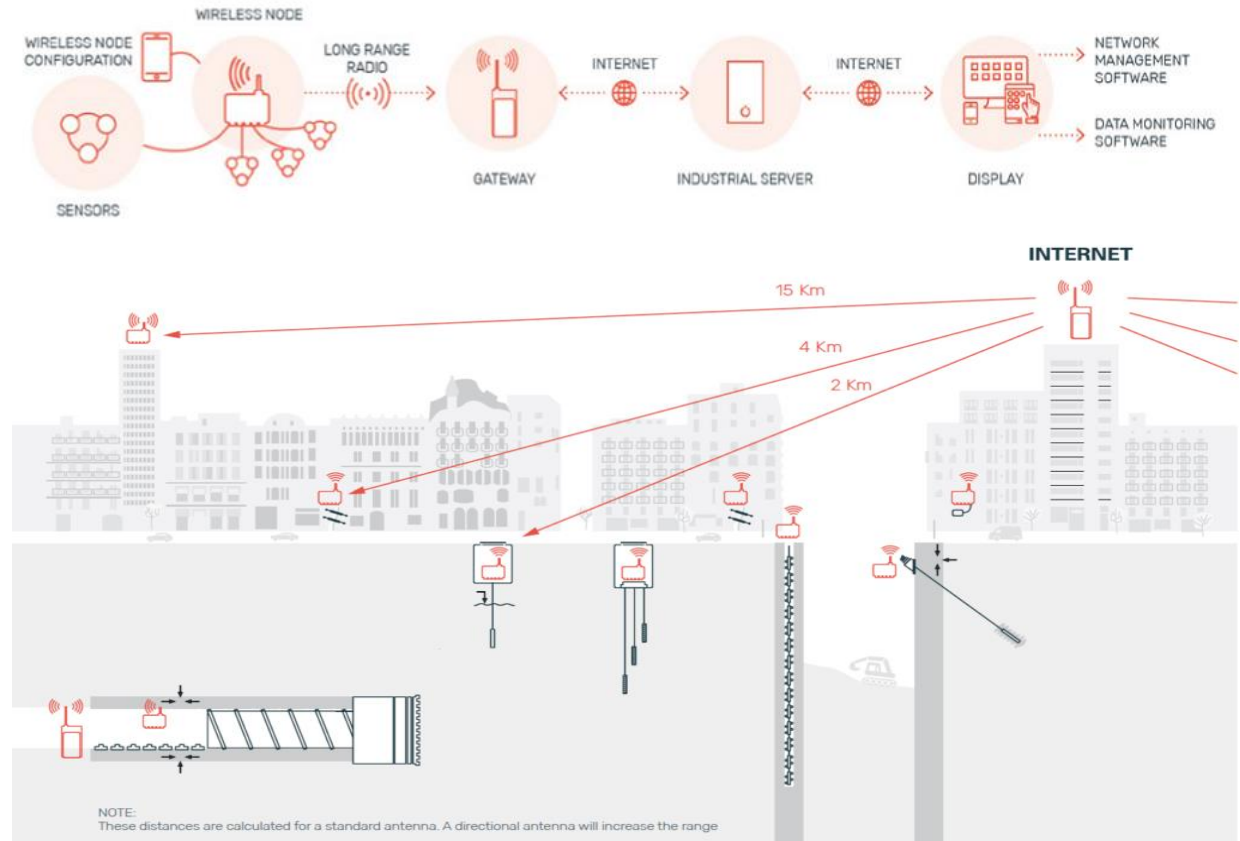
- csúcspontosságú műszerek, (laboratóriumi körülmének közt 100 μm süllyedés/hét)
- mérések számának növelése 20s/1db
- egyenletes hőm. vakpince
- átlag és medián számítási algoritmusok

