

GEODÉZIA A TÁJÉPÍTÉSZETBEN

GEODETIC SURVEY IN LANDSCAPE ARCHITECTURE

SZERZŐ/BY: VAJDA SZABOLCS,
SÁROSPATAKI MÁTÉ

[HTTPS://DOI.ORG/
10.36249/60.6](https://doi.org/10.36249/60.6)

A tájépítészet két fő ágának az objektumtervezésnek és a regionális tervezésnek, vagy ahogy azt szűk szakmai körökben nevezzük, a „kertes” és a „tájas” munkáknak a tágan értelmezett geodéziát érintő igényei különböznek. A „tájas” munkák jellemzően nagy léptékben, több 10 vagy 100 hektárt is meghaladó méretű tervezési területen zajlanak, a tervezés léptéke 1:1000 fölötti. Ezen munkák főként topográfiai és térinformatikai ismereteket igényelnek, jellemzően meglévő topográfiai alap térképeken, légifotókon, esetleg űrfelvételeken dolgoznak. Ezzel szemben az objektumtervezés 1:100 körüli léptékében szinte sohasem áll rendelkezésre meglévő helyszínrajz, ezek elkészítése, elkészíttetése a tervezési folyamat része.

A kis léptékű tájépítészeti munkarészek sok esetben speciális tervezési alap térképet igényelnek. A legtöbb esetben fontos, hogy a vegetáció minden egyes növényi szintjét (gyep-, évelő/egynyári-, cserje- és lombkorona szint) elkülönítsük, fák esetében feltüntessük azok tudományos nevét (nemzetség név elégséges), valamint lombkorona és törzsátmérő méreteit. Hasonlóan jelentős a terep részletes felmérése, a terepplasztikák és szintkülönbségek következtében megjelenő jellegzetes formái saját-

ságok karakteres visszaadása alaprajzi értelemben. Annál is inkább nagy hangsúllyal eshet latba a terep adta változatosságok hű visszaadása, mivel számos esetben a terepplasztika az egyik fő, vagy kiemelt fontosságú térszervező vagy látványeleme a tájépítészeti térkompozíciónak. [1] A tervezési alaptérképnek tartalmaznia kell a burkolatváltásokat – megnevezve a burkolatok típusát, a közművek típusait és helyét – kiemelt figyelmet fordítva a vízelvezetés műtárgyaira. Az épített objektumok, mint például lépcsők, támfalak, kerítések, vízarchitektúrák stb. esetében a felméréskor figyelembe kell venni, hogy ezek kiviteli szintű tervei akár 1:10 vagy 1:20 léptékben készülnek, tehát a fent nevezett elemek részletesebb felmérést igényelnek. Hasonlóan megkerülhetetlen feladat a tervek építés során történő szakszerű kitűzése. Összeségében kijelenthető, hogy a felmérés és a kitűzés a tervezés folyamatát és a megépített vég-eredményt egyaránt döntő mértékben befolyásoló mérnökgeodéziai feladat.

A geodéziai műszerek és módszerek terén az utóbbi 30 évben hatalmas technikai fejlődés ment végbe.

A korszerű geodéziai műszerek ma már digitálisak, ez azt jelenti, hogy a leolvasás nem optikai úton történik, hanem

a műszer kijelzőjéről olvasható le, illetve a műszer tárolja a leolvasásokat. Ez egyrészt a mérés sebességét növelte, illetve az elírásokból, elolvasásokból adódó tévedéseket küszöbölte ki. Ennél is jelentősebb technikai előrelépés volt az elektrooptikai távmérés módszerének kifejlesztése és a geodéziai műszerekbe integrálása. Ez lehetővé tette a távolságok gyors és nagyon precíz mérését akár kilométeres távolságok esetén is. Erre korábban nem volt lehetőség, a régi optikai műszerekkel (teodolit, tachiméter, szintezőműszer) optikai úton lehetett távolságot mérni, amelynek pontossága a legjobb esetben is csak deciméteres volt. A vízszintes és magassági szögeket és távolságot mérő, a mérési eredményeket tároló és a legfontosabb geodéziai számítások elvégzésére is képes műszertípust nevezünk mérőállomásnak. A mérőállomások elterjedése és a GPS [2] technológiák mindennapivá válása a terepi mérések hatékonyságát (időigényét) és a mérések pontosságát nagyságrendekkel javította. [3] A korszerű eszközökkel és szigorú technológiai fegyvellemmel végzett geodéziai mérések pontossága és megbízhatósága ma már alapesetben is centiméteres nagyságrendű.

