



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet



SZAKDOLGOZAT

Hídépítés geodéziai munkarészei

OE-AMK

2022

Hallgató neve: Farkas Balázs

Hallgató törzskönyvi száma: T000410/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Farkas Balázs

Szaktervezési száma: SZD22011414114562

Törzskönyvi száma: T000410/FI12904/A-G

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: földmérő és földrendező mérnök

Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: Hídépítés geodéziai munkarészei

A dolgozat címe angolul: Geodetic Parts of Bridge Construction

A feladat részletezése: Szakirodalom alapján ismertesse a híd fogalmát és osztályozásait. Ismertesse a hídtervezés általános elveit. Ismertesse a hídépítéshez szükséges geodéziai feladatokat. Részletezze a különböző feladatokat megtörtént geodéziai munkák alapján.

Intézményi konzulens neve: László Gergely Tibor

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 12. 15.

Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szaktervezési: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2022. 10. 12.

P.H

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2022. 12. 15.

belső konzulens

külső konzulens



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott szigorló hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem.

Egyéb jelentős segítséget nem vettem igénybe.

Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Inárcs, 2022.12.08.

Farkas Bóla

.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	6
2.	A Híd fogalma, és osztályozása	7
3.	A hídépítés kialakulása és fontossága.....	9
3.1	A hídépítés kialakulása	9
3.2	A hídépítés fejlődése	9
3.2.1	Hidak az ókorban	10
3.2.2	Hídépítés a Római Birodalom idejében	11
3.2.3	Korai kínai és japán hidak	13
3.2.4	A középkori hídépítés	14
3.2.5	A felvilágosodás, és ipari forradalom kora béli hídépítés	17
3.3	Hídépítés Magyarországon.....	20
4.	Hidak tervezése.....	23
4.1	Hidak tervezéséhez szükséges adatok	23
4.2	Hidak tervezésének általános elvei	24
4.2.1	Forgalmi követelmények	24
4.2.2	Műszaki követelmények	24
4.2.3	Gazdaságossági követelmények	25
4.2.4	Esztétikai szempontok	25
5.	A hídépítés geodéziai munkarészeinek ismertetése	28
5.1	Tervezési időszak geodéziai munkái.....	28
5.1.1	Adatgyűjtés	28
5.1.2	Helyszíni mérések.....	28

5.1.3	Geodéziai jellegű munkarészek elkészítése	29
5.2	Kitűzési hálózat kialakítása	29
5.3	Építésirányítás	30
5.4	Ellenőrző mérések	30
6.	Gyakorlati munkák	31
6.1	Geodéziai alappont hálózat létesítése.....	31
6.1.1	Az alappontok létesítése, jelölése, és védelme	31
6.1.2	Méréshez felhasznált eszközök.....	32
6.1.3	Alappont meghatározás.....	36
6.2	Építésirányítás	38
6.2.1	Próbacölöpözés, és cölöpözés	38
6.2.2	Alépítmény kitűzése	40
6.2.3	Méréshez felhasznált eszközök.....	40
6.2.4	Terepi kitűzés.....	41
6.2.5	Felszerkezet kitűzése	43
7.	Értékelés.....	44
8.	Összefoglalás	45
9.	summary.....	46
10.	Irodalomjegyzék	47
11.	mellékletek.....	48

1. BEVEZETÉS

A szakdolgozati témaválasztásom egyik fő szempontja az volt, hogy mindig is csodáltam a hidakat. Lenyűgözőnek tartottam a mérnöki tudást, mely segítségével létrejöhetnek olyan csodálatos műtárgyak, mint például a firenzei Ponte Vecchio, amely több mint 600 éve épült, és mai napig használatban van. Ugyanakkor a különböző hidak szépsége is felkeltette az érdeklődésemet ezen műtárgyak iránt.

Szakdolgozatom több részből épül fel. Az 1. részben ismertetem a hidak fogalmát, és bemutatom az osztályozását a különböző osztályozási szempontok szerint.

A 2. részben magának a hídépítésnek a kialakulását taglalom egészen a természet által kialakított hidaktól a jelenkor lenyűgöző műtárgyaikig. A fejlődést kronológiai sorrendben a különböző történelmi korszakokra tagolva mutatom be. Mindig néhány lenyűgöző híd segítségével mutatom be a korszakokon belüli fejlődést. A fejezet végén a Magyarországi hidakkal foglalkozok.

A 3. részben általánosan mutatom be a hidak tervezését. A különböző szempontokat és követelményeket külön taglalom. Végül pedig a hidak általános szerkezeti felépítését mutatom be.

A 4. részben egy általános átfogó leírást adok a hidak építése folyamán szükséges különböző geodéziai munkákhoz.

Végül az 5. részben a szakdolgozatom gyakorlati részét taglalom. Azon műtárgyak, amelyeknek az építésében részt vettem, még az elején járnak a kivitelezésnek, ezért nem egy teljes átfogó munkát mutatok be. Ezen okból több különböző műtárgy építésén, és azoknak geodéziai munkarészein át mutatom be általánosan a hídépítést.

2. A HÍD FOGALMA, ÉS OSZTÁLYOZÁSA

„Azokat a mérnöki létesítményeket, amelyek valamely közlekedési utat (közutat, gyalogutat, kerékpárutat vagy vasutat), esetleg csatornát vagy vezetéket (víz-, gáz, elektromos- stb. vezetéket) vezetnek át valamely akadály (természetes vízfolyás, csatorna, közlekedési vonal, völgy stb.) felett, hídnak nevezzük.” [1]

„Ide tartoznak a közlekedési utak forgalmának védelmét szolgáló létesítmények is, amelyek a felettük lévő szállítási vonal (pl. drótkötélpálya) vagy nagyfeszültségű elektromos vezetékek által okozott balesetek veszélyét hárítják el (védőhidak).” [1]

Egy híd általában két részből áll. Ez a két rész az alépítmény, és a felszerkezet. [1]

Az alépítmény két részből áll: általában a földfelszín alatti részből, az alapból és a földfelszín fölötti részből, a hídfő, ill. a pillér un. felmenő részéből. A hidak hídfőinek, és a pilléreknek az a feladatuk, hogy alátámasszák a felszerkezetet, illetve az abból átadódó terheket, és egyéb erőhatásokat, mely erőhatások lehetnek például földnyomás, vagy jégnyomás, felvegyék és átadják a teherbíró altalajra. [1]

A felszerkezet a tartószerkezet, amely a pillérek, és a hídfők közötti távolságot, vagyis a támaszközt hidalja át. A felszerkezet többféle anyagból épülhet. Ezek lehetnek fa, kő, tégl, beton, vasbeton, acél, könnyűfém stb. [1]

A hidak osztályozása többféle szempont alapján történik. Ezek a szempontok:

- a híd rendeltetése és terhelése,
- a híd jellege,
- a főtartó szerkezeti kialakítása,
- a szerkezet keresztmetszeti kialakítása és
- az áthidalt akadály szerint. [1]

Az osztályozás szempontjai	A hidak osztályozása		
A híd rendeltetése és terhelése	Közúti híd	közúti jármű	A, B, C terhelési osztály
		kerékpár	
		gyalogos	
	Vasúti híd	szabványos nyomtáv	A, B, C terhelési osztály
		keskeny nyomtáv	A _k , B _k , C _k terhelési osztály
	Vegyesforgalmú híd (közúti, és vasúti)		
	Csatorna-, vezetéktartó, védő-, szállítóhíd stb.		
A híd jellege (tervezett érték)	Állandó, félállandó, ideiglenes híd		
A főtartó statikai rendszere	Gerenda-, keret-, ív-, tárcsa-, függőhíd		
A főtartó szerkezeti kialakítása	Tömörfalú, rácsos, vierendeel-rendszerű híd		
A szerkezet keresztmetszeti kialakítása	Lemez-, bordás-, szekrényes híd		
A pálya lehelyezése	Felsőpályás, vegyespályás, alsópályás		
Az áthidalt akadály	Vízfolyás-, völgy-, közút-, vasút feletti áthidalás		

2.1. ábra: Hidak osztályozása [Forrás: Dr. Klatsmányi Tibor Hidépítés I. rész]

3. A HÍDÉPÍTÉS KIALAKULÁSA ÉS FONTOSSÁGA

Az idők során az emberiséget mindig lenyűgözték a hidak. Egyszerre volt szimbóluma a tudománynak, a művészetnek a jó építészetnek, a kereskedelemnek és a mérnöki képességeknek. Ugyanakkor az emberek, közösségek, és különböző nemzetek közötti kapcsolatot is szimbolizálták. Fontos szerepe volt a hadászatban is. Stratégiai és taktikai szempontból a hidak szükségesek voltak a hatalom gyakorlásában. Ezek miatt tehát a hídépítés egy igen magas fokú szakma volt.

3.1 A hídépítés kialakulása

Az idők kezdetén az emberek még nem építettek hidakat, hanem a természetben megtalálható hídszerkezeteket használták. Ezek a hídszerkezetek például a természetes boltívek, vagy akár a folyók és szakadékok fölött átnyúló kidőlt fák voltak.



3.1. ábra: legnagyobb természetes sziklaív az Arches Nemzeti Park-ban [Forrás:

<https://www.nps.gov/thingstodo/arches-hike-landscape-arch.htm>]

Később az ember elkezdett maga is hidakat építeni. Az első hidak fából és kőből készültek. Ezek voltak az első gerendahidak. Készítettek lián, és bambuszrostból összefont szerkezeteket is. Ezek voltak az első függőhidak.

3.2 A hídépítés fejlődése

Manapság a hídépítés tudománynak tekintendő. Ellenben körülbelül 100 évvel ezelőtt nehezen volt egyáltalán méltó arra, hogy művészetnek nevezzék. Bár a hídépítés egy

viszonylag újabb szakma, nem szabad azt gondolni, hogy a korábbi évszázadok nem járultak hozzá a hídépítéssel kapcsolatos ismereteinkhez. A primitív ember bizonyára sok átkelőt épített sekély patakokon. Ezeket úgy építhette, hogy sziklákat halmozott fel a patakpartokon, és kőlapokkal, farönkökkel vagy kidőlt fákkal fedte be őket, hogy átvezessenek a kisebb folyókon. A korai vízen átívelő függőhidakat a szemközti fák kilógó ágából építették. Ezekből az adatokból is látható, hogy a hídépítés fejlődése a szerkezeti forma, az építési anyagok, valamint a tervezési, gyártási és szerelési módok alakulásának eredménye.

3.2.1 Hidak az ókorban

A legkorábbi hiteles feljegyzésekkel rendelkező híd időszámításunk előtt 780 körül épült. Ezt a hidat Babilonban az Eufrátesz felett építették. Hérodotosz azt írta, hogy rövid támaszközü hídszerkezet volt, körülbelül 10.5 méter széles volt, és kőpillérekre támaszkodó fagerendákból állt. Egy másik korai építészeti forma, amelyet a primitív ember használt, a felfüggesztés volt. Használták Kínában, Japánban, Indiában és Tibetben. Ugyanakkor használták még Mexikóban az aztékok, a perui bennszülöttek, és ugyanúgy használták még más részein is Dél-Amerikának. Ezeknek a primitív felfüggesztett építményeknek a kábeleit indákból készítették. Az indákat bőrhevederekre csavarták, permanens parton lévő tárgyhoz rögzítették őket. Ilyen permanens tárgyak voltak például a fák. A hídnak egy másik korai formái a konzolos hidak voltak. Azt tartják, hogy a kínaiak már sok évszázaddal ezelőtt konzolos hidakat építettek. Az ívhidak már egy későbbi formája volt a korai hidaknak. Primitív kőhidak a palakövekből az egymásra helyezett enyhén eltolt kövekből épült egyszerű ívekké fejlődtek, amelyek középen találkoztak. Ez a fajta boltív megtalálható az ókori Egyiptomban, Görögországban, Kis-Ázsiában, és Mexikóban. Ez az építési mód akkoriban azonban csak rövid távokon volt alkalmazható. Nyers formájú tégláíveket találtak Théba romjai között olyan építményekben, amelyeket valószínűleg időszámításunk előtt 2900 körül építettek. Az Eufrátesz és a Tigris völgyének lakói is igen korán ismerték már a boltívet. A babilóniaiak minden bizonnyal már i.e. 1300-ban építettek hegyes téglaboltíveket. Kr.e. 2000 körül az Eufrátesz folyót Babilon városában egyetlen, 9 méter széles és 201 méter hosszú tégláív keresztezte. A valódi boltívek feltalálása és használata először az etruszok által történt Krisztus előtt 700 körül. Mai nap is létezik még néhány a régi hidak közül. Ilyen például a Tarr lépések az Exmoor

nemzeti parkban Angliában, amelyet Krisztus előtt 1000 körül építettek, és egy ívhíd a törökországi Izmir mellett, amelyet időszámításunk előtt 850 körül építettek. Végül a Melles folyón átívelő Karaván híd, a kis-ázsiai Smyrnában. Sokak szerint a legrégebben létező híd. Mai napig használatban van, és a nagy része még az eredeti állapotában van.



3.2. ábra: Karaván híd Smyrnában [Forrás: <https://structurae.net/en/structures/caravan-bridge>]

3.2.2 Hídépítés a Római Birodalom idejében

Talán a rómaiakat lehet az első tényleges hídmérnököknek nevezni. A hídjaikat építették fából, kőből, és még betonból is. Azonban a római időkben kevésbé voltak jellemzőek a fából készült hidak, inkább a kőhidakat prioritizálták akkoriban. Mivel a kő, és betonhidakat ívhidaként építették, ezért tökéletesíteniük kellett az íveket. Az etruszok nyomait követve a rómaiak erős félköríves boltíveket használtak. Megoldották azt a bonyolultabb mérnöki problémát, hogy hogyan támaszthatják a nagyobb fesztávú hidakat vízalatti pillérekre, és hogyan óvhatják meg ezeket a pilléreket az ár hatásától. Kazettás gátakat építettek a vízbe. A pillérek tervezett helye körül a folyómederbe verték a cölöpöket, majd a cölöpöket agyaggal bélelték ki, hogy vízhatlanok legyenek. Ezután a kazettás gát belső részéből kiszivattyúzták a vizet, és betonnal töltötték fel, hogy kialakítsák a pillért. Egy boltívre nem csak lefelé ható tolóerő hatott, hanem kifelé ható is, ezért

hajlamos szétterülni vagy eltolódni. Azért, hogy egyben tudjanak tartani egy ilyen boltívet a rómaiak rákényszerültek, hogy nehéz támfalakat, vagy támpilléreket használjanak. Ezen túl a rómaiak puccolánt használtak, ami vörös vulkáni kőből álló beton, amelyet kemencében mészkővel keverték össze. Ez a beton gyorsan megköt, még akár víz alatt is. A boltívek készítéséhez a római mérnökök fából vagy téglából központosító szerkezetet készítettek, hogy a boltív szakaszait a helyükön tartsák, amíg a teljes szerkezet el nem készül. [2]

Tehát a már az ókorban is használt kő ívhidakat a rómaiak továbbfejlesztették. Több ebben a korban épült híd még mai napig is áll. Néhány a legnagyobb római hidak közül vízvezetékek voltak. Ezek nem embereket segítettek át folyók, vagy szakadékok felett, hanem a vízellátást biztosították. A leghíresebb létező római vízvezeték a Pont du Gard, Franciaország déli részén, közel a Nimeshez melyet Franciaország Rómájának is szoktak nevezni. A híd neve a Gard folyó hídját jelenti, ugyanis a mára már Gardon folyóra átnevezett Gard folyó fölött húzódik. A híd egy három szintű híd, mely közel 275 méter hosszú, és közel 50 méter magasságban húzódik a folyó felett. Az alsó szinten hat nagy ív található, a középsőn tizenegy, és végül a legfelső szinten, ahol a vízvezeték húzódik 35 kisebb ív található. Egy másik ismertebb híd a spanyolországi Segovia vízvezeték, mely egy két szintes híd. A híd alkotóeleme vágott kő, amit habarcs nélkül raktak össze. Az építmény teljes hossza közel 825 méter. [2]



3.3. ábra: Pont du Gard, Franciaország [Forrás: <https://structurae.net/en/structures/pont-du-gard/>]

Kétezer évvel ezelőtt a rómaiak a Tiberis folyón át is építettek nyolc kőhidat, amelyekből hat még a mai napig is áll. Ezek közül talán a legismertebb a Ponte Sant'Angelo, mely közel hét méter széles, és 135 méter hosszú. A híd hét támaszközzel rendelkezik.