ELI „A” épület alaplemez süllyedésmodellje



5. Valós idejű megfigyelés elektromos dőlésmérőkkel

D A
T A
S P
E C T

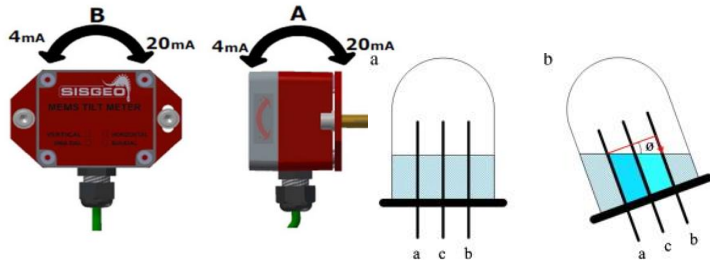


mérés alapelve:

egy,- két és három tengelyű hálózatba szervezett dőlésmérők ->
jeltovábbító (vezeték nélküli rádió hullámú) egység ->
adatátjászó (nagy hatótávolságú adat továbbító) ->
internet segítségével adatszerver, szoftveres megjelenítő eszköz)

5. Valós idejű megfigyelés elektromos dőlésmérőkkel

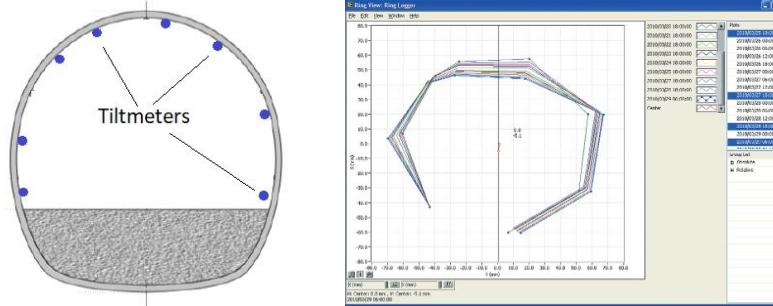
Mérési elv



MEMS - dőlést / gyorsulást érzékelő mechanikai elem az integrált áramköri lapka felületén kerül kialakításra
Széles mérési tartomány, akár $\pm 45^\circ$, elérhető pontosság: 0.0001° (0.00175 mm/m), dinamikus mérések

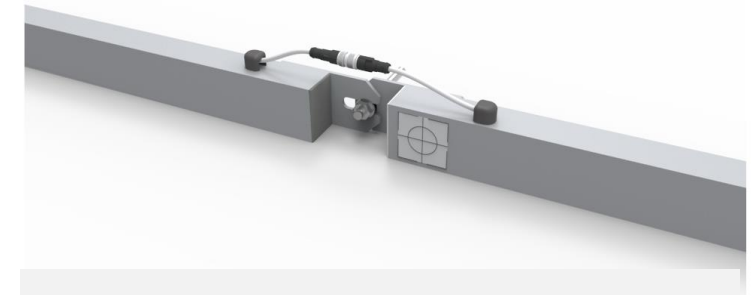
Elektrolitikus - dőlést elektromosan vezető folyadékba merülő elektródák érzékelik
Szűk mérési tartomány, jellemzően $\pm 0.6^\circ$, elérhető pontosság: 0.0003° (0.005 mm/m), statikus mérések

Alkalmazási terület



- alagút konvergencia monitoring (alagút deformált alakjának meghatározásakor feltételezzük, hogy a szenzorok közötti szegmens merev testként fordul el a dőlés mérő által mért szöggel)
 - Nyitott és zárt hurok konfigurációban is telepíthető, tübbing gyűrűkön rögzítve az elérhető pontossága $\pm 1 \text{ mm}$
- vasúti pálya monitoring
- felhőkarcolók, tornyok, épületek
- töltések, rézsűk
- hidak, gátak

Dőlés mérő gerenda lánc



Célja: nagy pontosságú süllyedés mérése a referenciaponthoz visz.

