

TDK DOLGOZAT

Lukács Gábor

2013

Gépészetben alkalmazott ipari mérőrendszerek

TDK DOLGOZAT

Konzulens:

Dr. Busics György

egyetemi docens

Dr Ágfalvi Mihály

ny. főiskolai tanár, professzor emeritus

Beszteri Szilveszter

CLAAS Hungária Kft. mérőszobavezető

Készítette:

Lukács Gábor

Levelező tagozat

Geoinformatika szak,

geoinformatikai

szakirány

Székesfehérvár

2013

NYILATKOZAT

Alulírott Lukács Gábor (neptun kód: [REDACTED]) jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy az Ipari mérőrendszerek alkalmazása a gépészetben című

TDK dolgozat

(a továbbiakban: dolgozat) önálló munkám, a dolgozat készítése során betartottam a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. tv. szabályait, valamint az egyetem által előírt, a dolgozat készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében¹.

Kijelentem továbbá, hogy a dolgozat készítése során az önálló munka kitétel tekintetében a konzulenszt illetve a feladatot kiadó oktatót nem tévesztettem meg.

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy a dolgozatot nem magam készítettem, vagy a dolgozattal kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Nyugat-Magyarországi Egyetem megtagadja a dolgozat befogadását és ellenem fegyelmi eljárást indíthat.

A dolgozat befogadásának megtagadása és a fegyelmi eljárás indítása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Székesfehérvár, 2013.11.24.

.....
Hallgató

1 ¹1999. évi LXXVI. tv. 34. § (1) A mű részletét - az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven - a forrás, valamint az ott megjelölt szerző megnevezésével bárki idézheti.

2 36. § (1) Nyilvánosan tartott előadások és más hasonló művek részletei, valamint politikai beszédek tájékoztatás céljára - a cél által indokolt terjedelemben - szabadon felhasználhatók. Ilyen felhasználás esetén a forrást - a szerző nevével együtt - fel kell tüntetni, hacsak ez lehetetlennek nem bizonyul.

Tartalom

Bevezető	8
Cél	8
Történelmi áttekintés	8
Mérés és minőség	9
1 Geometriai vizsgálatok szükségessége a gépészetben	11
Fogalommeghatározások	11
2 Geometriai vizsgálatok a CLAAS Hungaria Kft.-nél	13
3 Ipari mérőrendszerek	13
3.1 Ipari mérőrendszerek (Trackerek) R&R vizsgálata	17
Vizsgálat célja, elvi leírása	17
Felhasznált eszközök, műszerek	17
A vizsgálati folyamat leírása	17
Adatok feldolgozása	19
Következtetések, összegzés	21
3.2 Ipari mérőrendszerekkel végzett hálózاتمérés	22
Vizsgálat célja, elvi leírása	22
Felhasznált eszközök, műszerek	22
A vizsgálati folyamat leírása	22
Adatok feldolgozása	23
Összegzés	23
Eredmények	24
3.3 Összeadóállandó meghatározása ipari környezetben	13
Vizsgálat célja, elvi leírása	13
Felhasznált eszközök, műszerek	15
A vizsgálati folyamat leírása	15
Adatok feldolgozása	16
Összegzés	16
Idézett forrásmunkák	28
Ábrajegyzék	29

„Jót s jól! Ebben áll a nagy titok. Ezt ha nem érted,
Szánts és vess, s hagyjad másnak az áldozatot.”(Kazinczy, 1808).

Bevezető

Cél

A gépészeti mérések a geodéziában jártas embereknek új dimenziókat nyitnak. A tanult elveket felhasználva a gépészetben (és mérnökgeodéziában) a már-már szemmel nem is látható mérési pontosságra van szükség. Dolgozatom célja ezeknek az összefüggéseknek a bemutatása, annak bizonyítása, hogy a hagyományos értelemben vett geometriai elvek mennyire befolyásolják a gyártás, az ellenőrzés és a tervezés mindennapjait.

Történelmi áttekintés

A földmérés és a méréstechnika sokáig együtt fejlődött, és a közös nyom máig látszik. A mérőszalagtól a szögmérőkön át a modern letapogató és modellező technikákig ugyanazokkal a kérdésekkel kerül szembe egy mérnök. A kérdések, problémák lényegüket tekintve nem változnak, legfeljebb a megközelítésük módosul.

A mérnökgeodézia szakterülete a második világháborút követő nagy ipari építkezések, városrekonstrukciók, az út- és vasúthálózatok újjáépítése, majd nagyarányú fejlesztése, a vízépitések stb. révén alakult ki és elsősorban az **építőmérnökök** (az általános mérnökök, vagy még régebbi megnevezéssel a kultúrmérnökök) feladatainak megoldásában jelentett hatékony segítséget. A nagy volumenű építkezések számának a csökkenésével felmerült a szakterület feladatainak újragondolása, a lehetséges új feladatok utáni tájékozódás.

A múlt század nyolcvanas éveiben egyre gyakrabban jelentek meg, elsősorban a külföldi szakirodalomban, olyan publikációk, amelyek a geodézia módszereinek és technikájának új, lehetséges alkalmazásáról szóltak, és ez a gépipari alkalmazás volt. A dolgozatokban leírt tapasztalatok összegzése alapján merült fel a kérdés szakterületünkön: lehet-e a gépészet a mérnökgeodéták egyik új munkaterülete? (Werner 1987). Az elmúlt évtizedek erre a kérdésre igenlő választ adtak. A külföldi szakirodalomban azóta is számtalan publikáció foglalkozott a témával.

A geodéziai technikák e szakterületi elterjedésének, átvételének az volt az oka, hogy a **gépészmérnökök** egyre gyakrabban tapasztalták – főleg az egyre bonyolultabb (térbeli) szerkezeteik szerelése, ellenőrzése során –, hogy olyan méréstechnikai feladatokkal szembesülnek, amelyeket az általuk kiválóan kezelt módszereikkel, és a kis mérési

tartományokban hatékony, szélső pontosságú, de korlátos mérőműszereikkel vagy nem elég hatékonyan, vagy egyáltalán nem tudtak megoldani. (Dr. Ágfalvi)

A megoldást a hagyományosnak mondható földmérési műszerek fejlesztése, a mérési pontosságuk növelése, és a koordinátamérők megjelenése adta. A koordinátamérőket a letapogató rendszerek ma még jól kiegészítik, de a programellátottság még nem képes kiváltani a koordinátamérőket. Sok letapogató-berendezést gyártó cég hangoztatja, hogy ez csak idő kérdése, éppen ezért az irány jelenleg a szkennelőtechnológia fejlesztése, matematikai modellek általánosítása.