Bár csak a kőhidak éltek túl az idő vasfogát, de a rómaiak építettek néhány kiemelkedő fahidat is. Az egyik legismertebb fahíd a Traianus hídja, amely 38 méter hosszán ívelt át a Dunán.

Visszatekintve közel kétezer évvel korábbra mai modern tudásunkkal a hídépítésről, meglepő megjegyezni, hogy kevés dolgot lehetett csak kritizálni az ősi római építésszek munkájában. A rómaiak kizárólag félköríves boltíveket építettek. A római mérnökök annak ellenére, hogy jártasok voltak a kazetták használatában, és ezzel a víz alatt is képesek voltak a hídpillérek betonozására, nem tudták teljesen elsajátítani a folyó fenéki építkezést. Azonban a rómaiak monumentális erősségű, és feltűnő szépségű hidakat építettek, melyek egy része bizonyítva a zsenialitásukat, még mind a mai napig áll. A mérnöki diadalaik sokáig túlszárnyalták a saját birodalmukat. [2]

3.2.3 Korai kínai és japán hidak

Kínában hosszú tradíciója van a hídépítésnek. A kínaiak által épített korai hidak készültek fából és kötélből is. Az egyik legrégebben épült hídja Kínának az An-Chi híd, amely a Xian folyó felett ível át. Ez a híd a mai napig használatban van. A híd körülbelül 10 évig épült, és időszámításunk után 605-ben készült el egy Li Chun nevű ember tervei alapján. Teljes hossza 50.82 méter, szélessége pedig 9.6 méter. Egy másik a kínaiak által épített híd az An-Lan, amely egy kötél függő híd volt. Körülbelül időszámításunk után 900-ban épült. A függőhíd a Minjiang folyón át húzódik a teljes 320 méter hosszával. A hídnak nyolc támaszköze van, melyek közül a leghosszabb 61 méter. Ahogy az An-chi híd, az An-Lan is mai napig használatban van. Egy másik már később épített, de ugyancsak a mai napig is használatban lévő híd a Kintai fa ívhíd Japánban, amely 1673-ban épült. Maga a híd öt támaszközzel rendelkezik, és a teljes hossza 193.3 méter. Ez a 3 korai kínai híd remekül bemutatja, hogy milyen lenyűgöző hidakat tudtak építeni akkoriban a kínaiak, és a japánok.



3.4. ábra: An-Chi híd, Zhao County, Kína [Forrás: <https://structurae.net/en/structures/ANJI-bridge>]

3.2.4 A középkori hídépítés

A Római Birodalom bukásával, a hídépítés fejlődése megállt. A legtöbb középkori híd a papok által, vagy az ő fennhatóságuk és irányításuk alatt épült. Ezek után a papokat követték a királyok a híd fejlesztésekben és építésekben. Elkezdtek fizetős hidakat építeni. Így váltak a hidak egyszerre üzletté és hatalommá is.

Anglia egyik leghíresebb hídja a London Bridge. A XII. században II. Henrik utasítására Peter de Colechurch elkezdett dolgozni a régi London Bridge-en. Az építkezés 33 éven keresztül folyt. Ez a híd a római hidak mintájára épült. Szinte semmi alapvető dologban nem tért el egy átlagos római hídtól. Kőpillérek által alátámasztott egyenlőtlen támaszközü ívekkel épült. Azonban gótikus ívet használtak a római félkörív helyett, ugyanis a gótikus ív építés közben kisebb terhelést jelentett a fa központosításra, és ezáltal könnyebb volt megépíteni. Az ívek támaszköze körülbelül 4.5, és 10.4 méter közötti szélességgel rendelkezhetett, míg a pillérek szélessége pedig körülbelül 5.5, és 7.9 méter között lehetett. A híd 19 kicsi, és méretében különböző boltíven nyugodott. Annak érdekében, hogy a hídon történő költséges karbantartásokat fizetni tudják, a híd hatóságok úgy döntöttek, hogy házakat és boltokat építenek az úttest mentén végig a hídon. Az ezekből befolyó adókból tudták finanszírozni a híd karbantartását. A régi London Bridge 600 évig állt. 1831-ben amikor befejezték az új London Bridge-et a régi Peter de Colechurch által épített híd utolsó darabjait is eltüntették a folyóról. [2]

A XII. században építették meg Dél-Franciaországban a Rhone folyón átívelő Pont d'Avignont. Az építés Szent Benezet nevéhez fűződik. Az ő irányítása alatt épült meg a híd, bár ő már nem láthatta az elkészült hidat. Ez volt az egyik első híd, amelyet a Fratres Pontifices testvériség, vagyis a hídépítők rendje épített. A híd építése 1177-től 1185-ig tartott. Eredetileg 22 ívet tartalmazott. A leghosszabb ív 33.5 méter hosszú volt, híd teljes hossza pedig körülbelül 900 méter. A híd útpályája igen különös alakzat volt. A mai mérnököket talán elbizonytalanította volna. A legszélesebb pontján 4.8 méter széles volt. Az avignoni oldalon mindössze 2 méter szélesre lett építve. Ezen a ponton Szent Benezet épített is egy kápolnát. A híd annak érdekében, hogy jobban ellenálljon az áramlás erejének az árral szemben lett hajlítva. A híd karcsú elliptikus ívekkel rendelkezett. A pilléreknek háromszög, vagy úgymond vízvágó alakja volt. Manapság ezt az elvet hívjuk áramvonalasításnak. A híd az idők során az átépítések dacára részben elpusztult. Mindössze négy ív maradt meg a mai napig. [2]

A XIV. században épült az Öreg Híd, azaz a Ponte Vecchio híd. Olaszországban, Firenze városában épült meg. Ez a híd is egy remek példa azokra az öreg kőhidaknak, amelyek még mind a mai napig állnak. Funkcióját tekintve közúti híd és lakóhíd volt egyben. Lapos tagolt boltívekkel rendelkezik. Az Arno folyó felett ível át. A híd szimmetrikus, ez azt jelenti, hogy egy középső fő hídníylásból, és kettő oldal hídníylásból áll. A fő hídníylás 30 méter széles, az oldalsó hídníylások pedig 27 méter szélesek. Az utak felett egy kétszintes árkád húzódott. A felső karzat két híres palotát kötött össze: a Pitti-palotát, és az Uffizin keresztül a Vecchio palotát. Az alsó karzatot pedig kétsoros ékszerüzlet szegélyezte. Arról, hogy a Ponte Vecchio-t Taddeo Gaddi, vagy Neri di Fioravanti építette mai napig viták vannak. A hidat 1345-ben fejezték be, a fölötte húzódó Vasari-folyosót pedig 1563-ben I. Cosimo építtette meg Giorgio Vasarival. [2]

1578-ban kezdték el a munkálatokat a Pont Neuf hídon az Île de la Cité azaz a Cité-sziget alsó szakasza, és a Szajna mind a két partja között. A híd megépítését III. Henrik 1577-ben már elrendelte abból a célból, hogy a Cité-sziget és a parti városrészek közötti közlekedést ellássa, de vallási háborúk miatt már csak IV. Henrik uralkodása alatt épülhetett meg. A Pont Neuf Párizs legöregebb fennmaradt hídja. Mai napig is használatban van közúti hídként. A híd két irányba nyúlik el. A jobb parton hosszabb, hét ívből álló rész, és a bal parton rövidebb öt ívből álló rész található. A Pont Neuf teljes hossza 238 méter, szélessége pedig 22 méter. A híd végül 1607-ben nyílt meg. [2]

Talán az egyik legismertebb európai híd a XVI. században épült velencei Rialto híd a Canal Grande felett. Mai napig áll, és gyaloghídként funkcionál. A Rialto hidat 1588-ban kezdték el építeni Andrea da Ponte tervezete alapján. Végül 1592-ben készült el. A híd hosszúsága 48 méter, és egyetlen nagy nyitott hídnívója 28 méter széles, magassága 7.32 méter. Az úttest két oldalán üzletek találhatóak, közöttük pedig egy átjáróval rendelkezik a híd. A külső járdák kiálló konzolokon fekszenek. Az építés azonban nem ment túl egyszerűen, ugyanis az építő azzal a problémával szembesült, hogy a nehéz hidat egy elég puha talajra kell felépítenie. Ezt végül úgy oldották meg hogy a csatorna mindkét oldalára 6000 cölöpöt vertek le a talajba. Annyira szoros csoportba hajtották őket, hogy gyakorlatilag összeértek, és ezért szinte tömör faalapot alkottak. Ezek után a cölöpöket vízszintesre vágták, és lefedték három réteg vasbílincsekkel rögzített faanyaggal. Ezután erre a rétegre kő rétegeket helyeztek, majd a hidat magát. Emiatt a Rialto híd kiemelkedő mérnöki teljesítménynek tekinthető. Ugyanakkor azt is meg kell említeni, hogy a híd művészi diadalnak is tekinthető, ugyanis ez az egyik legszebb híd a világon. [2]



3.5. ábra: Ponte Vecchio, Firenze, Olaszország [Forrás: <https://structurae.net/en/structures/ponte-vecchio>]



3.6. ábra: Rialto Bridge, Velence, Olaszország [Forrás: <https://structurae.net/en/structures/rialto-bridge/>]

3.2.5 A felvilágosodás, és ipari forradalom kora béli hídépítés

A XVIII. századig a hídépítés a nemzedékek tapasztalatain alapuló szakma volt. Ezen nemzedékek megértették a természet erőit, és ez alapján empirikus konstrukciós szabályokat dolgoztak ki, amelyekre támaszkodhattak. Ebben a korszakban megjelentek új anyagok, szerkezetek és technológiák.

Charles Labeleyle 1734-ben a Westminster hídhoz Londonban hidrológiai számításokat végzett, ezek után a hídpillér alapozásánál egy új technikát dolgozott ki. Ennek a technikának az volt a lényege, hogy egy újra felhasználható építési szekrényt hoztak létre a vízben. Ezt a szekrényt keszonnak hívták. A híd megépítése kissé viszontagságos volt. 1736-ban Labeleyle benyújtotta kőtervét a hídról, ezután 1738-ban felkérték, hogy folytassa az alapok építését. 1740-ben megkezdődött a munka Labeleyle kőterve alapján. 1747-re elkészültek az ívek, de az egyik pillér megsüllyedt, és ennek következtében a két szomszédos ív összeomlott. Végül 1750 november 18-án hivatalosan átadták.

Jean-Rodolphe Perronet az École des Ponts et Chaussées vagyis a Hidak és Utak nemzeti iskolájának alapítója. Ez volt a világon az első műszaki egyetem. Jean-Rodolphe Perronet az általa épített hidakon kísérletezett minél laposabb ívekkel, és egyre karcsúbb pillérekkel. Az egyik általa épített híd a Szajrán átívelő Pont de Neuilly volt, melyet 1774-ben adtak át. Ez a híd 5 támaszközzel rendelkezett, melyek egyenként 39 méter hosszúak voltak. Egy másik hídja az Oise folyón átívelő Pont-Sainte-Maxence híd volt, melyet 1771-ben kezdtek el építeni, és 1786-ban fejezték be. Ez a híd 3 támaszközzel

rendelkezett. Sajnálatosan ezt a két hidat azóta lebontották. A harmadik hídja az ugyan-csak a Szajrán átívelő Pont de La Cocorde azonban a mai napig használatban van. 1787-ben kezdték meg az építését, és 1791-ben fejezték be. A híd 5 támaszközzel rendelkezik. A középső leghosszabb 31 méter, a kettő kisebb 28 méter, és a legkisebb két szélső pedig 25 méter hosszú. A híd teljes hossza 253 méter. Később 1930 és 1932 között vasbeton ikerhidakkal erősítették meg, és szélesítették ki ezt a hidat.

Thomas Pritchard is kísérletezett új anyagokkal és új szerkezetekkel. Több hidat is tervezett, köztük ívhidakat melyek rácsos faszerkezetből álltak. Tervezett még vasállványon álló kőboltozatot, és egy ívhidat, amely téglahídfők között öntöttvasból állt. Ezt az utóbbi tervét módosítások után meg is valósították. Ez lett a világ legelső öntöttvas hídja, az Iron Bridge. Ez a híd a Severn folyó felett húzódik. Funkcióját tekintve közúti híd. 1777 novemberében kezdték el építeni, és 1779 júliusában fejezték be. A híd össztömege végül 378.5 tonna lett. Méreteit tekintve a fő támaszköz 30.5 méter, míg az egész híd 60 méter hosszú lett. Az Iron Bridge mai napig használatban van.

Az 1780-as években Thomas Paine ötlete az volt, hogy a sűrű mederpillérek helyett nagyobb vasszerkezetű hídnívásokat használjanak. Rowland Burdon megépítette a Sunderland-i Wearmouth hidat Thomas Pain mintahídja alapján. A hidat 1795-ben kezdték el építeni, és 1796-ban fejezték be. A támaszközök kétszer nagyobbak az Iron Bridge támaszközeinél. Ehhez az öntöttvas hídhöz csupán 260 tonna vasat használtak fel. Méreteit tekintve a legnagyobb támaszköz 72 méter hosszú, a híd szélessége pedig 9.75 méter. Az építésben is volt egy kis újdonság, hiszen miután a 6 ív elkészült összesen 10 nap alatt összeszerelték.

A XIX. században James Finley munkásságától számítjuk a modern függőhidak fénykorát. 1801-ben fejeződött be első hídjának a Jacob's Creek lánchídnak az építése. Szabadalmaztatta ezt a hídszerkezetet, és ezek után még több hasonló függő hidat építettek. Ezeknek a hidaknak még nem volt tökéletes a szerkezeti rendszere, de ezután indultak hódító útjukra a függőhíd szerkezetek. 1825-ben Thomas Telford megépítette a függőhíd nagyapját az angliai Menai Straits hidat. Ez a híd Terford zsenialitása miatt 60 évvel megelőzte a korát. A híd mai napig használatban van. Teljes hossza 521 méter, és a torony magassága 46.6 méter magas. A láncok rögzítéséhez a partokon alagutakat fúrtak a sziklába.

A George Washington függőhíd koncepciója Othmar Ammanntól származik. 1927-ben kezdődött el az építkezés, és 1931-ben adták át a hidat. Ez a nagy New York-i híd toronytól-toronyig 1067 méter hosszúságú főtámaszközzel, 186 méter hosszú végtámaszokkal rendelkezik, a híd teljes hossza pedig 1450 méter. A befejezett szerkezet, a később hozzáadott alsó fedélzettel együtt, 65 méter magassággal rendelkezik a folyó közepe felett. A híd súlyát négy 91 cm vastag kábel tartja, amelyek a víz fölé 183 méter magasan emelkedő óriási tornyokon futnak át. A tornyok acélszerkezetét eredetileg csak megerősítő vázként tervezték, amelyet betonnal és gránittal fedtek volna le, de ahogy az acélváz felfelé emelkedett, az acélszerkezet természetes, funkcionális szépsége mindenkit lenyűgözött, és az acélváz fedetlen maradt.

1937-ben épült meg a híres Golden Gate híd. A híd 1280.2 méter hosszú főtámaszközzel és két végtámasszal rendelkezik, amelyek egyenként 343 méter hosszúak. A függőszerkezet teljes hossza 2737.1 méter. Tornyai 227.4 méter magasak, és 30 méter mélyen a víz alá süllyesztett pillérekre nyugszanak. A földrengés okozta károk elkerülése érdekében a híd alapját 7.5 méter mélyen a sziklába süllyesztették. A híd pályaszintjének teljes szélessége 27 méter. A két torony között két kábel tartja a szerkezetet. A San Francisco-i pillér volt az első hídpillér, amelyet valaha mély nyílt vízben építettek, és maga a híd az egyetlen olyan építmény, amely valaha egy fontos óceáni kikötő külső torkolatát keresztezte.

Steinmann tervei alapján 1957-ben épült meg a Mackinac Straits függőhíd. A híd 1158 méteres középső támaszközzel rendelkezik, és teljes hossza pedig 8038 méter. A tornyok magassága 168 méter. A tervező a hidat 11.6 méter magas tartógerendákkal támasztotta alá a tengerszoros szele ellen. Ezen tartógerendák elhelyezésének bizonyos újszerű jellemzői további védelmet kívántak nyújtani a széllel szemben. A jégáramlás veszélye ellen a tervező a pillérekhez mamut alapot helyezett el.