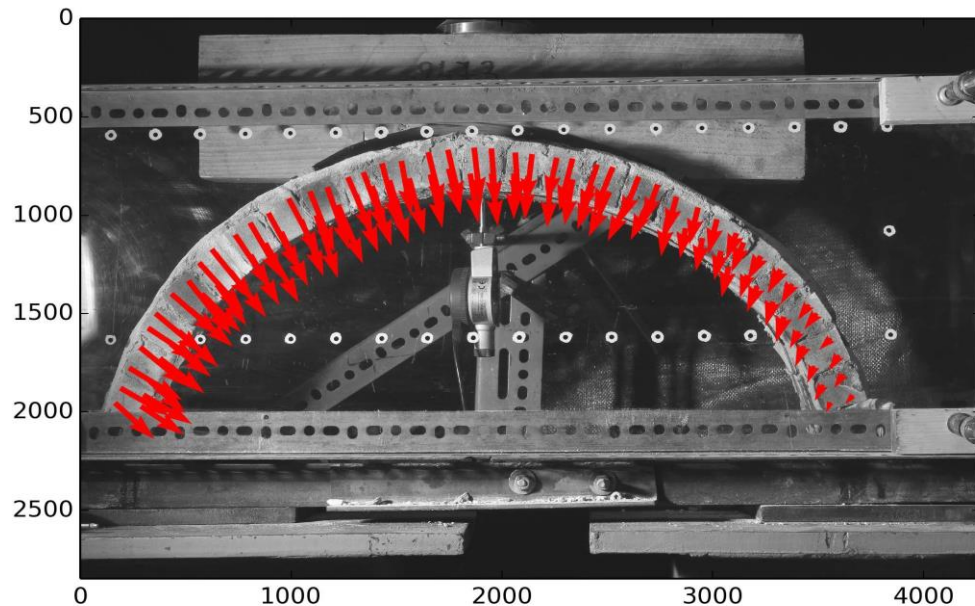
A **geodéziai szintezést automatizálja**

- jellemzően 1 vagy 2 m hosszú, dőlés mérő szenzorral szerelt alumínium gerendák
- láncban kapcsolódnak egymáshoz
- gerendalánc végpontját mozgás mentes zónában kell rögzíteni
- \sum gerendák süllyedése = csomópont süllyedése
- hátránya: a mérési hiba a lánc mentén összeadódik

6. Kísérleti megoldások nem valós idejű monitoring területen

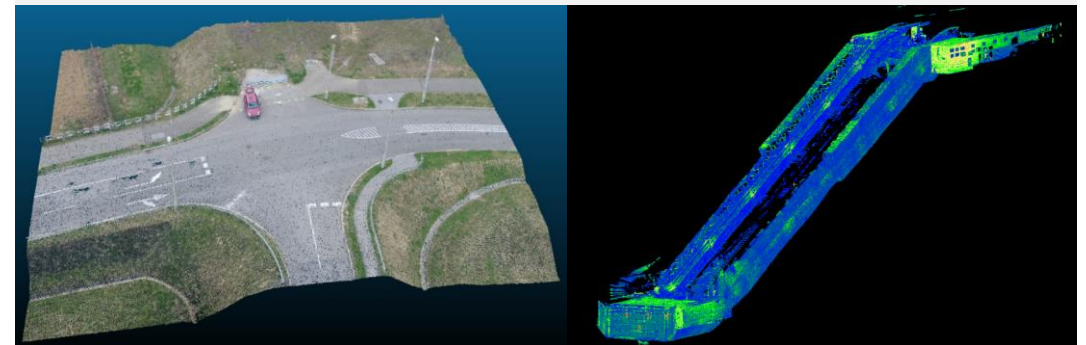
DIC optikai alakváltozás mérés

- digitális képek változásainak pontos 2D és 3D mérését
- műtárgyak alakváltozásának mérésére (pl. híd terhelés mérése, hőkamerával kombinálva gépészeti, kalibrálásra, kutatás fejlesztés)
- különböző időpontban egyszerre rögzítünk felvételt sztereoszkópikus képpárt alkotva nagy felbontású kamerákkal egy bázis mentén, majd ezen felvételek közötti eltéréseket határozzuk meg (eltérés vektor)
- támogató szoftver végzi a transzformálást, háromszögelést