A kartográfia, mint alapvető életünket meghatározó tudomány a kisméretarányú térképezésben több méter pontatlansággal ábrázol, hisz a célja is az, hogy átfogó képet kapjunk a környezetünkről, nem szükséges minden objektum hajszálpontos ábrázolása. A nagyméretarányú térképezésnél, részletmérésnél a 4-5 cm az elvárt pontosság. A térképek ilyen pontosságú készítése elegendő a földhivatali és egyéb geodéziai munkáknál. A vonalas létesítmények megvalósításához ez a pontosság már nem elegendő, itt az 1-2 cm is elvárás lehet. Az ipari geodézia világa az 1-2 cm pontosságtól kezd kitérni elénk. Az ipari geodéziában a mérések nem mindig hajthatóak végre a hagyományos szemlélettel, ezért is kell sokszor újabb, s újabb módszerekkel kísérletezni, fejlődni. Az ipari geodézia, vagy mérnökgeodézia egy viszonylag fiatal tudományág, ami magába foglalja a matematika speciális vonalait, a valószínűségszámítást és a kiegyenlítő számítások témakörét is. A hagyományos értelemben vett ipari geodéziát a gépészeti mérések előzik meg a pontossági versenyben.

Mérés és minőség

A mérések célja az ellenőrzés, egy ismeretlen méret meghatározása, vagy egy ismert, tervezett méret megmutatása a valóságban. A mérések megelőzhetik és irányíthatják is a folyamatokat, vagy szerves részei is lehetnek azoknak. A jó gyártás fő pillére a megfelelő, korszerű és állandó ellenőrzés. Összefoglalva a méréstechnika szerves része a minőségi munka szavatolásának. Minden cég, munkát a kezéből kiadó személy célja, hogy a megrendelő, vagy a vásárló meg legyen elégedve az általa készített termékkel. Ha egy termék minőségi gyártását, készítését szeretnénk mindenki számára egyértelművé tenni, akkor előre meghatározott szabványok szerint minősíthetjük a gyártási folyamatokat, eljárásokat. Ahogy régen a szakma döntötte el, hogy kit fogad a soraiba, ma már ezt Minősítő Szervezetek teszik meg. A minősítő szervezetek sokáig csak regionális, majd országos szinteken működtek, s idővel a gazdasági irányok

megkövetelték az egységesítést. Nem lehet több mértékegység között dolgozni, mert az átváltások sok időt, erőforrást emésztene fel, s a történelemből is tudjuk, hogy több viccen túl, hibák forrásai is lehetnek. Az angol szabványügyi testületből nőtt ki magát, a ma már mindenki számára ismert Nemzetközi Szabványügyi Szervezet, az ISO ([International Organization for Standardization](https://www.iso.org/)).

1 Geometriai vizsgálatok szükségessége a gépészetben

A gépészetben igen fontos a különböző alakzatok méretének, egymáshoz viszonyított helyzetének, arányának az ismerete. Éppen ezért szükséges, hogy egyértelműen legyenek megfogalmazva a kívánalmak, a mérendő távolságok, s a viszonyokra a megfelelő szakszót, jelölést alkalmazzuk. Az ISO 1101 szabvány egyértelműen meghatározza a felhasznált fogalmakat, azok jelöléseit, mely minden metrológiában dolgozó szakember számára egy közös nyelvet ad. A továbbiakban bevezetésre kerül néhány fogalom, aminek az ismerete elengedhetetlen a későbbiekben.

Fogalommeghatározások

mérő, észlelő személy: az a mérésre megbízott, és képesítéssel bíró személy, aki a mérést elvégzi.

mérőeszköz: mérésügyi szempontból mérőeszköznek a mérések elvégzésére alkalmas olyan technikai eszköz minősül, amelynek a mérési pontosságot és megbízhatóságot jellemző tulajdonságai ismertek és ellenőrizhetők; valamint rendelkezik érvényes kalibrációval.

mérési folyamat: az a tevékenység, amikor a megvalósult térelem méreteit a mérő egy meghatározott folyamat során leméri.

abszolút mérés: a mérendő mennyiséget közvetlenül mérjük. Az abszolút mérés alapfeltétele az, hogy a mérőeszköz mérési tartománya, vagy kiterjesztett mérési tartománya nagyobb legyen a mérendő alkatrész méreténél.

alkatrész: az a megvalósult térelem, aminek a kivitelezési méreteit a mérő a mérési folyamat során ellenőrzi.

eltérés: Az érték, ami az alkatrész névleges és a kivitelezett mérete között áll fenn.

mérőprogram: Azokat a programokat, amiket a koordinátamérő műszerek, célirányosan az azok segítségével nyert adatok feldolgozására írták, mérőprogramnak nevezzük.

mérési program: A mérő a mérési folyamat során a mérőprogram segítségével, jól átgondoltan és az alkatrész méréséhez megírt mérési sorozatainak egy tárolt formája.

munkasík: az a sík, amire értelmezzük(vetítjük) az elemeket.

3D modell: az alakzat számítógépes terve, amiből a tervrajzok készülnek.

tapintó: a 3d koordináta mérőműszerek azon része, amivel a mérés megvalósításra kerül. A tapintó cserélhető, a mérésnek megfelelően.

A gyártási technológia fejlődése egyre bonyolultabb alakzatok mérését tette szükségessé. A mérésügyben dolgozó személynek a mérés megkezdése előtt, mintegy 0. lépésként azonosítania kell a feladatot, és már maga az azonosítási folyamat is kihívások elé állítja az észlelő személyt. A feladat azonosítása egyértelműsíti a mérési

eljárást, a méréshez felhasználandó mérőeszközt, amit majd a mérési folyamatban használni fog.

Sokszor nemcsak a tervezők által előírt szigorú tűrések betartása miatt szükséges bonyolult mérőrendszer használata, hanem a feladat bonyolultsága és annak jegyzőkönyvezése is a 3d koordinátamérő-rendszerek alkalmazását teszi logikus lépéssé. A 3d koordinátamérők önmagukban, informatikai támogatottság nélkül, nem sokat érnének. A rendszereket mérőprogramok vezérlik, s az észlelő személy a mérőprogramok adta matematikai lehetőségekkel képes hagyományos mérőeszközökkel nem mérhető adatokat is szolgáltatni primernek vélt adatokból (a műszerek felépítését, adatnyerésük módját, azok hibáit ismerjük). A mérőprogramok alkalmazása nemcsak a jegyzőkönyvezést könnyíti meg egy mérési program készítésével, hanem a reprodukálhatóságot is segíti, mert a már elkészített és tárolt mérési programok korlátlan számban felhasználhatók az előírások betartása mellett. Éppen ezért fontos, hogy a feladat azonosításának lezárásaként már átfogó mérési tervvel rendelkezünk, - a részletes kidolgozást ráérünk a mérőprogramok grafikus megjelenítéssel támogatott felületen elvégezni. A mérési programok lényegében egy egyszerűsített mérnöki rekonstrukciót hajtanak végre, ami a mérendő alkatrésznek a mérés szempontjából egyszerűsített 3D modelljét állítja elő, nemcsak a megjelenített adatokkal, hanem a mért pontokkal is, így utólagos adatnyerés is elképzelhető azokból.