1964-ben adták át a legnagyobb Észak-Amerikában épült Verrazzano-Narrows függőhidat. A híd a New York-i kikötő bejárata fölött ível át. A fő támaszköze 1298.45 méter hosszú. A Verrazano Narrows híd fő támaszköze olyan hosszú, hogy a tornyok tervezésénél figyelembe kellett venni a Föld felszínének görbületét. A 4 kábel, amely tartja a hidat összességében többbe került, mint az egész Golden Gate híd. A híd két szintes, és 12 forgalmi sávot tartalmaz.

1972-ben kezdtek el dolgozni az angliai Severb folyó felett átívelő Humber függőhídon. A hidat végül 1981-ben adták át. Ez volt a világ leghosszabb függőhídja egészen 1998-ig. A Humber függőhíd sokkal vékonyabb, mint a Verrazzano-Narrows. Míg az utóbbinak 12 forgalmi sávja van, az előbbi mindössze 4 forgalmi sávval rendelkezik. A híd fő támaszköze 1410 méter, teljes hossza pedig 2220 méter. A tornyok 155.50 méter magasak. A szerkezetet két 37 szálból, és szálanként 404 huzalból álló kábel tartja.



3.7. ábra: Golden Gate híd [Forrás: <https://structurae.net/en/structures/golden-gate-bridge>]

3.3 Hídépítés Magyarországon

A régebbi időkből két nagy állandó Duna-híd létezéséről van biztos tudomásunk: az egyiket a rómaiak építették Orsova alatt az Al-Dunán, a másik Regensburgban épült a XII. században. Bizonyos nyomok arra utalnak, hogy létezett a II-III. században egy harmadik – a rómaiak által Aquincumnál épített – Duna-híd is, erre vonatkozólag azonban biztos forrásból származó adatunk nincsen. [3]

105-ben Traianus római császár építtette a Traján hidat az al-Dunán. Ezt a hidat katonai, és politikai okokból építtette egy Apollodorus Damascenus nevű római építész. A források nem teljesen egyértelműek, ezért egyesek azt állítják, hogy 20, mások pedig azt állítják, hogy 23 faboltozatból állt. A Traján híd hosszát 810 méter körülre teszik.

A Duna magyar szakaszán a legfontosabb átkelési pont–már a XIV-XV. században is–Buda volt, s ezért itt találkoztunk, a XVI-XVII. századból származó leírásokban és képeken, az első hajóhíddal is. A török hódoltság idején már többé-kevésbé rendszeresen építik fel időről-időre a dereglyéken nyugvó hajóhidakat, azonban minden esetben más és más helyen, illetőleg változó szerkezeti összeállítással. [3]

Hazánkban az állami és a törvényhatósági utakon a második világháború előtt 8373 db 2,0 m-nél nagyobb közúti hidat tartottak nyilván. Ezek teljes hossza 67136 m volt. A felrobbantott hidak száma látszólag nem magas, 1424 db, 17%, de hosszban már 41%. Ezen belül 50,0 m-nél nagyobb műtárgyak 90%-ban, a Duna- és Tisza-hidak pedig 100%-ban pusztultak el. [4]

A Hídegysület 1832-ben történt megalapítása a közvetlen bevezetője annak a korszaknak, amely alatt Buda és Pest között öt közúti és két vasúti Duna-híd épült. Az építkezések sorát gróf Széchenyi István Lánchídjának megvalósítása nyitotta meg. [4]

A Széchenyi Lánchíd volt az első permanens híd, mely összekötötte Budát Pesttel. 1840-ben kezdődtek el az építkezések. Maga az építés nem volt zökkenőmentes, mert például az utolsó 12 láncszakasz beemelésekor a csigasor láncának elpattant az egyik szeme. 800 tonnányi súly zuhant vissza az úszó munkahídra, amely darabokra tört. Ugyanakkor az 1848-49-es szabadságharc alatt is megrongálódott. Miután a harcoknak vége volt, végre be tudták fejezni, és 1849. november 20-án át tudták adni a hidat. A Lánchíd legnagyobb támaszköze 203 méter hosszú, 14.8 méter széles, és 3 nyílással rendelkezik. A híd teljes hossza 380 méter. 1945. január 18-án felrobbantották. Ezután a kormányzat azt a határozatot hozta, hogy a Szabadság, és a Margit híd után kezdjék el az újjáépítését. 1947 őszén kezdték el a renoválást. Végül 1949. november 20-án adták át.

1872-ben elkezdődött a Margit híd építése, és 1876. április 30-án adták át a forgalomnak. A főtámaszköz 87.88 méter hosszú, és a híd teljes hossza 607,6 méter. A Margit hidat 1944. november 4-én felrobbantották, bár idő előtt és ezért 50 ember életét veszítette a robbantásban, és 70 ember pedig megsebesült. A híd maradékát 1945. január 18-án dinamittal felrobbantották. Ezután elkezdték a híd újjáépítését. 1947. november 17-én adták át a forgalomnak a déli félhidat. A teljes hidat 1948. augusztus 1-én adták át.

Szabadság híd, korábban Ferenc József híd 1894-ben kezdték el építeni. A hidat 3 támaszközzel tervezték, melyek közül a középső 175 méter, míg a szélsők 78,1 méter szélesek. A műtárgy teljes hossza 333 méter. Ez volt az első nagyobb híd

Magyarországon, amely folytacélból épült. 1896. október 4-én adták át a forgalomnak. 1945. január 16-án elpusztították a német katonák. Ez volt az első híd, amelyet újjáépítettek a második világháború után. A munkálatokat 1946-ban fejezték be, és augusztus 20-án át is adták.

1827-ben kezdték meg a hortobágyi Kilenclyukú híd építését, és 1833-ban adták át. A kőhíd 9 félköríves ívvel rendelkezik. Teljes hossza 167.3 méter. A Kilenclyukú híd megúsza a második világháborút, és az évszázadok alatt nem történt jelentősebb károsodás.



3.8. ábra: Széchenyi Lánchíd [Forrás: <https://structurae.net/en/structures/szechenyi-chain-bridge>]

4. HIDAK TERVEZÉSE

Az utak, és a hidak tervezésében, kivitelezésében, és üzemeltetésében a jelenleg érvényben lévő útügyi műszaki előírásokat kell figyelembe venni. Ezen előírások határozzák meg hogy a tervezés során milyen adatokat kell figyelembe venni a műtárgy megtervezése során, hogy milyen terveket kell elkészíteni. Tartalmaznak előírásokat a hidak általános elrendezéseiről, fő méreteiről, és a tervezés általános szabályairól is.

4.1 Hidak tervezéséhez szükséges adatok

Amikor elkezdünk tervezni egy hídszerkezetet az első tennivalónk beszerezni a szükséges adatokat. Alapfeltétel, hogy a felhasznált adatoknak kellően részletesnek, pontosnak, és megbízhatónak kell lennie. A legfontosabb adatok a következők: [1]

- Az átvezető út, vasút vagy más forgalmi vonal helyszínrajzi, magassági adatai, és a tervezés alapjául szolgáló keresztmetszeti méretei;
- Az áthidalt akadály mely lehet vízfolyás, útvonal, vasútvonal stb. vízszintes, magassági, illetve keresztmetszeti adatai. Ezeken túl a terep adatai. Abban az esetben, ha a műtárgy tervezett helyén meglévő létesítmény található, akkor azok terveire, vagy tervek hiányában részletes felmérési rajzokra van szükség;
- Fontos tervezési adat az adott híd terhelési osztálya is;
- Abban az esetben, ha a híd vízfolyás fölé fog épülni, akkor kellenek a vízfolyás adatai, amelyek például a mértékadó vízszintek, vízhozam, vízsebesség, megengedhető vízsebesség növekedés stb. Ezeket az adatokat az illetékes vízügyi hatóságoktól kell beszerezni. Ha a jövőben várható lesz esetleges mederrendezés, szabályozás akkor annak az adatait is kellenek;
- Fontos, hogy ismerjük a tervezés területén a talajt, illetve a talajviszonyokat. Ezekhez az adatokhoz a talajfeltárást az MSZ 4488, illetve MSZ 15001-ben foglaltak és a közúti, illetve vasúti hídszabályzat vonatkozó előírásai szerint kell végezni a műtárgy jellegétől és támaszközétől függő részletességgel;

- Végül be kell szerezni az esetleges lejáró lépcsőre, hídvilágításra, az átvezetett közművekre és minden egyéb, a híddal kapcsolatos létesítményre vonatkozó adatokat. [1]

4.2 Hidak tervezésének általános elvei

„A hidak helyének, anyagának, a hídszerkezet típusának és egyéb jellemzőinek megválasztása – vagyis a hídszerkezetek tervezése – során számos körülmény együttes vizsgálatára van szükség. A hidak tervezésének előkészítésénél és a tulajdonképpeni tervezési munkánál elsősorban a forgalmi, a műszaki és a gazdaságossági követelményekre kell tekintettel lenni, de nem szabad figyelmen kívül hagyni az esztétikai szempontokat sem.” [1]

4.2.1 Forgalmi követelmények

Hidak tervezése során a legfontosabb a hídon, illetve a híd alatt átvezetett forgalom kielégítése. [1]

A forgalmi követelmények során figyelembe kell venni:

- A forgalmi adatok jelenlegi állapotát, és a várható fejlődését;
- A hídpálya szélességét a hozzá kapcsolódó út, illetve vasútpálya szélessége által;
- Alkalmazkodjon a hídpálya vonalvezetése az út, illetve vasút vonalvezetéséhez;
- Hídfeljárók megfelelő kiképzését;
- A hídon, és a híd alatt nyitva tartandó tér nagyságát. [1]

4.2.2 Műszaki követelmények

A legfontosabb általános műszaki követelmény az, hogy a műtárgy az élettartama alatt fellépő terhelő erőket és mozgásokat a megfelelő biztonsággal tudja viselni. Ezeknek a követelményeknek igazolni kell a teljesítését. Az igazolás során figyelembe kell venni az előre látható terhelő erőket és mozgásokat, és a tervezett szerkezet teherbíró képességét. [1]

Ezeknek a műszaki követelményeknek kell megfelelnie a hídnak:

- Kellő teherbírással rendelkezzen;
- Állékony legyen;

- Merev legyen;
- Vasbeton szerkezeteknél repedési határállapoton belül legyen;
- Szerkezet anyagának romlása, tönkremenetele ellen védettnek kell lennie. [1]

4.2.3 Gazdaságossági követelmények

Sok tényező befolyásolja a hídépítési feladatokat. Ezek a tényezők például a híd helye, rendeltetése, a talajviszonyok, a rendelkezésre álló építőanyagok, a szerkezeti magasság, az építési mód, az építés ideje stb. Ezen feladatoknak többféle megoldása is lehetséges. A tervező feladata e megoldások közül kiválasztani a leggazdaságosabbat. [1]

A gazdaságosság vizsgálatánál az alábbiakat kell figyelembe venni:

- a felhasznált anyagok,
- az alapozás módja,
- a felszerkezet típusa,
- az építés módja,
- az építés alatti forgalom,
- a fenntartási költség,
- a tipizálás lehetősége. [1]

4.2.4 Esztétikai szempontok

Ugyanolyan fontosak az esztétikai szempontok is, mert egy csúnyán megtervezett híd ronthat a városképen, vagy akár még a táj szépségén is. A tervező feladata az is, hogy a hidak jól nézzenek ki és beleilleszkedjenek a környezetbe, ahova tervezik őket. [1]

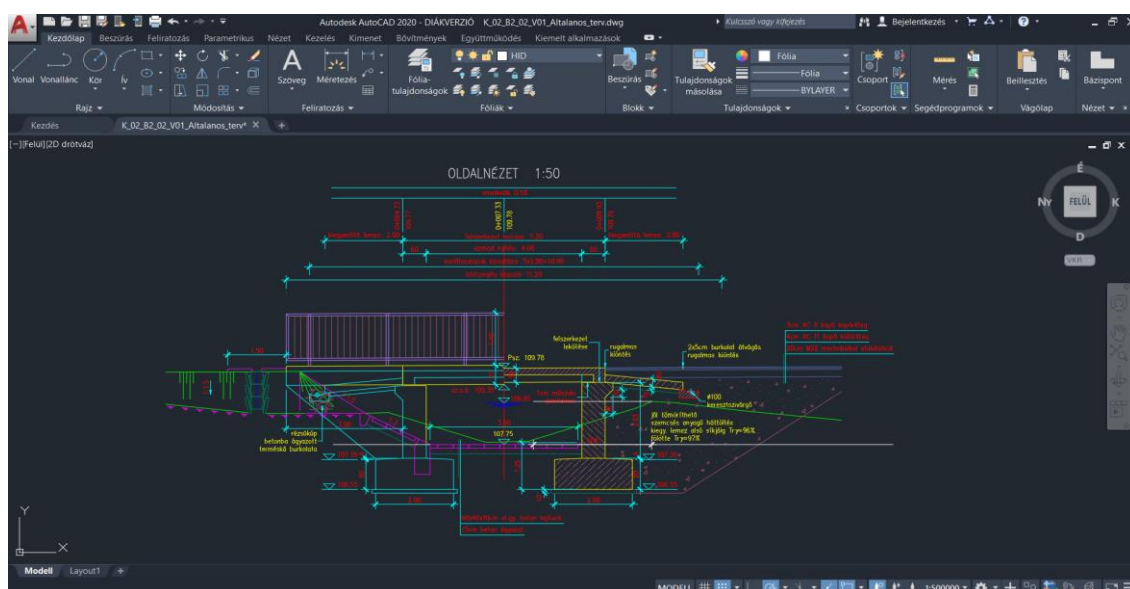
Nehéz megfogalmazni az esztétikus tervezés szabályait, de vannak olyan szempontok, amelyeket kötelezően figyelembe kell venni tervezés közben. Ezek a szempontok a következők:

- Ami statikai szempontból nem kedvező, nem felel meg legtöbbször esztétikai szempontból sem;
- A híd alkalmazkodjék a környezethez, illeszkedjék be a tájba;
- Beépített területeken, városokban, közösségben a híd épületek, partfalak s általában emberi alkotások közé kerül. A híd szerkezeti kialakításával, formáival alkalmazkodjék a környező létesítményekhez;

- Út és vasútvonalak un. külső, vagyis lakóterületen kívül eső szakaszain épített hidaknál a természetes környezethez kell alkalmazkodni;
- A környezethez való alkalmazkodás ne jelentse a környezet minden ok nélküli utánzását;
- Esztétikai szempontból döntő fontosságú a helyes arányok megválasztása. A támaszokzt lehetőleg úgy kell megválasztani, hogy a nyitva tartandó tér szélességének és magasságának viszonya feltűnően térjen el az 1:1 aránytól;
- Ha a nyílások, ill. szerkezeti elemek száma nem kötött, lehetőleg páratlan számú nyílást, ill. osztástávolságot kell választani;
- Ügyelni kell a híd szerkezeti elemeinek távolságára és arányaira is;
- Lényeges a nyílások és a pillérek szélessége közötti megfelelő arány is;
- Nagyon fontos a híd nyugodt vonalazása. A hídszerkezet alsó és felső élei folytonos vonalak legyenek;
- Minthogy a híd felszerkezete és alépítménye egyetlen összefüggő egység a kettő összhangját biztosítani kell;
- Tekintettel arra, hogy a hídfő, a pillér, ill. a főtartó rendeltetése nem azonos, nem kifogásolható, sőt előnyös, ha az alépítmény szerkezete más anyagból vagy más felületi kiképzéssel alakítják ki, mint a tartószerkezetet;
- Esztétikai szempontból igen fontos még a korlát, mert a híd képét döntően befolyásolja;
- Városi hidaknál fontos, hogy a híd esti megvilágításban is esztétikusan hasson. A világítótesteket tartó oszlopok kiosztását és elhelyezését ennek figyelembevételével kell megtervezni. [1]

A híd					
alépítménye		felszerkezete			
hídfő	pillér (inga)	áthidalószerkezet			hídpálya
szerkezeti gerenda szárnyfal térdfal felmenőfal alapozás töltéslezárás	szerkezeti gerenda felmenőfal vagy oszlop alapozás	saruk csuklók	pályaszerkezet pályatábla teknőlemez fapalló (fahíd)	főtartószerkezet főtartó főtartószélrács kereszt-kötés kapuzat	közúti burkolat vasúti felépítmény pályatartozékok (korlát, vízelvezetés, szigeteles stb.)