Geodéziai GPS-ek alkalmazása lehetővé teszi a gyors és egyszerű alap-

The two main branches of landscape architecture, landscape design and landscape planning, have different needs in terms of geodesy in its broad sense. Landscape plans are typically prepared on a large scale, for areas of more than 10 or 100 hectares, in a scale of over 1:1000. This work requires knowledge especially in topography and geographic information, typically using existing topographic maps, aerial photographs or perhaps satellite images. In contrast, in landscape design at a scale of around 1:100, site layouts are rarely available, their preparation usually makes part of the design process. Similarly, it is essential that the plans are professionally marked out during construction. Surveying and marking out are geodetic engineering tasks, which have a decisive influence on both the design process and the final result.

Small-scale landscape plans often require a special base map. In most cases, it is important that each vegetation level (grasses, perennials/annuals, shrubs and the tree canopy) is displayed, and in the case of trees the scientific name (genus name is sufficient) and diameters of the canopy and the trunk are indicated. It is similarly important to carry out a detailed survey of the topography and to

reproduce the characteristic features of the terrain and the height differences on the layout. This is all the more important since in many cases the landform is one of the main or the most important spatial or visual element in the composition. [1] The base map for the design should include the changes in the pavement, indicating the type of pavement, the type and location of utilities, with particular attention to drainage structures. In the case of built features such as stairs, retaining walls, fences, water features etc., the survey should take into account that the construction plans for these features are drawn at a scale down to 1:10 or 1:20, so that the above elements require a more detailed survey.

Equally important is the professional mark out of plans during construction. Overall, it can be said that surveying and marking out are engineering tasks for the surveyor that have a decisive influence on both the design process and the final design realised.

There have been huge developments in the fields of geodetic instruments and methods over the last 30 years.

Modern geodetic instruments are now digital, meaning that readings are not taken optically, but are read from the instrument's display or stored in the

instrument. This has both increased the speed of measurement and eliminated errors due to erroneous readings. An even more significant technical advance was the development of the electro-optical telemetry method and its integration into geodetic instruments. This enabled distances to be measured quickly and with great accuracy, even over distances of several kilometres. This was not possible before, as the old optical instruments (theodolite, tachymeter, level) could measure distances optically with an accuracy of decimetres at best. The type of instrument that measures horizontal and vertical angles and distances, stores the results and is capable of carrying out the most important geodetic calculations is called a measuring station. The spread of measuring stations and GPS [2] technologies have improved the efficiency (timescale) and accuracy of field measurements by orders of magnitude. [3] The accuracy and reliability of geodetic measurements carried out with modern equipment and strict technological discipline are nowadays on the order of centimetres by default.

The use of geodetic GPS allows for quick and easy determination of base points, so it is now evident that surveys in Hungary are based on EOVS (universal

pont-meghatározást, ezáltal ma már evidencia, hogy a felmérések Magyarországon EOVS koordinátájúak, a magasságok pedig abszolút magasságok, azaz balti magasságok. Az abszolút értelemben vett méréseket korábban jelentősen megnehezítette, hogy keresni kellett a mérési területhez közel lévő vízszintes és magassági alappontokat, amelyekig el kellett mérni ahhoz, hogy abszolút koordináta-értékeket kapjunk, amely így az országos vetületi rendszerbe teljes mértékben illeszkedni tudott. Ez még városi környezetben, sűrű alappont ellátottság esetén is sok munka, vidéki környezetben esetenként nagyobb erőfeszítést követelt, mint a tulajdonképpeni felmérés. Ez a folyamat a valós idejű GPS készülékek (RTK GPS) használatával egy-két percre rövidült, ami sok előnnyel jár, de sok vitát és félreértést is generálhat. Ez utóbbi miatt szükségesnek tartjuk az abszolút magasság és az EOVS koordináta fogalmának részletesebb tárgyalását.