A kiértékelések során rengeteg kérdés, aggály merül fel bennünk a mérési és gyártási folyamatokat illetően egyaránt. A legfontosabb kérdés, hogy a mérnöki rekonstrukció mennyire vehető pontosnak? Mennyire jól írja le a valóságot a keletkezett 3D modell, s az abból nyert adatok mennyire pontosak, hitelesek? A gyártási technológia mennyire befolyásolja a mérhetőséget?

A 3d koordináta-mérőműszerek száma gombaszám nő, ám az azokat kezelő személyek képzése, ugyanolyan fontos, ha nem fontosabb. Nem elegendő, ha a kezelő személyek csak elméleti, vagy csak gyakorlati képzettséggel, tapasztalattal bírnak. A mérőszemélynek ismernie kell a matematikai elméleti hátteret, hogy miért is mérem, és mit is mérek, de ugyanakkor ismernie kell az utolsó funkcióig a mérőeszközt, s az azt vezérlő mérőprogramot.

A mérések az alapelemekből építkeznek, akárcsak az élet. Elsőnek pontokat határozunk meg a térben, majd a pontokra geometriai alakzatokat illesztünk. A legtöbbször a geometriai alakzatok meghatározásán átsiklunk, mert azt a mérőprogramok támogatják és elfogadottnak ítéljük meg a mérőprogram által generált alakzatokat. A

mérőprogramok gyártói oktatásokat és továbbképzéseket ajánlanak, éppen azért, hogy a felhasználók a legjobb funkciót válasszák ki, és hogy minél jobban megismerjék a programok adta új és egyszerűsített lehetőségeket.

A geometriai azonosítás a legfontosabb lépés. Éppen ezért a nyert adatok minősége is nagyban függ a mérési folyamat során alkalmazott eljárásoktól. A geodéták és a gépészek nap, mint nap foglalkoznak a folyamatok pontosításával. A legtöbbször a legkisebb négyzetek módszerének az alkalmazásával számolunk, mert a módszer jól szabványosítható.

2 Geometriai vizsgálatok a CLAAS Hungaria Kft.-nél

A vizsgálatokhoz a CLAAS Hungaria Minőségirányítási Osztályának a Mérőszobája adta a fő vizsgálati- és mérőeszközöket. A vizsgálatához igénybe vett külső mérőeszközöket a GEOOffice Kft., a Nyugat-Magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kara és a Hexagon Metrology Kft. biztosította.

A mérésekhez felhasznált műszerek:

- Ipari mérőrendszerek (trackerek)
 - Leica AT-401
 - Leica TDA-5005
- Mérőállomások
 - Leica TC1800
 - TopCon GPT-9003m

3 Ipari mérőrendszerek

3.1 Összeadóállandó meghatározása ipari környezetben

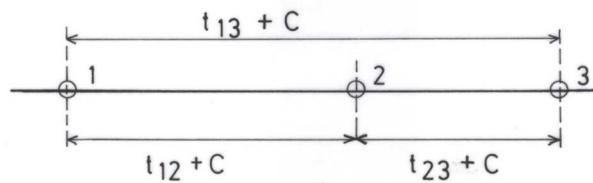
Vizsgálat célja, elvi leírása

A vizsgálatra azért van szükség, mert a különböző műszerek különböző mérőjelekre mérnek. Minden műszer mérőfényt bocsájt ki, a kibocsátás időpontját méri a műszer, illetve a visszaverődés időpontját is. A fénykibocsátás helye és a visszaverődés helye nem az álláspontok függőlegesében van. Az eltérés az összeadóállandó, ami két részből áll: műszerállandóból és prizmaállandóból. Az összeadóállandó minden távolságot egyforma mértékben terhel. $t = t_m + c_m + C_p = t_m + c$

és

A fenti egyenletekből is jól látszik, hogy a prizmaállandó () és a műszerállandó () nem különálló, hanem összetartozó érték, együttesen az összeadó állandó (). A lézer fény hullámhosszát ismertnek tekintem, illetve a műszer jelkibocsátó diódáját kalibrálnak, mert a korrekciós tényezőket a műszerek kalibrálása során a laborok megadták, ezért jelen esetben

3 mért pont esetén az összeadóállandót az alábbi ábra alapján lehet meghatározni:



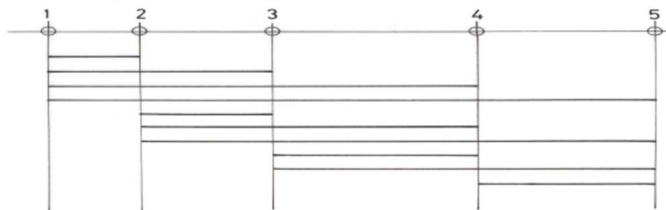
3-1. ábra Az összeadóállandó meghatározása
(Dr Csepregi Szabolcs:mérőállomások)

A képzett távolságok különbségeit összegezve az alábbi egyenletet kapjuk:

amiből könnyen kifejezhető az összeadó állandó egyenlete:

Egy átlagos földmérési munkánál egy ilyen mérés elégséges is lenne, ám a mérnökgeodéziában ennél pontosabb mérésre van szükség.

A fentebb említett 3 pontra történő mérést a tanult módon 5 pontra terjesztettem ki, amit az alábbi ábra mutat:



3-2. ábra Összeadóállandó meghatározása minden kombinációban
(Dr Csepregi Szabolcs: mérőállomások)

Minden pont mért értékének az ismeretében az alábbi képlettel számítható az összeadó állandó:

$$c = -\frac{\sum(p_{ij} * t_{ij})}{\sum p_{ij}}$$

ahol

$$p_{ij} = n - 2(j - i)$$

A képletekben

- t_{ij} az i . pontról a j . pontra mért távolság, ahol $i < j$
- p_{ij} a mért távolság súlya, ami mindig egész szám!
- n a pontok száma, ami számításban részt vesznek.