4.1. ábra: A hidak szerkezeti felépítése [forrás: Tassi G., Knebel J.: (1984a) Általános hidépítés. Vasbeton hidak]



4.2. ábra: Általános terv egy kerékpárforgalom kielégítésének céljából épülő hídról [forrás: saját kép]

5. A HÍDÉPÍTÉS GEODÉZIAI MUNKARÉSZEINEK ISMERTETÉSE

5.1 Tervezési időszak geodéziai munkái

A tervezés időszakában végzett geodéziai munkákkal a geodéták azon adatokat szolgáltatják a tervezők részére, amelyek szükségesek a tervezés megindításához majd a részletes tervezéshez. [5]

Ennek a munkának a kapcsán a következő feladatokat kell megoldani:

- adatgyűjtés,
- helyszíni mérések,
- geodéziai jellegű munkarészek elkészítése. [5]

5.1.1 Adatgyűjtés

Az adatgyűjtésnél össze kell gyűjteni a területen található állami földmérési alapadatokat. Ezek az alapadatok például az alappontok, és az alaptérképek. Ezen kívül össze kell gyűjteni azokat a tervezéshez nélkülözhetetlen alapadatokat, amelyeket különböző szervezetek tartanak nyilván. [5]

5.1.2 Helyszíni mérések

A helyszíni mérések során vízszintes és magassági értelmű részletes felméréseket végzünk. A méréseknek több célja lehet. A méréseknek fontos szerepe van abban, hogy az összegyűjtött alapadatok felhasználása során ellentmondásmentesen legyenek illeszthetők azokba a munkarészekbe, amelyeket a tervezés előkészítésének, majd a részletes tervezések időszakában készíteni kell. Az ellentmondásokat gyakran csak helyszíni mérésekkel lehet tisztázni. Van még egy fontos célja ezeknek a munkáknak. A különböző szervezeteknél nyilvántartott alapadatok nem mindig aktuális állapotot mutatnak. Például elmaradhat a földmérési térképeken a terepi állapot különböző okok miatt bekövetkezett változásainak átvezetése. Ezeket a változásokat is a helyszíni munkák során kell felderíteni, bemérni és az egyes munkarészekben átvezetni. Hidaknál hossz és keresztaszelvények felvétele a fontos ebben az időszakban. A vízfolyásoknál, vagy keresztező utaknál is ugyanúgy mérni kell kereszt, és hossz szelvényeket, illetve mederszelvényeket. Az

ezekhez a mérésekhez készített felmérési hálózat alkalmas lehet későbbiekben a kitűzési hálózat kialakítására. [5]

5.1.3 Geodéziai jellegű munkarészek elkészítése

A geodéziai jellegű (rajzi) munkarészek készítésének célja, hogy a földmérő a tervezéshez olyan anyagokat (térképeket, helyszínrajzokat, vázlatokat) szolgáltatson, amelyek:

- A beruházást és annak környezetét ábrázolják;
- A tervállapot nyilvántartását segítsék;
- A szakági tervek térbeli egyeztetését és ellenőrzését segítsék;
- A tervezők által összeállított munkarészek (pl. tervezési térkép) alapján a kitűzési feladatokat támogassák.

Az M1 Szabályzat alapján a következő munkarészek sorolhatók fel:

- Előzetes helyszínrajz,
- A helykijelölés munkarészei:
 - Átnézeti vázlat,
 - Elrendezési terv.
- Kisajátítási terv,
- Beruházási (alap)térkép,
- Tervezési térkép,
- A tervezési térkép másolatai. [5]

5.2 Kitűzési hálózat kialakítása

A kitűzési hálózat célja, hogy geodéziai alapot biztosítson a kivitelezés munkáihoz. A vonalas létesítmények poligonhálózatát amikor egy műtárgyhoz ér felváltja egy szabatos hálózat. Ilyenkor a vetületi redukció értékét át kell helyezni a kísérő poligonra. Ezek a hálózatok ezért nem rendelkeznek redukciókkal a hidak esetén. A hálózat pontjai magasabb rendű pontokból származnak, viszont vetületi korrekciót nem tartalmaznak. Lényegileg egy helyi hálózatot hozunk létre, amely EOVS, vagy EOVS jellegű koordinátákat tartalmaznak. A méréshez használt technológia a hosszúoldalú sokszögelés, és szintezés.

5.3 Építésirányítás

Miután a hálózat kiépítése és kiegyenlítése megtörtént, amennyiben szükséges sűríteni kell illesztve az adott munkafolyamatokhoz. Ezek után kitűzéseket kell végezni a cölöpözéshez, a földmunkához, a vasszereléshez, a felmenő szerkezetekhez betonozás előtt, végül pedig a fejgerendákhoz és a pályaszerkezetekhez. A végleges betonozás előtti kitűzéseket minden alkalommal ellenőrizni kell. Az ellenőrzés vagy egyidejű a kitűzéssel, vagy a betonozás előtt történik. Eltérések esetén a kitűzéseket javítani kell. A kivitelezés tűrése a létesítményeknél általánosságban ± 20 mm, de bizonyos szerkezeti elemeknél ez szigorúbb.

5.4 Ellenőrző mérések

Próbaterhelés: A megépült teherhordó szerkezet kísérleti vizsgálata, a meghatározott elrendezésű és értékű teher (próbateher) és a tervezés során figyelembe vett teher hatásainak (feszültségek, maradó és rugalmas alakváltozások stb.) összevetésével. [6]

Próbateher: A próbaterhelés során adott elrendezés és terhelési folyamat szerint a szerkezeten működtetett teher. [6]

A megvalósult hídszerkezeteken is kell ellenőrző méréseket végezni. Többféle mérést kell végezni ilyenkor. Ilyenek például a vasszerelés, a betontakarás, a megépült felmenő szerkezetek ellenőrzése. A műszaki átadás előfeltétele, hogy el legyenek végezve a próbaterhelések. Ilyenkor klasszikusan előre telepített, általában szabatos szintezővel mért szintezési vonal a mérése a hídfőkönn elhelyezett fix pontok között. Ilyenkor több teherállásban történik a mérés. Ezeken a teherállásokon amennyire lehet igyekezni kell a statikai számítások szerinti ideális terhelés szerinti terhet alkalmazni, például tehergépkocsikat. Először nulla teher mellett végezzük a mérést, majd utána változtatjuk a teherállásokat, de több teherállás után újra üres hídon végzünk mérést, utána pedig megint terhelt hídon. A műtárgy nyúlását nyúlásmérő bélyegekkel lehet mérni.

6. GYAKORLATI MUNKÁK

6.1 Geodéziai alappont hálózat létesítése

Az M44-es gyorsforgalmi út Kecskemét-Szentkirály közötti szakaszának kivitelezése közben megvalósuló B.008 jelű műtárgy-kitűzési-felmérési alapponthálózatának létesítése, és a létesítéssel kapcsolatos mérések és számítások elvégzése volt a feladatunk. A méréseket Lipták Tamás földmérő mérnök segítségével végeztük el.

6.1.1 Az alappontok létesítése, jelölése, és védelme

A B.008-as jelű műtárgy környezetében geodéziai alapponthálózatot létesítettünk. Ehhez az útépitési munkálatokhoz alkalmazott geodéziai alappontok felhasználásával 4 alappontot létesítettünk a műtárgy körül. Úgy lett kiépítve az alapponthálózat, hogy az megfeleljen az elvárt pontossági követelményeknek, és a kivitelezés teljes időtartama alatt biztosítani lehessen ezen alappontok fennmaradását. Amennyire lehetséges a terepviszonyok figyelembevételével úgy helyeztük el őket, hogy egymással összeláthatóak legyenek. A pontok elhelyezése a munkaterületen belül, illetve a kisajátítási határon belül történt.

Az alappontok helyszíni betonozással lettek állandósítva. A talajban elő lett fúrva egy 200 cm átmérőjű lyuk melyet betonnal kiöntöttek, ugyanakkor a felszín felett 35 cm-en lett hagyva egy PVC sablon, amelyet ugyanúgy kiöntöttek betonnal. Ez arra szolgált, hogy a síkfelület biztosítható legyen az alappontokon. A terep feletti beton síkjába 10 mm átmérőjű domború fém pontjelet helyeztünk el. A pontjel biztosítja a mérés során a pontra állást, illetve a szabatos vízszintes és magassági pontmeghatározást. Mind a 4 alappont mellé két darab 2400x110x110 mm-es jelzőoszlop került. Ezeken a jelzőoszlopokon jeöltük festéssel az adott alappont pontszámát. Későbbiekben, ha munka előrehaladtával igény van rá, akkor az alapponthálózat a kívánt mértékben tovább sűríthető.



6.1., 6.2. ábra: Elhelyezett alappontok, a jobb oldalon fotogrammetriai mérésekhez alkalmazott pontjellel
[Forrás: saját kép]

Az általunk kiépített alappont hálózat pontjainak állapotát, és meglétét minden alkalommal ellenőrizni kell amikor a műtárggyal kapcsolatos méréseket végzünk. Abban az esetben, ha bármiféle probléma felmerülne, például megrongálódott a pont akkor annak tényét azonnal jeleznünk kell a fővállalkozó felé, és javaslatokat teszünk az esetlegesen szükséges beavatkozásokra. Ezen beavatkozások lehetnek a problémától függően például a pont környezetének rendezése, vagy a pont körülkerítése, és bevédése, elveszett pont helyreállítása.

Az alapponthálózat pontjainak a koordinátáit a kiépítéstől számítva fél évente ellenőrizni kell műszeres méréssel, és arról egy részletes dokumentációt kell készíteni a megrendelő részére, mely a helyszínrajzot is tartalmazza.

6.1.2 Méréshez felhasznált eszközök

- **Leica DNA03**

A Leica DNA03 digitális szintező felhasználási területe gyors magasság, magasságkülönbség mérések, és kitűzések mérése. Alkalmas I. és II. rendű szintezésre és akár precíziós mérésekre is. Pontossági adatai eltérnek attól függően, hogy milyen szintezőlécet, és milyen mérési módszert használunk. Elektronikus mérés, és invárbetétes szintezőléc esetén a magasságmérés pontossága 0,3 mm kilométerenként. Normál szintezőléccel,

és ugyancsak elektronikus mérés esetén a pontosság 1,0 mm kilométerenként. Optikai mérés esetén a magasságmérés pontossága 2,0 mm kilométerenként. A távolságmérések pontossága 1cm/20m (500ppm). Elektronikus mérésnél a távmérés hatótávolsága 1,8 m és 110 közé esik. A mérés ideje átlagosan 3 másodperc, de ez a szám a memória állapotától függően változik. Adattárolás szempontjából a belső memória 6000 mérést vagy 1650 műszerállást képes eltárolni. Az adatrögzítés egy 32 MB tárhelyű PCMCIA típusú kártyára történik. A műszer távcsöve 24-szeres nagyításra képes. A kezelőfelületen egy LCD kijelző, és 8 sorban 24 karakter helyezkedik el. A műszerhez tartozik két GEB111 típusú belső akkumulátor melyek teljes töltöttségen egyenként 12 órányi használatra képesek. A műszer tömegét tekintve a GEB111-es akkumulátort beleértve 2,8 kg. [7]



6.3. ábra: Leica DNA03 szintezőműszer [Forrás: Leica DNA03 felhasználói kézikönyv]

- **Trimble S3 2 DR**

A Trimble S3 2 DR egy robot mérőállomás. A műszer pontossági paraméterei szögmérés esetén 2'', szögleolvasás esetén pedig 1''. Dőlésszög kompenzáció típusa középre igazított két tengelyes, és pontossága 0.5'', a kompenzáció tartománya pedig $\pm 5'$. Távolságmérés pontossága prizmakövető módban 2''. Távolságmérés pontossága prizmára 2 mm + 2 ppm, prizmakövetés módban pedig 5 mm + 2 ppm. A távolságmérés időtartalma prizmára standard módszerrel 2 másodperc, prizmakövetés módban 0.4 másodperc. A mérési távolság prizma esetén 5000 m. A műszer forgási sebessége 86 fok

másodpercenként. A műszer 3.2 másodperc alatt forog át 1. távcsőállásból 2. távcsőállásba. A Trimble S3 2 DR távcsöve 30-szoros nagyításra képes, a távcső átmérője pedig 40 mm. A tápegység egy újratölthető lítium-ion belső akkumulátor, amelynek működési ideje teljesen feltöltve körülbelül 6 óra. A mérőállomás tömege akkumulátorral együtt 5.6 kg. A műszer kezelőfelülete egy 16 bites színes LCD kijelzőből, és egy 19 gombos alfanumerikus + 4 iránybillentyűs billentyűzetből áll. A mérőállomáshoz tartozik egy TSC2-es vezérlő melynek mérete 266 mm x 131 mm x 48 mm. A fogantyúnál 76 mm. A súlya akkumulátorral együtt 0.95 kg. A vezérlő ugyancsak egy lítium-ion akkumulátorral rendelkezik, amelynek működési ideje 30 óra. [8]



6.4. ábra: Trimble S3 2 DR mérőállomás [Forrás: <https://trimbles3totalstations.weebly.com/>]

- **Trimble R8s**

A Trimble R8s kiemelkedő jellemzői többek között az, hogy egy konfigurálható, valamennyi jövőbeli igényre szabható vevő. Elérhető utókiértékelésben, csak bázis, csak rover vagy bázis és rover kiépítésben. A Trimble 360 technológiának köszönhetően fejlett műholdjel követéssel rendelkezik. Trimble Maxwell 6-os chipet tartalmaz 440 csatornával. Egyszerű az integrációja a Trimble S sorozatú mérőállomásokkal, valamint a V10 képalkotó roverrel. A műszer egyidejűleg képes követni a GPS, GLONASS, SBAS, Galileo, és BeiDou műholdakat. Pontossági adatai eltérnek attól függően, hogy milyen

mérési módszert alkalmazunk. Kód differenciális GNSS pozicionálás esetén vízszintes pontosság $0.25\text{ m} + 1\text{ ppm RMS}$, a magassági pontosság pedig $0.50\text{ m} + 1\text{ ppm RMS}$. Az SBAS differenciális pozicionálási megbízhatóság tipikusan $<5\text{ m 3DRMS}$. Nagy-pontoságú statikus GNSS mérés esetén a vízszintes pontosság $3\text{ mm} + 0.1\text{ ppm RMS}$, a magassági pedig $3.5\text{ mm} + 0.4\text{ ppm RMS}$. Statikus és gyors statikus mérésnél a pontossági paraméterek vízszintesen $3\text{ mm} + 0.5\text{ ppm RMS}$, magassági szempontból pedig $5\text{ mm} + 0.5\text{ ppm RMS}$. Utókiértékelt kinematikus (PPK) GNSS mérésnél a vízszintes pontosság $8\text{ mm} + 1\text{ ppm RMS}$, a magassági pontosság $15\text{ mm} + 1\text{ ppm RMS}$. Valós idejű kinematikus (RTK) mérés esetén a vízszintes pontosság $8\text{ mm} + 1\text{ ppm RMS}$, a magassági pedig $15\text{ mm} + 1\text{ ppm RMS}$. Végül pedig hálózati RTK mérés esetén a vízszintes pontosság $8\text{ mm} + 0.5\text{ ppm RMS}$, a magassági pontosság pedig $15\text{ mm} + 0.5\text{ ppm RMS}$. A műszer inicializálási ideje átlagosan kevesebb mint 8 mp , de ezt befolyásolhatja az atmoszférikus állapot, többutas terjedés, kitakarás és a műhold geometria. Az inicializálási megbízhatóság tipikusan nagyobb mint 99.9% . A Trimble R8s rendelkezik egy újratölthető, cserélhető 7.4 V , 2.8 Ah Lítium-ion okos akkumulátorral. A műszer működési ideje belső akkumulátorral attól függ, hogy hogyan használjuk. Csak vevőként 450 MHz -en 5 óra a működési ideje. Vevőként, és adóként 450 MHz -en 2.5 óra az akkumulátor működési ideje, és végül GPRS vétel esetén 4 óra . A műszer adattárolási képessége belső memóriával 56 MB , amely körülbelül 960 óranyi nyers adat mérésére elegendő. Fizikai tulajdonságait tekintve a műszer mérete a csatlakozókat is beleértve $19\text{ cm} \times 10.4\text{ cm}$. Súlyát tekintve teleppel, belső rádióval és antennával együtt 1.52 kg . Ezekén túl, ha hozzáveszük a rudat, vezérlőt és belső rádiót akkor pedig 3.81 kg . [9]



6.5. ábra: Trimble R8s GNSS vevő [Forrás: <https://allterra-hungary.com/termek/trimble-r8s/>]