AZ EOVS KOORDINÁTÁK ÉS A BALTI MAGASSÁG MEGHATÁROZÁSA

Az utóbbi évtizedben már minden esetben evidens, hogy a geodéta által készített felmérések, a földhivatalból származó nyilvántartási térképek és minden más beszerzett szakági térkép az 1975-ben bevezetett egységes országos vetületi rendszerben (EOVS) és ennek koordinátarendszerében készülnek. Ez azért nagyon fontos, mert csak így lehet a különböző (de azonos méretarányú) térképeket egymásra illeszteni, egyszerre használni. Fontos kiemelni azonban, hogy ez elviekben nem csak az azonos

koordináta rendszeren, hanem az azonos vetületi rendszeren is múlik. Egy területről különböző vetületi rendszerekben készített térképek geometriailag nem teljesen egyformák. Ez annak köszönhető, hogy a terepi – a föld felszínén, a geoidon végzett – méréseket más és más módon vetítik sík felületre. Mind egyik vetítési mód valamilyen torzulást okoz, a torzulás jellege és mértéke nagyban függ a vetítés módjától. Az EOVS és a múltban használt összes vetítés úgynevezett szög tartó vetítési mód, tehát az irányok nem torzulnak, ellenben a távolságok igen (lásd: 1. ábra). [4]

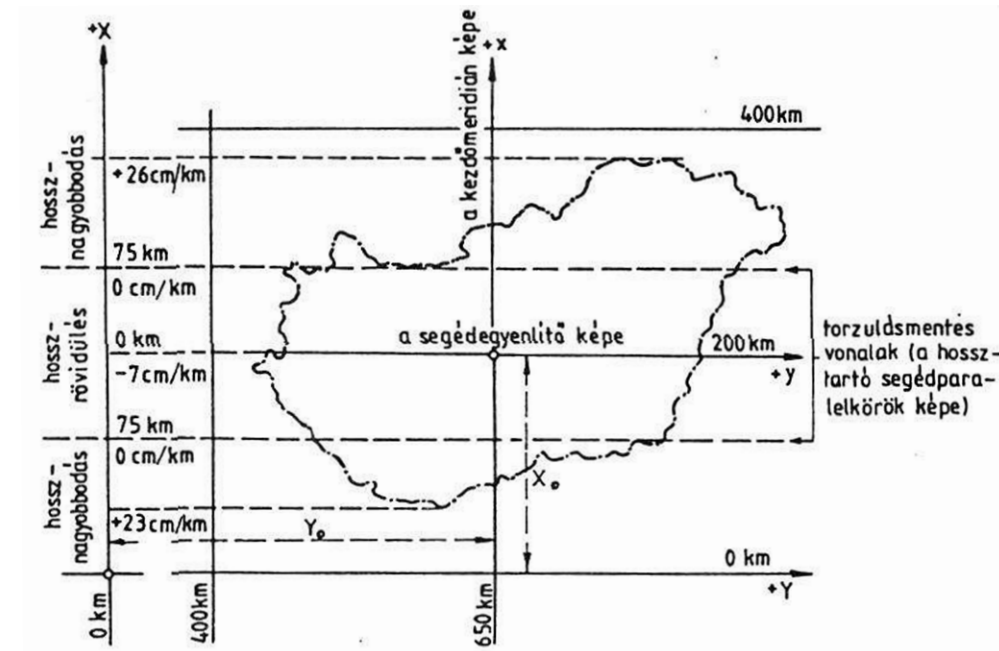
Különböző vetületi rendszerek koordinátáit nem lehet egy matematikai képlettel egymásba átszámítani. Az átszámítás csak bonyolult transzformációkkal lehetséges szoftveresen. Ez a geodéziai GPS-el történő mérések esetén elkerülhetetlen feladat. A GPS mérések eredményeként ETRS89 [5] rendszerben kapjuk meg egy pont koordinátáit. Ezek pontos, hiteles átszámítása EOVS koordinátákká csak a FÖMI által fejlesztett VITEL (Valós Idejű Transzformációs Eljárás) szoftver használatával lehetséges. Ez mindenki számára elérhető a GNSS Szolgáltató Központ oldalán, illetve a modern műszerekre fel van telepítve. [6]