Felhasznált eszközök, műszerek

Gyártó	Típus	sorozatszám	gyártási év	névleges szögmérési pontosság	névleges távmérési pontosság
Leica	TC1800	636925	1995	1"	1 mm
Leica	TDA-5005	438851	2001	1"	0.1mm
Topcon	GPT-9003m	5H2097	2007	5"	0.2 mm

1. táblázat

A vizsgálati folyamat leírása

A méréseknél a fent említett műszerekhez a Leica AT-401 műszerhez vásárolt Leica 577140 (6db) mágnesszalpat, és a Leica 8511 prizmat használtam mérőjelnek.

A mérést 2013.08.14.-én 8:00-kor kezdtem el. A méréshez felhasználtam egy etalon hossz mérő eszközt, egy línét. A línét egy asztalra mágnes prizmákkal rögzítettem, a línéára ≈ 20 centiméterenként helyeztem fel a mágnesszalpakokat. A műszerekkel igyekeztem 1 vonalban felállni a línéa és a mágnesszalpakokkal. Ez 3" pontossággal sikerült is, ami nem befolyásolta a mérési pontosságot.

Előéletemből ismeretes volt a Leica és a Topcon műszerek felépítésbeli különbségéből származó összeadóállandó. Ha egy Leica műszer egy Leica körprizmára mér (GPRS-1), az 0 mm összeadó állandóval számol a Leica alapbeállításai szerint. Ha egy Topcon műszer mér egy Leica körprizmára (GPRS-1), akkor az 34 mm-rel nagyobb értéket fog mérni. Ugyanezt a kísérletet elvégezhetjük a Leica Mini prizmájára is. A Leica műszerek +18 mm összeadóállandót ajánlanak fel alapértelmezettként összeadó állandónak. A Topcon műszerekkel lemért táv ugyanerre a prizmára 16 mm-rel lesz hosszabb. Ebből a

2 kísérletből már látszik, hogy a 2 gyártó egymáshoz képest 34 mm-el eltolta a műszerben a távmérőt az állótengelyhez képest.

A mérésekkor a Leica műszereknél 0 mm, míg a Topcon műszereknél +34 mm összeadóállandót írtam be.

A méréseket 2 távcsőállásban 3 sorozattal történő méréssel végeztem. A Leica TC1800 és a Topcon TopCon GPT-9003m esetében, míg a Leica TDA-5005 1 sorozattal és 2 távcsőállással mértem.

Adatok feldolgozása

Az adatokat rögtön MS Excel (NyME-Geo licence) táblába vezettem fel, majd a kiértékelést is ott végeztem el.

				TDA-5005		TC1800		Topcon GPT	
i	j	n=5	p	t	p*t	t	p*t	t	p*t
1	2	t ₁	3	0,1893	0,5679	0,1885	0,5655	0,1880	0,5640
2	3	t ₂	3	0,1848	0,5544	0,1852	0,5555	0,1857	0,5571
3	4	t ₃	3	0,1911	0,5733	0,1905	0,5715	0,1907	0,5721
4	5	t ₄	3	0,1938	0,5814	0,1938	0,5815	0,1942	0,5826
1	3	t ₅	1	0,3742	0,3742	0,3737	0,3737	0,3737	0,3737
1	4	t ₆	-1	0,5653	-0,5653	0,5642	-0,5642	0,5644	-0,5644
2	4	t ₇	1	0,3796	0,3796	0,3757	0,3757	0,3765	0,3765
2	5	t ₈	-1	0,5697	-0,5697	0,5695	-0,5695	0,5707	-0,5707
3	5	t ₉	1	0,3848	0,3848	0,3843	0,3843	0,3849	0,3849
1	5	t ₁₀	-3	0,7590	-2,2770	0,7580	-2,2740	0,7586	-2,2758

összeg 10,0000 3,7916 0,0036 3,7833 0,0000 3,7874 0,0000

c[m]=

0,0009

0,0000

0,0000

c[mm]=

0,95

0,00

0,00

2. táblázat Összeadó állandó

Összegzés

A kapott értékekből jól látszik, hogy a kezdeti feltételezésem helytálló a gyártól műszerfelépítését figyelembe véve. Az is jól látszik, hogy a Leica TDA-5005 műszer D tényezője az off-line mérésekkor nincs jól beállítva. Az on-line módban a Leica Axyz szoftver számol a hibákkal. A szoftveresen javított értékekkel hibamentes eredményekkel lehet mérni, számolni.

3.2 Ipari mérőrendszerek (Trackerek) R&R vizsgálata

Vizsgálat célja, elvi leírása

Az R&R vizsgálat célja az ipari (tracker) mérőrendszer ismételhetőségének és reprodukálhatóságának meghatározása, valamint az ezekből képzett, a mérés összetett hibájára jellemző mutató számítása. Az R&R vizsgálat eredményei támpontot nyújtanak a mérési hiba okainak felderítéséhez, illetve a hiba megszüntetéséhez. A vizsgálattal a műszerek állandóit és a prizmaállandók összegzett értékét ki lehet mutatni, illetve, a mérőműszerek szög- és távmérési hibáit. Az így felállított mérési hálózat alkalmas ellenőrző mérésekre, illetve a műszerek szorzó- illetve összeadóállandóinak a meghatározására. A vizsgálatokat Makhajda Lajossal 2013.08.28. 8:30 és 16:00 között végeztem, melynek a CLAAS Hungária Kft hegesztőcsarnok szolgált helyszínéül. A vizsgálat idején a léghőmérséklet 20-22,5 °C, a páratartalom: 60-65%

Felhasznált eszközök, műszerek

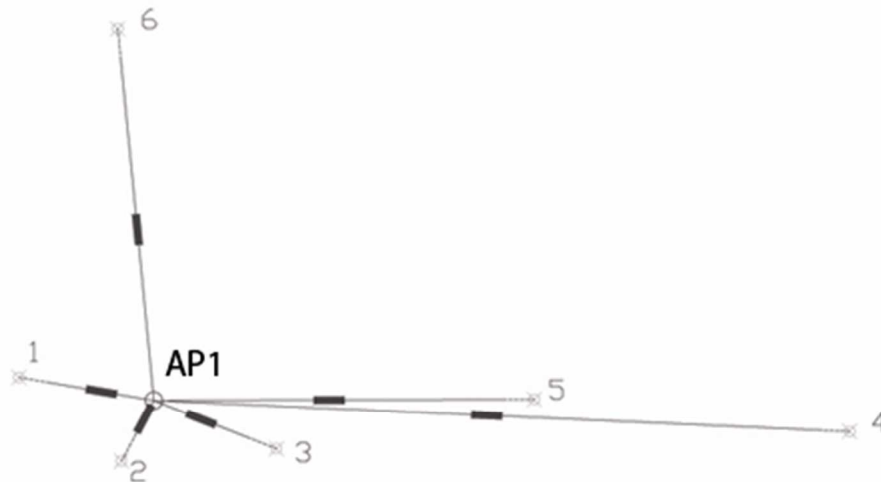
Vizsgálati mérőműszerek

Gyártó	Típus	sorozatszám	gyártási év	névleges szögmérési pontosság	névleges távmérési pontosság
Leica	TC1800	636925	1995	1"	1 mm
Leica	TDA-5005	438851	2001	1"	0.1mm
Leica	AT-401	390872	2011.12	0.001"	0.001mm
Topcon	GPT-9003m	5H2097	2007	5"	0.2 mm