6.1.3 Alappont meghatározás

Az alappontok állandósítását követően a meghatározási tervnek megfelelően elvégeztük a szükséges méréseket. A hálózat meghatározásához az útépitési munkákhoz használt alappontok koordinátáit is felhasználtuk. Ezzel biztosítottuk az összhangot a két mérési, és meghatározási rendszer között. A helyszínen korábban állandósított 4 alappontot megkerestük, és megterveztük a mérést. A 4 alappont közül csak 3 volt teljesen összelátható 1 pedig a sűrű növényzet miatt beláthatatlan volt, ezért a későbbiekben 4 műszerállást kellett létesítenünk a vízszintes koordináta mérésnél. A magassági mérést Leica DNA03-mas felsőrendű digitális szintezővel végeztük el. Összeszinteztük az alappontokat oda-vissza méréssel. A szintezést a kezdőpontra visszazártuk, és összeszinteztük a pontokat másodszor is annak érdekében, hogy legyen ellenőrzésünk. Ezután Trimble S3-mas mérőállomással fölálltunk olyan helyen, ahol 3 alappont összelátható volt. Kijelöltünk két veszített pontot. Rámértünk a 3 látható alappontra, és a 2 veszített pontra két távcsőállásban. Ezután átálltunk egy másik helyre, ahol lehetett látni a 4. alappontot, amelyre eddig nem tudtunk rámérni. Rámértünk erre az utolsó alappontra, és a többi látható pontra. Miután végeztünk megismételtük a mérést két újabb műszerállásról. Befejeztük a méréseinket mérőállomással, és elkezdtünk Trimble R8s GPS-szel mérni 120 epochával. Alappont meghatározást végeztünk az összes állandósított alapponton, és a két veszített

ponton. Pontonként két mérést végeztünk 15 perces eltéréssel, és a mérések között újra inicializáltunk. A műszeres mérések során fölös méréseket végeztünk a nagyobb megbízhatóság érdekében. Miután befejeztük az összes helyszíni mérést már csak a feldolgozás maradt. A kiegyenlítést GNU-Gama program felhasználásával végeztük el. Ez a program számomra ismeretlen volt, de megfelelően el tudtuk végezni vele a hálózatkiegyenlítést. A kiegyenlítést annak érdekében végzünk, hogy egy homogénebb hálózatot kapjunk. A kiegyenlítés a legkisebb négyzetek elve alapján történik. Nevét arról kapta, hogy az eltérések négyzetösszegét igyekszik minimalizálni. Mivel a kiegyenlítés során ez a módszer a nagyobb eltéréseket is ráosztja mérésekre ezért egyenként ellenőrizni kell a műszerállásokat. Miután egyenként is ellenőrzéseket végeztünk a műszerállásokra kiderült, hogy nincsen nagyobb hiba, amely ronthat a hálózatkiegyenlítésen. A kiegyenlítés során újra meghatároztuk az útépítési munkák során elhelyezett alappontok koordinátáit is a fő alappontok koordinátái mellett. A műtárgyak kitűzési munkálataihoz, és az ellenőrző mérésekhez az így véglegesített, illetve számolt alappontokat kell felhasználni a későbbiekben.



6.6. ábra: Mérés Trimble S3 2 DR mérőállomással [Forrás: saját kép]

6.2 Építésirányítás

A kivitelezés a próbacölöp kitűzésével és elhelyezésével kezdődik. Amennyiben a talaj a próbaterhelés alatt megfelelőnek bizonyul abban az esetben elkezdik az alapozást. Mélyalapozás esetén a cölöpök helyét ki kell tűzni, majd ellenőrzés céljából vissza kell mérni őket mielőtt elhelyezik a cölöpöket. Ezeket a munkarészeket a B-008-as, és a B.406-os műtárgy építésének kapcsán végeztük el. A kivitelezés további munkarészeit vagyis a kitűzéseket egy kerékpárúthoz tervezett híd kapcsán végeztük. Átadás előtti ellenőrző méréseknél, például statikus, vagy dinamikus próbaterhelésnél nem tudtam részt venni.

6.2.1 Próbacölöpözés, és cölöpözés

A B.008-as műtárgy alapponthálózatának meghatározása közben volt szerencsém a próbacölöp elhelyezésének tanúja lenni. A cölöpök próbaterhelésének célja a cölöp terhelés-elmozdulás görbéjének meghatározása, és ebből a cölöp az előírások szerinti törőterhének, határteherbírásának, a tervezett igénybevétellel azonos nagyságú terhelés hatására várható elmozdulásának meghatározása. A próbaterhelést a végleges kivitelezés helyéhez minél közelebb, a végleges kivitelezés helyével azonos talajviszonyú helyen kell végrehajtani. A próbaterhelésnek alávetett cölöpnek mindenben (készítési módban, méretben, anyagban stb.) azonosnak kell lennie a végleges szerkezeti cölöppel, és vert cölöp esetén a cölöpverő berendezés típusa, ütésenkénti ütőmunkája, a működés módjának és elvének azonosnak kell lennie a szerkezeti cölöpök leverésénél használt cölöpverő berendezéssel. [10]

A próbaterhelést akkor szabad elkezdni, ha az előkészítés szakszerűen megtörtént és az összes szükséges felszerelés a célnak megfelelően használható állapotban van. A terhelőszerkezet összeállítása ellenőrizendő munkavédelmi szempontból is. Az ellenőrzést a próbaterhelést előkészítő vállalat felelős megbízottja végzi, és a próbaterhelés szakszerű előkészítését naplóbejegyzéssel igazolja. [10]

A próbacölöp helyét korábban pontosan kitűzték mérőállomással. Ezután elkezdtek a próbacölöp elhelyezését. A helyszínen a kitűzött helyre CFA technológiával helyezték el a próbacölöpöt. A munkagéppel terepszintről kezdték a fúrást. Maga a fúrás elég gyorsan végbe ment, de ekkor még nem húzták ki a fúrófejet, és a kifúrt talajt. Amint elérte az előírt fúrási mélységet a fúró megállt, és a hozzá csatlakoztatott betoncsőből az

üreges fúró végén a szükséges nyomással préselték ki a betont. Eközben a gép szépen lassan elkezdte kihúzni a fúrófejet a furatból, és közben folyamatosan töltötték bele a betont, amely kiszorította a meglazult talajt. Miután a fúrót teljesen kiemelték, és a szükséges magasságig feltöltötték betonnal beemelték az előre megtervezett betonacél armatúrát a friss betonba. Ha a megbízó külön kéri, akkor a próbacölöp mozgását szintezéssel ellenőrizni kell.



6.7. ábra: próbacölöp helyének fúrása, és elhelyezése [Forrás: saját kép]

A próbacölöpözés után pontosan kitűzik a cölöpök helyét a tervező által megadott helyre. Ezek után ahogy a próbacölöpöt korábban, ugyanúgy CFA technológiával helyezték el a cölöpöket az alapozáshoz. Ezek után a cölöpösszefogó szerkezeteket helyezték el a cölöpökre. Mélyalapozás esetén az alapozási célokat szolgáló cölöpök és az alapozandó felszerkezet között a szerkezeti kapcsolatot a fejgerenda, vagy a cölöpösszefogó tömb hivatott megteremteni. Fejgerenda akkor alkalmazandó, amikor a cölöpök egy sorban helyezkednek el. A cölöpösszefogó fejtömböt pedig akkor alkalmazzák amikor a cölöpök több sorban helyezkednek el. [11]

Egy másik az M44-es gyorsforgalmi út Kecskemét – Szentkirály közötti szakaszának vonalán épülő műtárgynál a B406-os jelűnél ellenőrző méréseket végeztünk a korábban kitűzött cölöpökre. Ezt az ellenőrzést még a cölöpök elhelyezése előtt tettük meg. Mérőállomással felálltunk és letájékoztunk az előzetesen állandósított pontokra, majd bemértük a kitűzött pontokat. Ezek után Excelben összehasonlítottuk a kitűzendő pontok koordinátáit és a kitűzött pontok koordinátáit.

6.2.2 Alépítmény kitűzése

A következőkben a 4623 jelű – 4622. jelű összekötő utak M44 autóút és 44. számú főút közötti szakasz fejlesztése során a Szentkirályt elkerülő szakasz kerékpárút megvalósításával kapcsolatos az Alpár-Nyárlőrinc-főcsatornán áthidaló műtárgy építésén át mutatom be a kivitelezés további geodéziai munkarészeit. Az áthidalt csatorna mederfenék szélessége 3,80 m, és a mederrézsű hajlása pedig 1:2. A tervezett híd és a csatorna keresztezési szöge 90°. A híd 4,00 m-es szabad nyílással fog rendelkezni, és egy darab 5,20 m-eres támaszközzel, a szélessége pedig 4,05 m lesz.

6.2.3 Méréshez felhasznált eszközök

- **Leica TCR405**

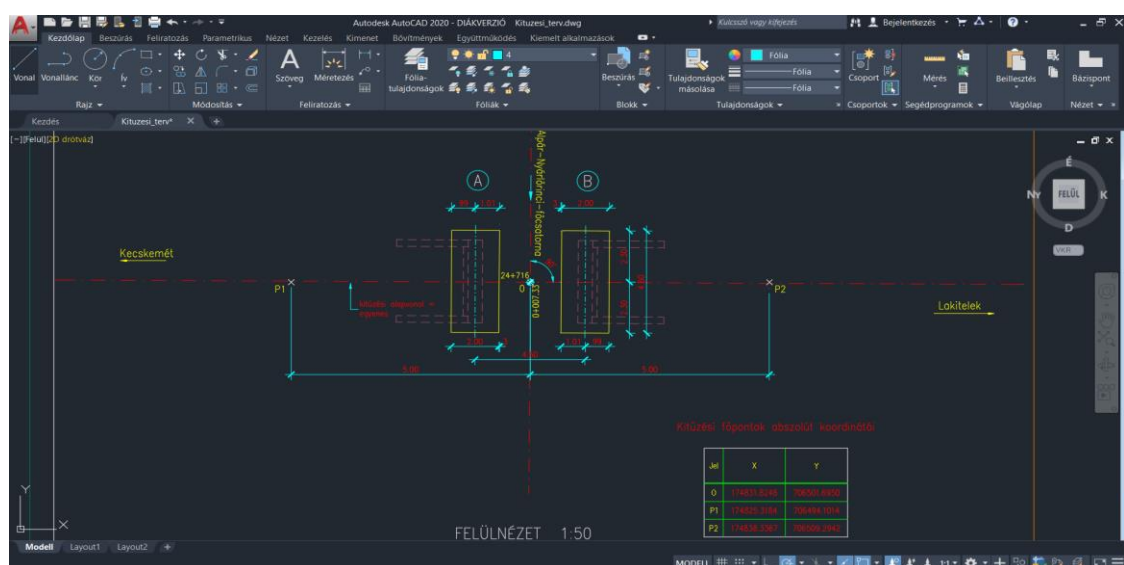
A leica TCR405 mérőállomással kétféle iránymérési módszert tudunk alkalmazni. Ez a két módszer az abszolút, és a folyamatos. Az iránymérés standard eltérése 5". A műszer elektronikus két tengelyes olajkompenzátorral rendelkezik, amelynek működési tartománya $\pm 4'$, pontossága pedig 1,5". A távolságmérés pontossága prizmára finom mérési módban 2 mm + 2 ppm, gyors, és prizmakövetés módban pedig 5mm + 2 ppm. A távmérés időtartama is más a mérési módtól függően. Finom mérés esetén általában 2,4 másodperc, gyors mérésnél 0,8 másodperc, és végül prizmakövetési módban kevesebb mint 0,15 másodperc. A mérési távolság prizmára 3500 m. A műszer távcsöve 30-szoros nagyításra képes. A mérőállomás tápegysége egy GEB111 akkumulátor, mely teljesen feltöltve hozzávetőlegesen 6 óráig használható. Belső memóriája körülbelül 12500 mért vagy 18000 fix pontot tud eltárolni. A műszer kezelőfelülete egy 280 x 160 pixeles LCD kijelzőből, és funkcióbillentyűkből áll + iránybillentyűk. Fizikai méretei a következők: magassága hordozó fogantyúval, és kényszerközpontosítóval együtt 360 mm $\pm$ 5

mm, szélessége 203 mm, és végül hosszúsága 151 mm. Tömege kényszerközpontosítóval 5,2 kg. [12]



6.8. ábra: Leica TCR 405 mérőállomás [Forrás: <https://www.precision-geosystems.com/product/leica-tcr-405-power-5-reflectorless-total-station/?v=f24485ae434a>]

6.2.4 Terepi kitűzés



6.9. ábra: Kitűzési terv [forrás: saját kép]

A hídhoz geotechnikai javaslat alapján síkalapozás lett tervezve. Az alaptestek keresztmetszeti mérete 0,80 m x 2,00 m, hosszuk pedig 4,60 m. Az alaptesteket vízelvezetési szempontok miatt 5%-os eséssel alakították ki. A felmenő szerkezetek kitűzéseit Leica TCR 405-ös mérőállomással végeztük el. Az irodában feltöltöttük a műszerre a kitűzendő pontok koordinátáit, így azokat a helyszínen a tájékozás után ki is tudtuk tűzni. A munkát a korábban elhelyezett alappontokra történő letájékozással kezdtük, majd elkezdtük kitűzni a műszerbe bevitt pontokat. Az előző napi esőzés miatt kicsit rosszabbak voltak a körülmények, mint számítottunk rá. A sár miatt nehezebben lehetett megjelölni a szerelőbetonon a kitűzött pontokat. Ezen az se segített, hogy a földmunkagépeknek köszönhetően az alaptestekre nagy mennyiségű sár került. Amennyire tudtuk letisztítottuk azokon a helyeken a betont, ahova kitűzést kellett végeznünk. Elvégeztük a kitűzéseket, és a kitűzött pontokat jól láthatóan megjelöltük. A kitűzött pontokat később ellenőrzés céljából visszamértük. Addig nem lehet elkezdni az építést amíg nincsenek leellenőrizve a kitűzött pontok. Az alaptestre 60 cm széles felmenő falak fognak épülni. Oldalirányban pedig a háttöltés megtámasztásának céljából 30 cm vastag párhuzamos, függő monolit vasbeton szárnyfalat építenek majd. A hídfők mögé 2,00 m hosszú, és 20 cm vastag vasbeton kiegyenlítő lemezek fognak épülni, amelyek a felszerkezet rövid konzoljára fognak fölkapaszkodni.



6.10. ábra: Alaptestek kitűzése [Forrás: saját kép]

Mivel ez egy kisebb híd ezért nem épülnek hozzá hídpillérek. Hiszen a mérete, és a kisebb terheltség miatt, amely abból fakad, hogy rendeltetése szerint kerékpár forgalomra lett tervezve, ezért a két hídfő elég a terhelés felvételére. Amennyiben szükséges lenne pillérek építése, abban az esetben ugyanúgy pontosan ki kell tűzni a helyüket. Utána pedig ellenőrző méréseket kell végezni a kitűzött pontokra.

6.2.5 Felszerkezet kitűzése

Annak érdekében, hogy a kivitelezés állványozásmentes legyen, és a hosszú távú fenntartási igény csökkentése miatt a felszerkezet előregyártott hídgerendákkal lett tervezve. A felszerkezet ezért 20 cm magas előregyártott előfeszített tartókból, és 18 cm vastag monolit vasbeton pályalemezből fog állni. A híd felszerkezetéhez 7 darab hídgerenda szükséges. Ezeknek a tartóknak a tengelytávolsága 0,5367 m lesz. A tartók a hídfő felmenő falára 30 cm-en támaszkodnak majd fel. A tartók, és a hídfők felmenő fala között 20 cm széles, és 1 cm vastag ragasztott műszaki gumilemez csík lesz. A tartók kitűzését ugyanazzal a módszerrel végezzük el, mint eddig. Az alappontokra tájékozás után nagy pontossággal kitűzzük a tartók helyét. A tartók beemelése előtt mérni kell a függőleges, és vízszintes kardoságát a gerendáknak, és olyan sorrendben kell elhelyezni őket, hogy a legkisebb legyen a mért élgörbeség a szomszédos tartók között. Beemelés után azonnal rögzíteni kell őket.

A 18 cm vastag pályalemez, és a támaszok közti zsaluzat 4 cm vastag cementkötésű faforgácslap lesz. Ezeket a tartó hornyaiba felhordott friss cementhabarcsba kell majd elhelyezni. A pályalemez betonozását annak érdekében, hogy elkerüljék a nem kívánt keresztrepedéseket a támaszzónában, a nyílásközéptől kezdik, és a betonozást a támaszok felé folyamatosan kell végezni.