Felületpásztázás földi és légi úton

- Térbeli adatnyerés leghatékonyabb, leggyorsabb módja
- Percek alatt, több millió pont 3D koord. nagy pontosság
- Felmérés eredménye: térbeli pontfelhő
- Működési elve, mint a geodéziai mérőállomásé
- Fényképez is, így valós színekkel látja el a pontokat, valósághű modell
- Nyers mérést tisztítani kell a felesleges tereptárgyaktól
- Nagy méretarányú térképezésnél légi úton (helikopter, drón) – ember számára nehezen megközelíthető helyen vagy nagy terület kevésbé pontos térképezése
- Felületmodell (mérés, tervezés)





Földmozgás megfigyelő monitoring felülepasztázással

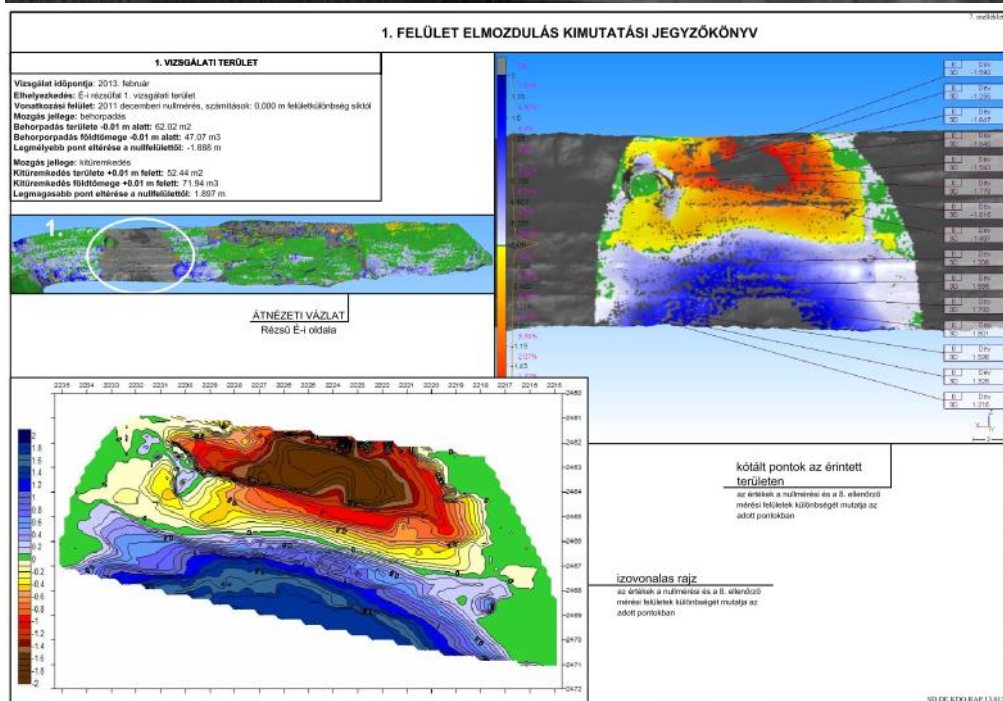
Project: Budapest, 4-es metró

Helyszín: Őrmező- kihúzó műtárgy ideiglenes löttbetonos rézsűn keletkezettbetörés, földcsuszamlás

Időpont: 2012-2013

Megrendelő által választott megfigyelési mód: havi rendszerességgel lézerszkenneres felülepasztázás, az alapján felületmodell készítése, majd a kezdeti referencia felülettel való összehasonlítás

Végezte: Soldata – Hungeod Konzorcium



- Rézsút 3 részre osztottuk, É-i, D-i és Ki oldalra
- Referencia prizmákat helyeztünk el a résfal fejgerendájában
- Felülepasztázással előállítottuk több darabban a pontfelhőt
- A pontfelhőt egybetranszformáltuk, elláttuk a fénykép által felvett színértékkel
- Letisztítottuk a felesleges térelemtől, növényzettől
- Felületmodellt alkottunk
- Az aktuális felületmodellt a referencia felülettel összehasonlítottuk
- Az eltéréseket izovonalas ábrán jelöltük, számszerűsítettük

Köszönöm a figyelmet!

D A . .
S T A
E C T