3. táblázat

A vizsgálati folyamat leírása

A méréseknél a fent említett műszerekhez a Leica AT-401 műszerhez vásárolt Leica 577140 (6 db) mágnesfalpat, és a Leica 8511 prizmát használtam mérőjelnek. 2013.08.27.-ei sikertelen mérés után 27.-én levelet írtam az NMS-nek, hogy hogyan, s mily módon lehet a műszer méréseit ezred foknál, és század mm kiírásnál több tizedes jegyre kiírni. A műszer leírásában sokkal pontosabb szög- és távolságmérésre volt lehetőség, mint a fent említett. Az NMS válasza (magyar, német, angol nyelvű segítségkérő e-mail után) magyar nyelven érkezett, a műszer felhasználói kézikönyv digitális csatolásával, és pontos oldalszám megjelöléssel.



3-3. ábra Meghatározási terv

A mérést 2013.08.28.-án reggel 8:30 kor kezdtem. Első lépésben kijelöltem a mérendő pontokat, a műszerállvány helyét, majd a prizmát rögzítő mágnesszalpokat helyeztem el a mérési pontokon. A műszerállvány helyének kijelölésekor ügyeltem arra, hogy a műszerállvány ne legyen szállítási útvonalban. A műszerállvány saruit és a mágnesszalpokat ragasztással is rögzítettem, s a ragasztást ellenőriztem a Leica TDA-5005 műszerrel. A prizmát elhelyeztem az 1. mágnesszalpon, majd 2 távcsőállásban távolságot mértem rá. A prizmát elvéve a mágnesszalpról, kézíleg erőhatást fejtettem ki a mágnesszalpra, s ezután visszahelyeztem a mágnesszalpra a prizmát. A műszerrel újra rámértem a prizmára, mely nem mutatott sem távolságmérési, sem szögmérési hibát. Az éles mérések megkezdése előtt a kényszerközpontosítóba belehelyeztem a Leica AT-401-es mérőrendszert, majd meggyőződtem róla, hogy a digitális libella kiigazított állapotú. Minden mérés megkezdése előtt ellenőriztem a libellát.

A méréseket 2 távcsőállásban és 3 sorozatban (fordulóban), az óramutató járásával ellentétesen, megegyezően, majd ismételten ellentétes (oda-vissza-oda) irányban mértem. Az első sorozat a mérési pontszámok növekményében zajlott. A nyert adatokat a műszereknek megfelelően tároltam, s dolgoztam fel.

A mérést megelőzte 2013.08.26.-án a Leica 8511 típusú prizmájának a prizmaállandó meghatározása a Leica TC1800, Leica TDA-5005 és a Topcon GPT9003m műszereknél, mely sikertelenül zárult.

A mérés folyamatában feltételeztem a műszerállvány és a mágnes talpak, illetve a hegesztőcsarnok mozdulatlanságát. Ezt a feltételezést arra alapoztam, hogy a Leica AT-401 ipari mérőrendszer 2012. decemberi kalibrálással bír, illetve a műszer U95 szinten számol, s a távolság és szögmérési adatsorai erősen korreláltak.

A TDA-5005 műszer 1. mérési sorozatát Makhajda Lajos mérte.

Adatok feldolgozása

Az adatfeldolgozást műszerenként eltérő módon végeztem.

Topcon GPT-9003m

A mérési állományt (tsj) a számítógépre másoltam, s a Topcon Link v.8.2.3. szoftverrel megnyitottam. A megnyitott állományt xml formátumban kimentettem. A kimentett xml állományt MS Excel 2010 (NyME-GEO licence) programmal feldolgoztam.

Leica TC1800

A műszert a számítógéppel összekötve, a Leica Survey Office 2.21 Build 17 programmal a GSI 8 formátumokat átmentettem a számítógépre. A GSI-t notepad és MS Excel (NyME-GEO licence) segítségével dolgoztam fel.

Leica TDA-5005

A műszert a számítógéppel összekötve, a Leica Survey Office 2.21 Build 17 programmal a GSI 8 formátumokat átmentettem a számítógépre. A GSI-t notepad és MS Excel (NyME-GEO licence) segítségével dolgoztam fel.

Leica AT-401

A Leica Tracker Pilot program a mérés végén egy PDF formátumban ugyan nyomtatta a mérések eredményeit, de ez a formátum már a távcsőállásokat közepelve jeleníti meg. Az eredeti nyers adatok dokumentálása végett minden mérésről képernyőmentést készítettem, ami tárolta külön az I. és II. távcsőállásban végzett mérés szög- és távolság adatait. Az értékeket kézzel MS Excel (NyME-GEO licence) programba töltöttem be és dolgoztam fel.

	Δ " AT-401-hez mérve			tf[m]				Δt [mm] AT-401-hez képest		
	TDA-5005	TC1800	GPT-9003m	AT-401	TDA-5005	TC1800	GPT-9003m	TDA-5005	TC1800	GPT-9003m
A1	-14,49	5,00	-15,17	18,0815	18,0816	18,0814	18,0809	0,103	-0,051	-0,517
A2	-23,98	27,97	5,83	9,5962	9,5961	9,5963	9,5966	-0,098	0,082	0,382
A3	-31,76	2,75	8,50	17,0711	17,0713	17,0714	17,0707	0,154	0,304	-0,362
A4	0,00	0,00	0,00	90,3037	90,3038	90,3033	90,3046	0,113	-0,421	0,879
A5	-15,74	8,30	7,50	41,4025	41,4025	41,4027	41,4025	-0,079	0,158	-0,042
A6	-17,33	12,80	-1,50	48,5137	48,5137	48,5138	48,5131	0,047	0,137	-0,563

4. táblázat

Következtetések, összegzés

- A műszerek vizsgálatakor a feltételezések mellett ideális környezet állt fenn. A mérési sorokból kiolvasható a műszer és a prizmaállandó összegzett értéke, illetve kimutatható a műszerek szögmérési és távmérési pontossága, annak mérési bizonytalansága.
- A Leica TDA-5005 műszer manuális módon való irányzása kimutatta, hogy a műszer irányvonala és a szálkereszt irányvonala nem egy egyenesbe esik, mely hibát az automata irányzóprogram kompenzál, de időszakosan belső vizsgálat alá kell vetni. A Leica TDA-5005 műszer manuális módban nagy pontosságú mérésekre csak 2 távcsőállás mérésével használható, a komparálás és a javítás elvégeztéig.