Végül a hídpálya tartozékok kitűzése és elhelyezése maradt. Ezek a tartozékok például a híd két átellenes sarkához tervezett előregyártott műanyag szálerősítésű beton vizsgálólépcsők. Vagy az 1.40 m magas pálcás horgonyzott acél korlátok melyek a híd két oldalára lettek tervezve. Magassági alappontot külön nem kell majd létesíteni, mert a szomszédos közúti hídnál létesítendő magassági alappont felhasználható lesz ehhez a kerékpár hídhoz is. A hídfőkbe, és a pályalemez szélein nyílásközépen és a támaszoknál mérőpontokat kell majd elhelyezni. A pontjeleket a védőbevonatok elkészülte után kell furatba műgyantaragasztással elhelyezni, és geodéziai módszerekkel bemérni.

7. ÉRTÉKELÉS

A kitűzési hálózat létrehozását az útépítéshez használt hálózat felhasználásával hoztuk létre. Nem sikerült a 4 alappontot úgy elhelyezni, hogy azok mind összeláthatóak legyenek. Az alapponthálózat megtervezése közben figyelembe kell venni a növényzet elhelyezkedését, és a terepviszonyokat annak érdekében, hogy minden pont összelátható legyen. Legvégső esetben a növényzet ritkításával kell ezt elérnünk. Az alapponthálózatot minél pontosabban kell meghatározni, ugyanis a későbbiekben a kitűzés pontossága függ a kitűzési hálózat pontosságától is. A magassági értelmű meghatározáshoz szabatos szintező műszert használtunk, és invárbetétes szintezőlécet. Trigonometriai magasságmérés is használható erre a célra. Főleg abban az esetben hasznos, ha nagyobb magasságkülönbség van a különböző alappontok között. A vízszintes meghatározást nagy pontosságú mérőállomással végeztük el. A GNSS technológia nem alkalmazható az alappont meghatározás során. Az építésirányítás során ugyancsak nem alkalmazható ez a technológia. Ennek az oka az, hogy a hídépítés során nagyok a pontossági követelmények, és GNSS technológiával nem tudjuk a megfelelő pontosságot elérni.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Szakdolgozatom célja az volt, hogy általánosan bemutassa a hídépítést, és annak geodéziai munkarészeit. Az első feladatom az volt, hogy felvegyem a kapcsolatot olyan cégekkel, akik foglalkoznak hídépítéssel. Olyan beruházásokat kerestem, amelyek akkoriban kezdődtek amikor kiválasztottam a témámat. Végül az M44 gyorsforgalmi út Kecskemét-Szentkirály szakasz kivitelezése keretében megvalósuló néhány közúti híd építésében tudtam részt venni. A geodéziai munkákat Lipták Tamás földmérő mérnök segítségével tudtam elvégezni.

A szakdolgozatomat azzal kezdtem, hogy bemutattam a hídépítés fontosságát, és fejlődését. Külön foglalkoztam minden fontosabb időszakkal a hídépítés történelmében, és példákon át mutattam be az adott kor nagyobb fejlődési mérföldköveit.

A történelmi háttér után foglalkoztam a hidak tervezésével. Különösen azzal, hogy a hidak tervezéséhez milyen adatok szükségesek, és hogy tervezés során milyen különböző követelményeknek kell megfelelnie a tervnek.

Végül a Hídépítés geodéziai munkarészeivel foglalkoztam. Külön taglaltam a tervezési időszak munkarészeit, és a kivitelezési időszak munkarészeit. Ezután pedig bemutattam ezen munkarészek többségét, és a hozzájuk felhasznált különböző műszereket több munkán keresztül, amelyekben részt tudtam venni. Mivel nem tudtam az építés teljes fázisát bemutatni az elejétől a végéig egy hídon, ezért több különböző híddal kapcsolatos munkák által tettem ezt.

9. SUMMARY

The aim of my thesis was to give a general overview of bridge construction and its geodetic parts. My first task was to contact companies that deal with bridge construction. I was looking for projects that had started at the time I chose my topic. In the end, I was able to participate in the construction of a few road bridges as part of the Kecskemét-Szentkirály section of the M44 expressway. I was able to carry out the geodetic works with the help of Tamás Lipták surveyor.

I started my thesis by explaining the importance and development of bridge building. I dealt separately with each of the major periods in the history of bridge building, and gave examples of the major milestones in the development of that period.

After the historical background, I worked on the design of bridges. In particular, I looked at the data needed to design bridges and the different requirements that a design has to meet.

Finally, I worked on the geodetic aspects of bridge construction. I have divided the work of the design phase and the work of the construction phase. I then presented most of these parts of the work and the various instruments used for them through several works in which I was able to participate. Since I could not present the entire construction phase from start to finish on one bridge, I did this through several different bridge-related works.

10.IRODALOMJEGYZÉK

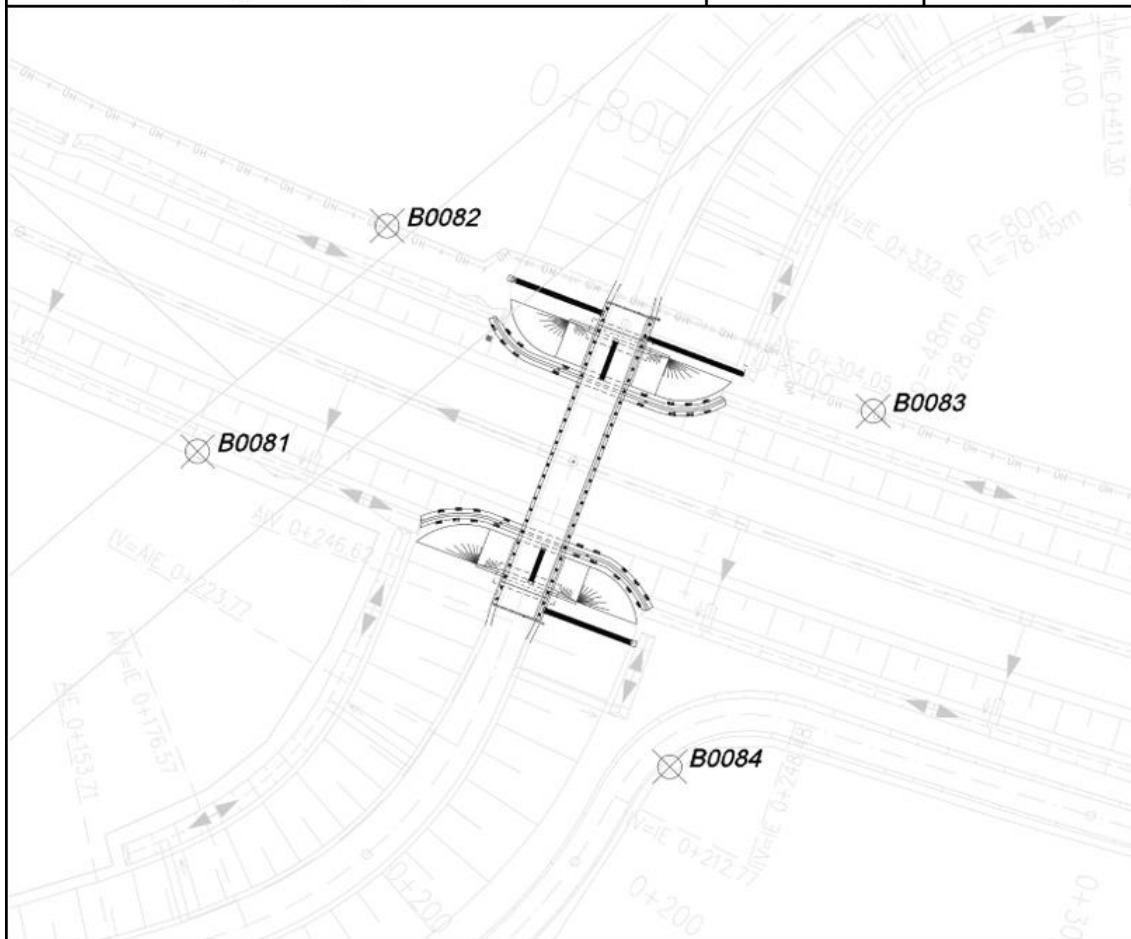
- [1] Dr. Klatsmányi Tibor., Hídépítés 1. rész, Budapest: Tankönyvkiadó, 1981.
- [2] S. M. Troitsky, Planning and Design of Bridges (szabad fordítás), New York: Wiley, 1994. Oct. 01..
- [3] Pál Gábor, A budapesti Duna-hidak története, Biri: Első Lánchíd Bt., 2007.
- [4] Zsámboki Gábor, Acélszerkezetű közúti hidak építése hazánkban 1945-1969 között, Biri: Első Lánchíd Bt., 2007.
- [5] Dr. Ágfalvi Mihály, Mérnökgeodézia TÁMOP jegyzet (8. fejezet), Székesfehérvár: Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kara, 2010.
- [6] Horváth Adrián és Magyar Útügyi Társaság munkabizottsága, *Hídvizsgálat I. Megépült közúti hidak teherbírás-vizsgálata*, Magyar Útügyi Társaság, 2002.
- [7] Leica DNA03 angol nyelvű felhasználói kézikönyv.
- [8] Trimble S3 2 DR angol nyelvű felhasználói kézikönyv.
- [9] Trimble R8s angol nyelvű felhasználói kézikönyv.
- [10] G. Varga Márton, Dr. Pajer Imre és Nagy Endre, Cölöpök próbaterhelése, Budapest: Építésügyi és tájékoztatási központ, 1984.
- [11] Bognár Balázs, Kanizsák Szilárd, Dr. Mahler András, Manninger Marcell, Meszlényi Zsolt, Dr. Móczár Balázs, Scheuring Ferenc és Schell Péter, Korszerű cölöpalapozások tervezése geotechnikai, tartószerkezeti és technológiai szempontok alapján, Budapest: Magyar Mérnöki Kamara Geotechnikai Tagozat, 2016.
- [12] Leica TPS400 Series angol nyelvű kezelési kézikönyv.

11.MELLÉKLETEK

1. számú melléklet: Alappont hálózat koordináta jegyzéke, átnézeti térképe
2. számú melléklet: Mérési jegyzőkönyvek
3. számú melléklet: Számítási jegyzőkönyvek
4. számú melléklet: B406 műtárgy hídfő cölöpök kitűzésének ellenőrzése (xlsx)

1. számú melléklet: Alappont hálózat koordináta jegyzéke, átnézeti térképe

Megrendelés: B.008 műtárgy geodéziai alappont hálózat létesítése		Méretarány: M = 1:1000	Rajkszám: B.008-AP/1	Dátum: 2022.09.13.
Részművelet: Helyszínrajz a geodéziai alappont hálózatról		Szerkesztette: Farkas Balázs	Ellenőrizte:	



Pontszám	Y	X	Z
B008-1	709025.005	184124.990	113.967
B008-2	709056.614	184162.800	113.212
B008-3	709137.623	184131.721	113.283
B008-4	709103.725	184072.113	113.781

2. számú melléklet: Mérési jegyzőkönyvek

Felmérési jegyzőkönyv

Munkafeladat neve m44-220825r8hap
Készítés ideje 25 Aug 2022
Verzió Trimble General Survey 3.10
A távolság mértékegysége Méter
Szögmértékegység Fok
A légnyomás mértékegysége "hPa (Hekto-Pascal)"
Hőmérs. mértékegys. Celsius

Koordináta rendszer (Munkafeladat)

Rendszer VITEL14
Zóna VITEL14
Dátum VITEL14
Vetítés

Vetítés EOV

Központ szél. (Lat.) 47°08'39.81740"N
Központ hossz. (Lon.) 19°02'54.85840"E
Eltolás keletre 650000.000
Eltolás északra 200000.000
Méretarány (tényező) 0.99993000
Rácsálózat fájl beállítása VITEL14
Déli azimut (vetületi) Nem
Vetületi koord. Észak/Kelet
Ellipszoid Fél kistengely: 6378160.000 Lapultság: 298.24716743

Felmért terület

Típus Vetületi
Dátum-transzformáció

Típus Hét paraméter
Fél kistengely 6378137.000
Lapultság 298.257223
Elforgatás X körül -0°00'00.3166"
Elforgatás Y körül -0°00'00.1067"
Elforgatás Z körül -0°00'00.3783"
X irányú eltolás -52.729
Y irányú eltolás 71.148
Z irányú eltolás 13.832
Méretarány (tényező) -0.98958ppm
Függőleges kiegyenlítés

Geoid fájl VITEL14

Összegejtött felmérési adat

Vetítés

Vetítés EOV

Központ szél. (Lat.) 47°08'39.81740"N
Központ hossz. (Lon.) 19°02'54.85840"E
Eltolás keletre 650000.000
Eltolás északra 200000.000
Méretarány (tényező) 0.99993000
Rácsálózat fájl beállítása VITEL14
Ellipszoid Fél kistengely: 6378160.000 Lapultság: 298.24716743

Felmért terület

Típus Vetületi
Dátum-transzformáció

Típus Hét paraméter

Fél kistengely 6378137.000
 Lapultság 298.257223
 Elforгатás X körül -0°00'00.3166"
 Elforгатás Y körül -0°00'00.1067"
 Elforгатás Z körül -0°00'00.3783"
 X irányú eltolás -52.729
 Y irányú eltolás 71.148
 Z irányú eltolás 13.832
 Méretarány (tényező) -0.98958ppm
 Függőleges kiegyenlítés

Geoid fájl VITEL14
 Korrekciók

Déli azimut (vetületi) Nem
 Vetületi koord. Észak/Kelet
 Mágneses deklináció 0°00'00"
 Távolságok Vetületi
 "Szomszédság / környezet" kiegyenlítése Ki

Koordináta rendszer

Rendszer VITEL14
 Zóna VITEL14
 Dátum VITEL14

Megjegyzés Converted from GS v3.00 to GS v3.10
 Dátum-transzformáció

Típus Hét paraméter
 Fél kistengely 6378137.000
 Lapultság 298.257223
 Elforгатás X körül -0°00'00.3166"
 Elforгатás Y körül -0°00'00.1067"
 Elforгатás Z körül -0°00'00.3783"
 X irányú eltolás -52.729
 Y irányú eltolás 71.148
 Z irányú eltolás 13.832
 Méretarány (tényező) -0.98958ppm
 Rover opciók

Magassági vágás 10 PDOP maszk 6

Rover opciók

Magassági vágás 10 PDOP maszk 6

Mérési esemény

Mérési esemény Rover indítása

Megjegyzés VRS base: 46°58'11.92260", 19°47'10.21659", 158.562m
 Inicializációs esemény: Megtörtént

GPS hét2224 Másodperc 376846 Inicializáció típusa Mozgás közben (OTF) Mérés
 típusa Valós idejű Inicializálás számlálól

GNSS vevő

Vevő típus R8s
 Sorszám 5907R00437
 Firmware verzió 5.41
 Az antenna típusa R8s Internal
 Mérési módszer Antenna rögzítésének alja
 Szalag komparálás 0.000
 Vízszintes külpontosság 0.000
 Függőleges külpontosság 0.065
 Pont 81 X 4099658.915 Y 1477873.515 Z 4641781.454 Kód
 91

Módszer Fixed Típus Mért alappont Keresési osztály Normál
 Antenna magasság 1.800 Típus Ferde Hz hiba 0.005 M.prec. 0.007
 QC 1 Műholdak 21 PDOP 1.1 HDOP 0.6 VDOP 0.9