Műszerek	TDA-5005	TC1800	GPT-9003m
átlagos eltérés ["]	-17,22	9,47	0,86

5. táblázat

- A Leica AT-401-es mérőrendszer távoli vezérlése biztosítja, hogy a mérés folyamatában és annak indításakor a műszer irányzásának a hibamentességét, melyet nagy sebességű vezeték nélküli számítógépes hálózati kapcsolattal, vagy vezetékes számítógépes kábeles összeköttetéssel oldott meg a gyártó.



3-4. ábra Leica AT-401 vezérlés

3.3 Ipari mérőrendszerekkel végzett hálózatomérés

Vizsgálat célja, elvi leírása

A hálózatomérés célja, a műszerek összehasonlításán túl, a CLAAS Hungária Logisztikai csarnoka pilléreiben elhelyezett virtuális mérési pontok koordinátáinak a meghatározása. A mérést megelőzte 2013.08.09.-én egy területbejárás a CPS képviselőivel, majd 2013.08.14.-én ki is jelöltük a mérési pontokat. Igyekeztük a mérési pontok kijelölésekor olyan csapokat (csavarokat) kiválasztani, amik mozdulatlansága feltételezhető. Főképpen a pillérek földelési csavarjait kerestük, mert azok cca.20- 30 cm magasságban vannak a pilléreken elhelyezve, így is biztosítva a mozgás minimalizálását. A csavarokra a Prototípusgyártó műhely adaptereket gyártott, amivel a Leica mérőhasábjait 0,05 mm pontossággal lehet belehelyezni. A vizsgálatokat 2013.08.15.-én 8:30 és 16:30 között végeztem. A vizsgálat idején a léghőmérséklet 20-24 °C volt.

Felhasznált eszközök, műszerek

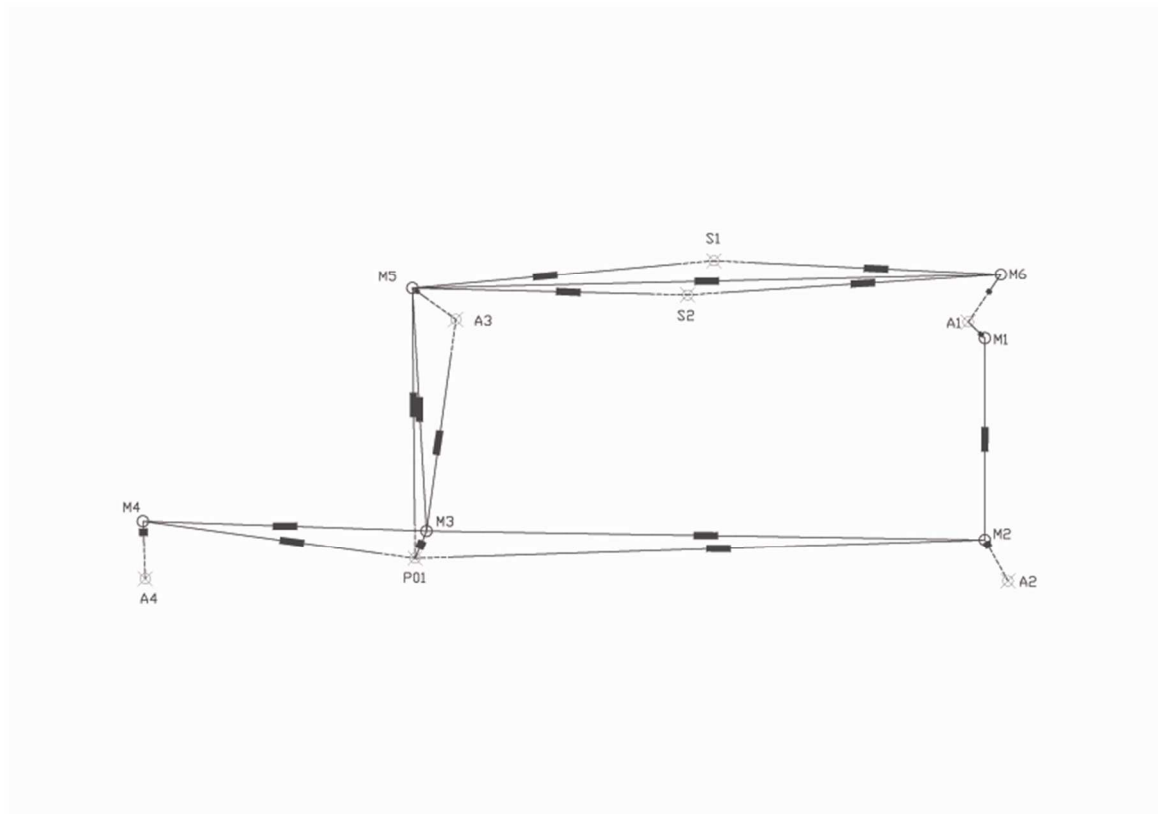
Gyártó	Típus	sorozatszám	gyártási év	névleges szögmérési pontosság	névleges távmérési pontosság
Leica	TC1800	636925	1995	1"	1 mm
Leica	TDA-5005	438851	2001	1"	0.1mm
Topcon	GPT-9003m	5H2097	2007	5"	0.2 mm

6. táblázat

A vizsgálati folyamat leírása

A mérésre a Leica TDA-5005 ipari mérőrendszerhez vásárolt mérőhasáb-készletet használtam fel, mely 6 darab mágnes talpból és 15 darab Leica mérőhasábból áll. A mérést 2013.08.15.-én 8:30-kor kezdtük el. A mérési vonalat a tanult módon sokszögeléssel vezettem. Az első mérések alkalmával úgy tűnt, hogy a műszerek képesek digitálisan tárolni a mérési jegyzőkönyveket, de az éles mérésekkor azt tapasztaltuk, hogy a tárolás nehézségekkel működik, így a kézi jegyzőkönyvezést választottam. A Leica TC1800-nak a jelvisszaverődés a Leica mérőhasábokról 40% alatt volt, így nem tudott távolságot mérni azokra. A Topcon műszer a Leica mérőhasábokra csak prizma nélküli módban tudott távolságot mérni, így annak a távmérési pontossága 1mm. A műszerállásokon a műszerállvány kényszerközpontosítójában kicseréltem a műszereket, így minden állásponton minden műszerrel tudtam mérést végezni. Az átálláskor nem volt megoldható minden műszerrel a hátra és előre prizmára történő

mérés. Ezt a hibát azzal küszöböltem ki, hogy minden méréskor volt 2 ismert pontra történő szögmérés. A méréseket 2 távcsőállásban történő méréssel végeztem.