Bázis adat kora	1	RMS	18.872	Használt pozíciók	120													
QC 2	VCV xx (m ²)	0.000042		VCV xy (m ²)	0.000008	VCV	xz	(m ²)										
	0.000018																	
VCV yy (m ²)	0.000011		VCV yz (m ²)	0.000010														
VCV zz (m ²)	0.000036																	
Pont	82	X	4099621.790	Y	1477894.130	Z	4641806.472	Kód										
	91																	
Módszer	Fixed	Típus	Mért alappont	Keresési osztály	Normál													
Antenna magasság	1.800	Típus	Ferde	Hz hiba	0.004	M.prec.	0.007											
QC 1	Műholdak	22	PDOP	1.1	HDOP	0.6	VDOP	0.9										
Bázis adat kora	1	RMS	16.051	Használt pozíciók	120													
QC 2	VCV xx (m ²)	0.000040		VCV xy (m ²)	0.000007	VCV	xz	(m ²)										
	0.000017																	
VCV yy (m ²)	0.000011		VCV yz (m ²)	0.000010														
VCV zz (m ²)	0.000036																	
Pont	83	X	4099616.380	Y	1477977.959	Z	4641784.767	Kód										
	91																	
Módszer	Fixed	Típus	Mért alappont	Keresési osztály	Normál													
Antenna magasság	1.800	Típus	Ferde	Hz hiba	0.005	M.prec.	0.007											
QC 1	Műholdak	21	PDOP	1.1	HDOP	0.6	VDOP	0.9										
Bázis adat kora	1	RMS	19.728	Használt pozíciók	120													
QC 2	VCV xx (m ²)	0.000040		VCV xy (m ²)	0.000007	VCV	xz	(m ²)										
	0.000018																	
VCV yy (m ²)	0.000011		VCV yz (m ²)	0.000011														
VCV zz (m ²)	0.000037																	
Pont	84	X	4099669.186	Y	1477960.334	Z	4641744.714	Kód										
	91																	
Módszer	Fixed	Típus	Mért alappont	Keresési osztály	Normál													
Antenna magasság	1.800	Típus	Ferde	Hz hiba	0.005	M.prec.	0.007											
QC 1	Műholdak	21	PDOP	1.1	HDOP	0.6	VDOP	0.9										
Bázis adat kora	2	RMS	15.738	Használt pozíciók	120													
QC 2	VCV xx (m ²)	0.000040		VCV xy (m ²)	0.000007	VCV	xz	(m ²)										
	0.000019																	
VCV yy (m ²)	0.000012		VCV yz (m ²)	0.000012														
VCV zz (m ²)	0.000038																	
Megjegyzés	Új bázisállomást találtunk																	
Megjegyzés	VRS base: 46°58'12.00916", 19°47'08.62547", 157.795m																	
Inicializációs	esemény: Elvesztett																	
GPS hét	2224	Másodperc	378141	Inicializáció típusa	Mozgás közben (OTF)	Mérés												
típusa	Valós idejű	Inicializálás számláló	1															
Inicializációs esemény: Megtörtént																		
GPS hét	2224	Másodperc	378142	Inicializáció típusa	Mozgás közben (OTF)	Mérés												
típusa	Valós idejű	Inicializálás számláló	2															
Pont	81-	X	4099658.907	Y	1477873.515	Z	4641781.450	Kód										
	91																	
Módszer	Fixed	Típus	Mért alappont	Keresési osztály	Normál													
Antenna magasság	1.800	Típus	Ferde	Hz hiba	0.005	M.prec.	0.008											
QC 1	Műholdak	19	PDOP	1.2	HDOP	0.6	VDOP	1.0										
Bázis adat kora	1	RMS	15.129	Használt pozíciók	120													
QC 2	VCV xx (m ²)	0.000046		VCV xy (m ²)	0.000008	VCV	xz	(m ²)										
	0.000023																	
VCV yy (m ²)	0.000013		VCV yz (m ²)	0.000013														
VCV zz (m ²)	0.000041																	
Pont	82-	X	4099621.783	Y	1477894.128	Z	4641806.465	Kód										
	91																	
Módszer	Fixed	Típus	Mért alappont	Keresési osztály	Normál													
Antenna magasság	1.800	Típus	Ferde	Hz hiba	0.005	M.prec.	0.007											
QC 1	Műholdak	20	PDOP	1.2	HDOP	0.6	VDOP	1.0										
Bázis adat kora	1	RMS	18.523	Használt pozíciók	120													
QC 2	VCV xx (m ²)	0.000048		VCV xy (m ²)	0.000007	VCV	xz	(m ²)										
	0.000023																	
VCV yy (m ²)	0.000011		VCV yz (m ²)	0.000010														
VCV zz (m ²)	0.000038																	
Pont	83-	X	4099616.384	Y	1477977.960	Z	4641784.761	Kód										
	91																	
Módszer	Fixed	Típus	Mért alappont	Keresési osztály	Normál													
Antenna magasság	1.800	Típus	Ferde	Hz hiba	0.005	M.prec.	0.007											
QC 1	Műholdak	20	PDOP	1.2	HDOP	0.6	VDOP	1.0										

Bázis adat kora 1 RMS 16.675 Használt pozíciók 120
 QC 2 VCV xx (m²) 0.000047 VCV xy (m²) 0.000007 VCV xz (m²)
 0.000024
 VCV yy (m²) 0.000011 VCV yz (m²) 0.000010
 VCV zz (m²) 0.000038
 Pont 84- X 4099669.192 Y 1477960.335 Z 4641744.710 Kód
 91
 Módszer Fixed Típus Mért alappont Keresési osztály Normál
 Antenna magasság 1.800 Típus Ferde Hz hiba 0.005 M.prec. 0.008
 QC 1 Műholdak 20 PDOP 1.1 HDOP 0.6 VDOP 1.0
 Bázis adat kora 1 RMS 18.398 Használt pozíciók 120
 QC 2 VCV xx (m²) 0.000047 VCV xy (m²) 0.000007 VCV xz (m²)
 0.000024
 VCV yy (m²) 0.000011 VCV yz (m²) 0.000010
 VCV zz (m²) 0.000038

Munkafeladat neve m44-220825s3hap
 Készítés ideje 25 Aug 2022
 Verzió Trimble General Survey 2.61
 A távolság mértékegysége Méter
 Szögmértékegység Fok
 A légnyomás mértékegysége "hPa (Hekto-Pascal)"
 Hőmérs. mértékegys. Celsius

Koordináta rendszer (Munkafeladat)

Rendszer
 Zóna
 Dátum
 Vetítés

Vetítés Csak méretarány
 Méretarány (tényező) 1.00000000
 Déli azimut (vetületi) Nem
 Vetületi koord. Észak/Kelet

Felmért terület

Típus Vetületi
 Dátum-transzformáció

Típus Nincs

Összegyűjtött felmérési adat

Koordináta rendszer

Rendszer Hungary
 Zóna Hungarian EOV
 Dátum HD72 (Hungary)

Korrekciók

Déli azimut (vetületi) Nem
 Vetületi koord. Észak/Kelet
 Mágneses deklináció 0°00'00"
 Távolságok Felszín
 "Szomszédság / környezet" kiegyenlítése Ki

Dátum-transzformáció

Típus Nincs
 Vetítés

Vetítés Csak méretarány
 Méretarány (tényező) 0.99993000

Felmért terület

Típus Vetületi

Vetítés

Vetítés Csak méretarány

Méretarány (tényező)) 1.00000000

Felmért terület

Tipus	Vetületi						
Pont	8001	Y	700000.000	X	200000.000	Z	100.000 Kód 9000
Pont	8002	Y	700000.000	X	200100.000	Z	100.000 Kód 9000
Műszer							

Műszer típusa Trimble VX/S Series
 EDM törésmutató 278.6
 EDM vivőjel hullámhossza 80.6
 A limbusz tájékozása Irányérték beállítása
 Vízzintes szög megbízhatósága 0°00'02"
 Mag. szög pontosság 0°00'02"
 Távmérés pontossága 2mm +2ppm
 Irányzék központosítási hiba 0.003

A műszer tulajdonságai

Modell S3 2 DR
 Sorszám 91411042
 Firmware verzió M2.2.33
 Kollimáció 0°00'01"
 Magassági kollimáció -0°00'03"
 Fekvőtengely-hiba javítás 0°00'15"

Műszer

Műszer típusa Trimble VX/S Series
 EDM törésmutató 278.6
 EDM vivőjel hullámhossza 80.6
 A limbusz tájékozása Irányérték beállítása
 Vízzintes szög megbízhatósága 0°00'02"
 Mag. szög pontosság 0°00'02"
 Távmérés pontossága 2mm +2ppm
 Irányzék központosítási hiba 0.003

A műszer tulajdonságai

Modell S3 2 DR
 Sorszám 91411042
 Firmware verzió M2.2.33
 Kollimáció 0°00'01"
 Magassági kollimáció -0°00'03"
 Fekvőtengely-hiba javítás 0°00'15"

Atmoszféra

Nyomás	1015.70" hPa (Hekto-Pascal)"	Hőmérséklet	30.0°C	ppm	8.5
Földgörbületi korrekció	Igen	Refrakciós korrekció	Igen	Refrakció	konstans
	0.142				

Álláspont konfigurálás

Álláspont	8001	Műszermagasság	1.500	Álláspont típusa	Álláspont konfigurálás
	Mlretarány tényező		1.00000000	Átlagos hiba	?

Irány

Álláspont	8001	Tájékozáspont	8002	Tájékozás javítása	0°00'00"	A tájé-
kozás középhibája	?					
Pont (Tájékozás)	8002	Vízzs.szög	0°00'00"	VA	90°00'22"	SD =
ferde távolság ?	Kód	9000				
Átlagos hibák	Vízzs.szög	0°00'02"	VA	0°00'02"	SD =	ferde tá-
volság ?						
Cél magasság	1.500	Prizma-állandó	2.0mm			

Pont (Tájékozás)	8002	Vízzsz.szög	180°00'00"	VA	269°59'26"	SD	=
ferde távolság ?	Kód	9000					
Átlagos hibák	Vízzsz.szög	0°00'02"	VA	0°00'02"	SD	= ferde tá-	
volság ?							
Cél magasság	1.500	Prizma-állandó	2.0mm				
Pont 83	Vízzsz.szög	25°08'17"	VA	90°06'23"	SD	= ferde távolság	
69.222	Kód	912					
Átlagos hibák	Vízzsz.szög	0°00'02"	VA	0°00'02"	SD	= ferde tá-	
volság 0.002							
Cél magasság	1.530	Prizma-állandó	2.0mm				
Pont 83	Vízzsz.szög	205°08'21"	VA	269°53'48"	SD	= ferde távolság	
69.220	Kód	912					
Átlagos hibák	Vízzsz.szög	0°00'02"	VA	0°00'02"	SD	= ferde tá-	
volság 0.002							
Cél magasság	1.530	Prizma-állandó	2.0mm				
Pont (Középértékre fordítás)	83	Vízzsz.szög	25°08'19"	VA	90°06'18"		
SD = ferde távolság	69.221	Kód	912				
Cél magasság	1.530	Prizma-állandó	2.0mm				
Pont 84	Vízzsz.szög	88°56'57"	VA	89°37'51"	SD	= ferde távolság	
59.619	Kód	912					
Átlagos hibák	Vízzsz.szög	0°00'02"	VA	0°00'02"	SD	= ferde tá-	
volság 0.002							
Cél magasság	1.530	Prizma-állandó	2.0mm				
Pont 84	Vízzsz.szög	268°57'07"	VA	270°22'19"	SD	= ferde távolság	
59.619	Kód	912					
Átlagos hibák	Vízzsz.szög	0°00'02"	VA	0°00'02"	SD	= ferde tá-	
volság 0.002							
Cél magasság	1.530	Prizma-állandó	2.0mm				
Pont (Középértékre fordítás)	84	Vízzsz.szög	88°57'02"	VA	89°37'46"		
SD = ferde távolság	59.619	Kód	912				
Cél magasság	1.530	Prizma-állandó	2.0mm				
Pont 81	Vízzsz.szög	219°42'59"	VA	89°15'47"	SD	= ferde távolság	
44.486	Kód	912					
Átlagos hibák	Vízzsz.szög	0°00'02"	VA	0°00'02"	SD	= ferde tá-	
volság 0.002							
Cél magasság	1.530	Prizma-állandó	2.0mm				
Pont 81	Vízzsz.szög	39°43'06"	VA	270°44'22"	SD	= ferde távolság	
44.484	Kód	912					
Átlagos hibák	Vízzsz.szög	0°00'02"	VA	0°00'02"	SD	= ferde tá-	
volság 0.002							
Cél magasság	1.530	Prizma-állandó	2.0mm				
Pont (Középértékre fordítás)	81	Vízzsz.szög	219°43'02"	VA	89°15'42"		
SD = ferde távolság	44.485	Kód	912				
Cél magasság	1.530	Prizma-állandó	2.0mm				
Pont 82	Vízzsz.szög	287°29'16"	VA	90°14'34"	SD	= ferde távolság	
43.913	Kód	912					
Átlagos hibák	Vízzsz.szög	0°00'02"	VA	0°00'02"	SD	= ferde tá-	
volság 0.002							
Cél magasság	1.530	Prizma-állandó	2.0mm				
Pont 82	Vízzsz.szög	107°29'29"	VA	269°45'33"	SD	= ferde távolság	
43.915	Kód	912					
Átlagos hibák	Vízzsz.szög	0°00'02"	VA	0°00'02"	SD	= ferde tá-	
volság 0.002							
Cél magasság	1.530	Prizma-állandó	2.0mm				
Pont (Középértékre fordítás)	82	Vízzsz.szög	287°29'23"	VA	90°14'30"		
SD = ferde távolság	43.914	Kód	912				
Cél magasság	1.530	Prizma-állandó	2.0mm				

Műszer típusa Trimble VX/S Series
EDM törésmutató 278.6
EDM vivőjel hullámhossza 80.6
A limbusz tájékozása Irányérték beállítása
Vízszintes szög megbízhatósága 0°00'02"
Mag. szög pontosság 0°00'02"
Táv mérés pontossága 2mm +2ppm
Irányzék központozási hiba 0.003

A műszer tulajdonságai

Modell S3 2 DR
Sorszám 91411042

Firmware verzió M2.2.33
 Kollimáció 0°00'01"
 Magassági kollimáció -0°00'03"
 Fekvőtengely-hiba javítás 0°00'15"

Atmoszféra

Nyomás 1015.70"hPa (Hekto-Pascal)" Hőmérséklet 30.0°C ppm 8.5
 Földgörcbületi korrekció Igen Refrakciós korrekció Igen Refrakció konstans
 0.142

Álláspont konfigurálás

Álláspont 8002 Műszermagasság 1.500 Álláspont típusa Álláspont konfigurálás
 Mlretarány tényező 1.00000000 Átlagos hiba ?

Irány

Álláspont 8002	Tájékozáspont 8001	Tájékozás javítása	0°00'00"	A tájé-
kozás középhibája ?				
Pont (Tájékozás)	8001	Vízzsz.szög	180°00'00"	VA 88°56'16" SD =
ferde távolság ?	Kód 9000			
Átlagos hibák	Vízzsz.szög	0°00'02"	VA 0°00'02"	SD = ferde tá-
volság ?				
Cél magasság 1.500	Prizma-állandó 2.0mm			
Pont (Tájékozás)	8001	Vízzsz.szög	0°00'00"	VA 271°03'48" SD =
ferde távolság ?	Kód 9000			
Átlagos hibák	Vízzsz.szög	0°00'02"	VA 0°00'02"	SD = ferde tá-
volság ?				
Cél magasság 1.500	Prizma-állandó 2.0mm			
Pont 81-	Vízzsz.szög	217°09'58"	VA 89°13'57"	SD = ferde távolság
53.157	Kód 912			
Átlagos hibák	Vízzsz.szög	0°00'02"	VA 0°00'02"	SD = ferde tá-
volság 0.002				
Cél magasság 1.530	Prizma-állandó 2.0mm			
Pont 81-	Vízzsz.szög	37°09'57"	VA 270°46'19"	SD = ferde távolság
53.155	Kód 912			
Átlagos hibák	Vízzsz.szög	0°00'02"	VA 0°00'02"	SD = ferde tá-
volság 0.002				
Cél magasság 1.530	Prizma-állandó 2.0mm			
Pont (Középtértekre fordítás)	81-	Vízzsz.szög	37°09'58"	VA 89°13'49"
SD = ferde távolság	53.156	Kód 912		
Cél magasság 1.530	Prizma-állandó 2.0mm			
Pont 82-	Vízzsz.szög	279°19'29"	VA 90°03'55"	SD = ferde távolság
39.647	Kód 912			
Átlagos hibák	Vízzsz.szög	0°00'02"	VA 0°00'02"	SD = ferde tá-
volság 0.002				
Cél magasság 1.530	Prizma-állandó 2.0mm			
Pont 82-	Vízzsz.szög	99°19'45"	VA 269°56'16"	SD = ferde távolság
39.648	Kód 912			
Átlagos hibák	Vízzsz.szög	0°00'02"	VA 0°00'02"	SD = ferde tá-
volság 0.002				
Cél magasság 1.530	Prizma-állandó 2.0mm			
Pont (Középtértekre fordítás)	82-	Vízzsz.szög	99°19'37"	VA 90°03'50"
SD = ferde távolság	39.647	Kód 912		
Cél magasság 1.530	Prizma-állandó 2.0mm			
Pont 83-	Vízzsz.szög	39°41'39"	VA 89°59'19"	SD = ferde távolság
59.700	Kód 912			
Átlagos hibák	Vízzsz.szög	0°00'02"	VA 0°00'02"	SD = ferde tá-
volság 0.002				
Cél magasság 1.530	Prizma-állandó 2.0mm			
Pont 83-	Vízzsz.szög	219°41'35"	VA 270°00'55"	SD = ferde távolság
59.703	Kód 912			
Átlagos hibák	Vízzsz.szög	0°00'02"	VA 0°00'02"	SD = ferde tá-
volság 0.002				
Cél magasság 1.530	Prizma-állandó 2.0mm			
Pont (Középtértekre fordítás)	83-	Vízzsz.szög	219°41'37"	VA 89°59'12"
SD = ferde távolság	59.701	Kód 912		
Cél magasság 1.530	Prizma-állandó 2.0mm			