3-5. ábra Meghatározási terv

Adatok feldolgozása

Az adatok feldolgozását MS Excel-ben végeztem. A mérési adatokból digitális mérési jegyzőkönyvet formáltam, majd az adatokból GMJ-t készítettem. Az NyME-GEO-n Busics tanár úr irányítása mellett műszerenként elvégeztem a vízszintes és a magassági kiegyenlítést a GeoCalc program segítségével. A kiegyenlítéskor felmerült durva hibaszűrést is elvégeztük. A 3. álláspontot (M3) vettük a koordináta-rendszer alappontjának, a 2. álláspontot (M2) a választottuk a koordináta rendszer X iránypontjának. Az M3 pontnak az alábbi koordinátákat adtuk
(x,y,z):100.000,500.000,100.000

Összegzés

A műszerek külön-külön kiegyenlített hálózatainak kissé eltérő koordináta-jegyzéke lett. Ez érthető is, hisz nem minden irány volt mérhető minden műszerrel, és nem minden műszer tudott távolságot is mérni minden pontra. Műszerenként elvégzett kiegyenlítést meg ismételtek a 3.2 pontban kapott eredmények alapján képzett súlyok számításával. Az így kapott koordinátákból már középértéket tudtunk számolni. Ez a módszer teljesen megfelel annak, mintha a 3.2 pontban ismertetett eredményeket felhasználva először

elvégeztük a szögmérések és a távmérések súlyozását, majd az így kapott szög- és távolságértékeket egyenlítettük ki.

A felhasznált középhibák:

	TDA-5005	TC1800	GPT-9003m
μ_i	19,76	13,21	8,11
μ_t	0,10	0,23	0,52
$\bar{t}$	37,7765	37,7760	37,7783

7. táblázat A hálózat újramegyenlítés előzetes középhibái

Eredmények

Az eredmény egy olyan hálózat, s az azt rögzítő virtuális alappontok koordinátái, amit egyszerre, majdnem egy időben, azonos körülmények között 3 műszerrel is megmértem.

A kapott eredmények bőven mm pontosságúnak tekinthetők. A hálózat alkalmas a csarnokmérésen kívül, akár belső kalibrációk elvégzésére is a fent említett pontosságig.

Kiegyenlített pontkoordináták:

Leica TC1800									
Alap mérés				Újra kiegyenlítés			Δ [mm]		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
A1	156,217	523,270		156,2164	523,2704	10,0654	0,6	-0,4	
A2	161,701	495,430		161,7008	495,4305	10,1867	0,2	-0,5	
A3	100,144	520,589		100,1435	520,5894	10,1711	0,5	-0,4	
M1	157,228	509,528	9,993	157,2272	509,5279	9,9873	0,8	0,1	5,7
M2	157,376	500,000	10,013	157,3755	500,0000	10,0085	0,5	0,0	4,5
M3	100,000	500,000	10,000	100,0000	500,0000	10,0000	0,0	0,0	0,0
M5	96,145	525,447	10,015	96,1442	525,4476	10,0167	0,8	-0,6	-1,7
M6	159,820	529,926	10,004	159,8194	529,9261	10,0070	0,6	-0,1	-3,0
P01	97,276	497,139		97,2754	497,1391	10,5595	0,6	-0,1	

8. táblázat

Leica TDA5005									
	Alap mérés			Újra kiegyenlítés			Δ [mm]		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
A1	156,223	523,288	10,077	156,2233	523,2883	10,0670	-0,3	-0,3	10
A2	161,687	495,445	10,158	161,6875	495,4446	10,1943	-0,5	0,4	-36,3
A3	100,143	520,587	10,171	100,1431	520,5868	10,1705	-0,1	0,2	0,5
A4	68,087	493,420	10,170	68,0867	493,4201	10,1703	0,3	-0,1	-0,3
M1	157,227	509,525	10,007	157,2274	509,5257	9,9914	-0,4	-0,7	15,6
M2	157,375	500,000	10,012	157,3752	500,0000	10,0135	-0,2	0	-1,5
M3	100,000	500,000	10,000	100,0000	500,0000	10,0000	0	0	0
M4	67,598	499,515	10,009	67,5976	499,5155	10,0089	0,4	-0,5	0,1
M5	96,143	525,446	10,019	96,1431	525,4461	10,0169	-0,1	-0,1	2,1
M6	159,817	529,927	10,010	159,8173	529,9276	10,0057	-0,3	-0,6	4,3
P01	97,275	497,139	10,560	97,2756	497,1392	10,5601	-0,6	-0,2	-0,1
S1	115,507	522,562	12,664	115,5072	522,5618	12,6607	-0,2	0,2	3,3
S2	141,316	529,993	10,086	141,3163	529,9939	10,0827	-0,3	-0,9	3,3

9. táblázat

Topcon GPT-9003m									
	Alap mérés			Újra kiegyenlítés			Δ [mm]		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
A1	156,237	523,268	10,061	156,2323	523,2625	10,0544	4,3	5,4	6,6
A2	161,687	495,449	10,190						
A3	100,145	520,588	10,170	100,1461	520,5889	10,1699	-1,3	-0,9	0,1
A4	68,081	493,425	10,171	68,0807	493,4288	10,1715	0	-4,1	-0,5
M1	157,224	509,532	9,980	157,2241	509,5296	9,9693	-0,1	2,4	10,7
M2	157,374	500,003	10,012	157,3771	500,0000	10,0138	-3,1	3	-1,8
M3	100,000	500,000	10,000	100,0000	500,0000	10,0000	0	0	0
M4	67,593	499,518	10,010	67,5937	499,5214	10,0102	-0,6	-3,8	-0,2
M5	96,148	525,446	10,015	96,1489	525,4474	10,0143	-0,6	-1,8	0,7
M6	159,832	529,904	10,003	159,8292	529,9002	10,0003	2,7	4,1	2,7
P01	97,271	497,136	10,557	97,2714	497,1360	10,5577	-0,1	-0,3	-0,7
S1	115,516	522,555	12,657	115,5135	522,5547	12,6553	2,1	-0,1	1,7
S2	141,326	529,978	10,079	141,3254	529,9760	10,0768	0,5	2,3	2,2

10. táblázat

A végső kiegyenlített koordináták a 11. táblázatban olvashatóak.