Pont	84-	Vízzsz.szög	107°42'40"	VA	89°31'22"	SD = ferde távolság
	62.824	Kód	912			
Átlagos hibák		Vízzsz.szög	0°00'02"	VA	0°00'02"	SD = ferde tá-
volság	0.002					
Cél magasság	1.530	Prizma-állandó	2.0mm			
Pont	84-	Vízzsz.szög	287°42'46"	VA	270°28'51"	SD = ferde távolság
	62.822	Kód	912			
Átlagos hibák		Vízzsz.szög	0°00'02"	VA	0°00'02"	SD = ferde tá-
volság	0.002					
Cél magasság	1.530	Prizma-állandó	2.0mm			
Pont (Középértékre fordítás)	84-	Vízzsz.szög	287°42'43"	VA	89°31'16"	
	SD = ferde távolság	62.823	Kód	912		
Cél magasság	1.530	Prizma-állandó	2.0mm			

3. számú melléklet: Számítási jegyzőkönyvek

Felhasznált utas alappontok:

Pontszám	Y	X	Z
4400741	709025.005	184124.990	113.967
4400742	709056.614	184162.800	113.212
4400841	709103.725	184072.113	113.781
4401002	709281.741	184088.573	113.825

GPS ellenőrző mérés I. eredményei:

Pontszám	Y	X	Z
B0081	709025.007	184124.982	113.978
B0082	709056.614	184162.786	113.225
B0083	709137.615	184131.719	113.270
B0084	709103.720	184072.109	113.781

GPS ellenőrző mérés II. eredményei:

Pontszám	Y	X	Z
B0081	709025.009	184124.984	113.970
B0082	709056.614	184162.786	113.215
B0083	709137.615	184131.711	113.269
B0084	709103.719	184072.101	113.782

GPS I-II mérések közötti eltérések:

Pontszám	Y	X	Z
B0081	0.002	0.002	-0.008
B0082	0.000	0.000	-0.010
B0083	0.000	-0.008	-0.001
B0084	-0.001	-0.008	0.001

GPS ellenőrző mérés átlagolt eredményei:

Pontszám	Y	X	Z
B0081	709025.008	184124.983	113.974
B0082	709056.614	184162.786	113.220
B0083	709137.615	184131.715	113.270
B0084	709103.720	184072.105	113.782

GPS mérések közötti eltérések:

Pontszám	Y	X	Z
B008-4400741	0.003	-0.007	0.007
B0082-4400742	0.000	-0.014	0.008
B0084-4400841	-0.005	-0.008	0.000

Mérőállomással és szintezéssel végzett mérés hálózatkiegyenlítéssel számított eredményei:

Pontszám	Y	X	Z
B008-1	709025.005	184124.990	113.967
B008-2	709056.614	184162.800	113.212
B008-3	709137.623	184131.721	113.283
B008-4	709103.725	184072.113	113.781

A végleges koordináták, és az utas, illetve előzeteskoordináták közötti eltérések:

Pontszám	Y	X	Z
B008-1	-0.010	-0.001	0.000
B008-2	-0.006	0.001	-0.001
B008-3	0.010	0.000	-0.002
B008-4	0.004	-0.018	-0.002

Hálózat kiegyenlítés

Magassági hálózat

A kiegyenlítés általános jellemzői

Koordináták	xyz	xy	z
Kiegyenlített :	0	0	3
Kényszerített * :	0	0	0
Rögzített :	0	0	1

Összesen :	0	0	4

Egyenletek száma :	12	Ismeretlenek száma:	3
Szabadságfok :	9	Hálózati defektus :	0

m0 apriori :	10.00	
m0' aposteriori:	0.02	[pvv] : 3.35901e-03

Statisztikai analízis során használt értékek

- aposteriori középhiba 0.02
- konfidencia szint 95 %

m0' aposteriori / m0 apriori hányados: 0.002
95 % intervallum (0.548, 1.454) nem tartalmazza az m0'/m0 értéket

Egy mérés elhagyásával elérhető maximális csökkenés az m0''/m0 értékben: 0.002

Maximális studentizált javítás 1.59 nem éri el a kritikus értéket 1.90
szignifikancia szint: 5 % észlelés: #4
<dh from="B0082" to="B0083" val="0.056" stdev="111.9" dist="125.1" />

Rögzített pontok

pont	z
=====	

B0081	113.967
-------	---------

Kiegyenlített magasságok

i	pont	előzetes	javítás	kiegy.	középh.	konf.i.
		érték=====	[m]	=====	érték =====	[mm] ==
1	B0082	113.21051	0.00024	113.21075	0.1	0.2
2	B0083	113.26696	-0.00006	113.26690	0.1	0.2
3	B0084	113.77945	0.00007	113.77952	0.1	0.2

Kiegyenlített mérések

i	állaspont	irányzott pont	mért kiegyenlített középh.	konf.i.
			érték =====	[m g] ===== [mm cc] ==

1	B0081	B0082 m.kül	-0.75649	-0.75625	0.1	0.2
2		B0083 m.kül	-0.70004	-0.70010	0.1	0.2
3		B0084 m.kül	-0.18755	-0.18748	0.1	0.2
4	B0082	B0083 m.kül	0.05645	0.05615	0.1	0.2
5		B0084 m.kül	0.56894	0.56877	0.1	0.2
6	B0083	B0084 m.kül	0.51249	0.51262	0.1	0.2
7	B0081	B0082 m.kül	-0.75604	-0.75625	0.1	0.2
8		B0083 m.kül	-0.70017	-0.70010	0.1	0.2
9		B0084 m.kül	-0.18741	-0.18748	0.1	0.2
10	B0082	B0083 m.kül	0.05587	0.05615	0.1	0.2
11		B0084 m.kül	0.56863	0.56877	0.1	0.2
12	B0083	B0084 m.kül	0.51276	0.51262	0.1	0.2

Javítások és mérések elemzése

i	álláspont	irányzott pont	f[%]	v	v'	e-ész.	e-kie.
=====				[mm cc]	=====	[mm cc]	===
1	B0081	B0082 m.kül	51.6	0.240	1.4	0.3	0.1
2		B0083 m.kül	51.4	-0.061	0.3	-0.1	-0.0
3		B0084 m.kül	48.4	0.073	0.4	0.1	0.0
4	B0082	B0083 m.kül	52.2	-0.302	1.6 m	-0.4	-0.1
5		B0084 m.kül	49.4	-0.167	1.0	-0.2	-0.1
6	B0083	B0084 m.kül	49.6	0.134	0.8	0.2	0.0
7	B0081	B0082 m.kül	45.9	-0.210	1.4	-0.3	-0.1
8		B0083 m.kül	50.1	0.069	0.4	0.1	0.0
9		B0084 m.kül	49.8	-0.067	0.4	-0.1	-0.0
10	B0082	B0083 m.kül	49.8	0.278	1.6	0.4	0.1
11		B0084 m.kül	49.4	0.143	0.8	0.2	0.0
12	B0083	B0084 m.kül	52.8	-0.136	0.7	-0.2	-0.0

Hálózat kiegyenlítés

...

Helyi geodéziai hálózat kiegyenlítés verzió: 2.20-gso / GNU C/C++ 11.3

<http://www.gnu.org/software/gama/>

Előzetes koordináták

koordináták	xyz	xy	z	
adott	:	0	5	0
számított	:	0	2	0

összesen	:	0	7	0
mérések	:	17		

A számított pontok előzetes koordinátáit a kiegyenlítettetekre cseréltem

Number of linearization iterations: 1

A kiegyenlítés általános jellemzői

Koordináták	xyz	xy	z
-------------	-----	----	---

Kiegyenlített	:	0	6	0		
Kényszerített *	:	0	4	0		
Rögzített	:	0	1	0		

Összesen	:	0	7	0		
Irányok száma	:	9		Tájékozások száma	:	2
Távolságok száma	:	8				
Összes mérés	:	17				
Egyenletek száma	:	17		Ismeretlenek száma:	:	14
Szabadságfok	:	5		Hálózati defektus	:	2
m0 apriori	:	10.00				
m0' aposteriori:		4.27		[pvv]	:	9.11712e+01

Statisztikai analízis során használt értékek

- aposteriori középhiba 4.27
- konfidencia szint 95 %
m0' aposteriori / m0 apriori hányados: 0.427
95 % intervallum (0.408, 1.602) tartalmazza az m0'/m0 értéket
m0'/m0 (távolság): 0.184 m0'/m0 (irány): 0.601

Egy mérés elhagyásával elérhető maximális csökkenés az m0''/m0 értékben: 0.213

Maximális studentizált javítás 2.00 eléri a kritikus értéket 1.81
szignifikancia szint: 5 % észlelés: #11
<direction from="B008-2" to="B0082" val=" 279-19-29.3000" stdev="10.0" />

Rögzített pontok

pont	x	y
=====		
4401002	184088.573	709281.741

Kiegyenlített koordináták

i	pont	előzetes	javítás	kiegy.	középh.	konf.i.
===== érték ===== [m] ===== érték ===== [mm] =====						
B008-1						
2	x	184120.75574	-0.00358	184120.75216	0.8	1.9
3	y	709069.27299	0.00155	709069.27454	0.8	2.1
B008-2						
13	x	184129.39663	-0.00131	184129.39532	0.7	1.9
14	y	709077.96243	0.00458	709077.96701	0.8	2.1
B0081						
8	X *	184124.99300	-0.00359	184124.98941	1.2	3.0
9	Y *	709025.00800	-0.01288	709024.99512	1.2	3.2
B0082						
10	X *	184162.78600	0.01468	184162.80068	1.1	2.9
11	Y *	709056.61400	-0.00592	709056.60808	1.2	3.1
B0083						

4	X *	184131.71500	-0.00016	184131.71484	1.7	4.4
5	Y *	709137.61500	0.01032	709137.62532	1.2	3.2

B0084						
6	X *	184072.10500	-0.00985	184072.09515	1.4	3.6
7	Y *	709103.72000	0.00869	709103.72869	1.5	3.9

Kiegyenlített tájékozási ismeretlenek

i	álláspon	előzetes	javítás	kiegy.	középh.	konf.i.
		[d]	[d]	[d]	[d]	[ss]
1	B008-1	55-44-56.48	0-00-00.00	55-44-56.48	5.2	13.3
12	B008-2	48-04-48.07	-0-00-00.00	48-04-48.07	4.1	10.6

Középhibák és hibaellipszisek paraméterei

pont	mP	mXY	középhiba	ellipszis	konf.hiba	ellipszis	g
	[mm]	[mm]	a [mm]	b [mm]	[d]	a' [mm]	b' [mm]
B008-1	1.1	0.8	0.9	0.7	122.7	3.0	2.4
B008-2	1.1	0.8	0.9	0.7	123.9	3.0	2.3
B0081	1.7	1.2	1.3	1.1	122.6	4.3	3.9
B0082	1.6	1.2	1.3	1.0	127.4	4.4	3.4
B0083	2.1	1.5	1.7	1.2	173.7	5.9	4.2
B0084	2.1	1.5	1.7	1.2	50.8	5.7	4.2

Maximális helyzeti középhiba 2.1 mm a ponton B0083
Átlagos helyzeti középhiba 1.6 mm

Kiegyenlített mérések

i	álláspon	irányzott pont	mért kiegyenlített középh.	konf.i.
			érték [m d]	[mm ss]
1	B008-1	B0083 irány	25-08-17.40	25-08-20.40
2		B0083 táv.	69.22400	69.22435
3		B0084 irány	88-56-57.00	88-56-54.84
4		B0084 táv.	59.62100	59.62041
5		B0081 irány	219-42-59.30	219-43-01.82
6		B0081 táv.	44.48300	44.48169
7		B0082 irány	287-29-16.10	287-29-12.74
8		B0082 táv.	43.91600	43.91489
9	B008-2	B0081 irány	217-09-58.10	217-09-55.37
10		B0081 táv.	53.15300	53.15480
11		B0082 irány	279-19-29.30	279-19-32.45
12		B0082 táv.	39.65000	39.64999
13		B0083 irány	39-41-38.90	39-41-36.38
14		B0083 táv.	59.70400	59.70339
15		B0084 irány	107-42-40.00	107-42-42.09
16		B0084 táv.	62.82400	62.82494
17		4401002 irány	53-14-53.40	53-14-53.40

Javítások és mérések elemzése

i	álláspon	irányzott pont	f[%]	v	v'	e-ész.	e-kie.
---	----------	----------------	------	---	----	--------	--------

```

===== [mm|ss] ===== [mm|ss] ===
1      B008-1      B0083 irány 12.9      2.996 1.4      12.4 9.4
2      B008-1      B0083 táv. 25.7      0.349 0.2      0.8 0.4
3      B008-1      B0084 irány 10.1     -2.159 1.2     -11.2 -9.1
4      B008-1      B0084 táv. 24.6     -0.594 0.4     -1.4 -0.8
5      B008-1      B0081 irány 7.0      2.524 1.6      18.6 16.1
6      B008-1      B0081 táv. 24.6     -1.306 0.9     -3.0 -1.7
7      B008-1      B0082 irány 8.4     -3.361 2.0     -21.0 -17.6
8      B008-1      B0082 táv. 27.1     -1.113 0.8     -2.4 -1.3
9      B008-2      B0081 irány 9.8     -2.729 1.5     -14.7 -12.0
10     B008-2      B0081 táv. 26.5      1.805 1.2      3.9 2.1
11     B008-2      B0082 irány 7.1      3.153 2.0 m    23.2 20.0
12     B008-2      B0082 táv. 24.7     -0.006 0.0     -0.0 -0.0
13     B008-2      B0083 irány 9.5     -2.517 1.4     -13.8 -11.3
14     B008-2      B0083 táv. 25.3     -0.614 0.4     -1.4 -0.8
15     B008-2      B0084 irány 11.1     2.093 1.1     10.0 7.9
16     B008-2      B0084 táv. 25.4      0.942 0.7      2.1 1.2
17     4401002 irány 0.0 n -0.000

```

...

Távolagszmérés ellenőrzése

Hibahatár: $\sqrt{0.14 \cdot d / 1000}$

Kezdőpont	Végpont	T.számított	T.mért	Eltérés	Hibahatár	J / H
B008-1	B0083	69.224	69.224	0.000	0.037	J
B008-1	B0084	59.620	59.621	0.000	0.034	J
B008-1	B0081	44.482	44.483	-0.002	0.030	J
B008-1	B0082	43.915	43.916	-0.001	0.029	J
B008-2	B0081	53.155	53.153	0.002	0.032	J
B008-2	B0082	39.650	39.650	0.000	0.028	J
B008-2	B0083	59.703	59.704	-0.001	0.034	J
B008-2	B0084	62.825	62.824	0.001	0.035	J
Középhiba				0.001		J: 8, H: 0

Tájékozás ellenőrzése

Hibahatár [mp]: $\sqrt{20 \cdot d / 1000}$

Álláspont [mp]	Irányzott pont	Irányszög	Táj. irányérték	Eltérés [mp]	Hibahatár
B008-1	B0083	80-53-16.9	80-53-13.9	3.0	76.0
B008-1	B0084	144-41-51.3	144-41-53.5	-2.2	81.9
B008-1	B0081	275-27-58.3	275-27-55.8	2.5	94.8
B008-1	B0082	343-14-09.2	343-14-12.6	-3.4	95.4
B008-1	4401002	98-36-44.2	98-36-44.2	0.0	43.1

B008-2	B0081	265-14-43.4	265-14-46.2	-2.8	86.7
J					
B008-2	B0082	327-24-20.5	327-24-17.4	3.1	100.4
J					
B008-2	B0083	87-46-24.5	87-46-27.0	-2.5	81.9
J					
B008-2	B0084	155-47-30.2	155-47-28.1	2.1	79.8
J					
B008-2	4401002	101-19-41.5	101-19-41.5	0.0	43.9
J					
Középhiba				2.6	
J: 10, H: 0					