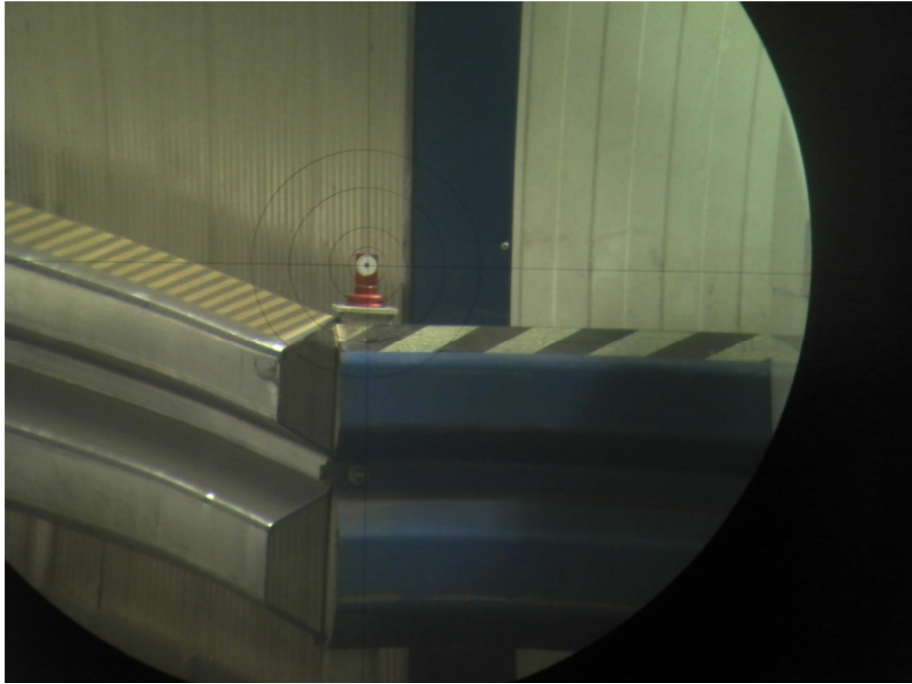
	X	Y	Z
A1	156,2240	523,2737	10,0623
A2	161,6942	495,4376	10,1905
A3	100,1442	520,5884	10,1705
A4	68,0837	493,4245	10,1709
M1	157,2262	509,5277	9,9827
M2	157,3759	500,0000	10,0119
M3	100,0000	500,0000	10,0000
M4	67,5957	499,5185	10,0096
M5	96,1454	525,4470	10,0160
M6	159,8220	529,9180	10,0043
P01	97,2741	497,1381	10,5591
S1	115,5104	522,5583	12,6580
S2	141,3209	529,9850	10,0798

11. táblázat

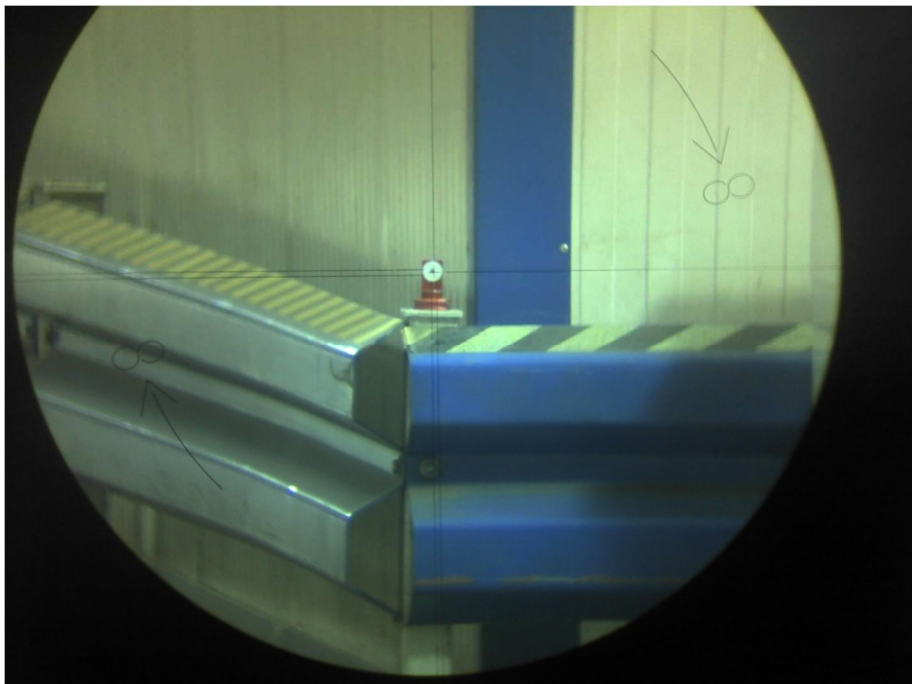
A kiegyenlített eredmények alapját képezik az éves műszervizsgálatoknak, belső minősítéseknek.



3-6. ábra (Mérőműszerek és a kísérő kocsi)



3-7. ábra TDA 5005 irányzási kép



3-8. ábra TC1800 irányzási kép

Idézett forrásmunkák

Dr. Ágfalvi, M. (dátum nélk.). *Vonalas létesítmények építésének, gépészeti berendezések szerelésének geodéziai feladatai*. Székesfehérvár: 2011.

ISO. (dátum nélk.). *About ISO*. Letöltés dátuma: 2013. 10 09, forrás: ISO:
<http://www.iso.org/iso/home/about.htm>

Kazinczy, F. (1808). *A nagy titok*. Magyarország.

Ábrajegyzék

3-1. ábra Az összeadóállandó meghatározása.....	14
3-2. ábra Összeadóállandó meghatározása minden kombinációban.....	14
3-3. ábra Meghatározási terv	18
3-4. ábra Leica AT-401 vezérlés	21
3-5. ábra Meghatározási terv	23
3-6. ábra (Mérőműszerek és a kísérő kocsi)	26
3-7. ábra TDA 5005 irányzási kép	27
3-8. ábra TC1800 irányzási kép	27