A MÉRÉSEK PONTOSÁGA A GYAKORLATBAN

A szabadtérépítészeti tervezési gyakorlat szempontjából szükséges szót ejteni a mérések pontosságáról is. Mérnökgeodéziai feladatok esetén – ide tartozik a kertépítészeti geodézia is – a technológiai és műszerek a koordináták tekintetében nagy biztonsággal lehetővé teszik a decimétert meg nem haladó,

azaz a néhány centiméteres átlagos hibát. Ezzel szemben az abszolút magasságok meghatározása nagyobb körületek tekintést igényel. Több – időben eltérő és különböző felmérők által készített – mérés összevetése esetén durva magasságkülönbségek is adódhatnak. A tengerszint feletti magasságok mérése során gyakran decimétert meghaladó hibákra (vagy a gyakorlatban hibának tűnő eltérésre) is számíthatunk. Sokszor elhangzik, hogy az abszolút magasság meghatározása egy nagyságrenddel rosszabb, mint a vízszintes pozíciójé. Kijelenthető, hogy nem a magasságmérés módszerével vagy eszközeivel van a gond, hanem azzal, hogy a tervezési területen milyen magassági alapponthoz tudunk csatlakozni, amelynek a pontos és naprakész (ellenőrzött) adata ismert és tisztázott. Közismert, hogy Magyarországon balti magasságokat használunk. Azt viszont kevesen tudják, hogy három „féle” balti magassággal találkozhatunk. Nagyon fontos tudni, hogy ezek a „különböző” balti magasságok egymással nem mérhetők össze, illetve ha összemérjük, akár deciméteres különbségek is adódhatnak. [7]

Vízszintes értelmű helymeghatározáshoz a – geoid helyett – egy matematikailag egyértelműen definiált és a gyakorlati számítások elvégzésére is alkalmas alapfelületet használunk (forgási ellipszoid). Az alapfelület kiválasztásakor arra törekszünk, hogy a pontok vízszintes értelmű helyzetének meghatározásában ez a helyettesítés csak csekély mértékű eltérést jelentsen. Magassági értelemben viszont a geoid és a forgási ellipszoid között akár tíz métert is meghaladó eltérés is lehet. Ez természetesen nem megengedhető, magasságmérésnél nem használhatjuk a vízszintes



1. ábra/fig. 1: EOVS hossztorzulása / Longitudinal distortion in the EOVS system (FORRÁS/SOURCE: KRAUTER, ANDRÁS, GEODÉZIA, MŰEGYETEM KIADÓ, [BUDAPEST] 2002, p. 63.)

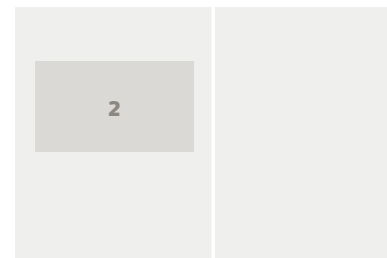
national projection system) coordinates and heights are absolute heights, according to Baltic coordinate reference system. In the past, absolute measurements were much more difficult due to the process of searching for and measuring against horizontal and vertical base points in the vicinity to the survey area in order to obtain absolute coordinate values that fully integrate into the national projection system. Even in an urban environment with a dense base point coverage this required a lot of work, and in a rural environment sometimes more effort than the actual survey. With the use of real-time GPS (RTK GPS) this process has been shortened to a minute or two, which has many advantages but might also generate much controversy and misunderstanding. For the latter reason, we consider it necessary to discuss the concepts of absolute altitude and EOVS coordinates in more detail.

DETERMINATION OF EOVS COORDINATES AND BALTIC ALTITUDE

In the last decade, it has become common that geodetic surveys, cadastral maps and all other project maps obtained are produced according to

the universal national projection system (EOVS) and the related coordinate system introduced in 1975. This is very important since it is the only way to ensure that the layers of maps that are all different (but prepared at the same scale) are possible to superimpose and use simultaneously. It is important to stress, however, that in principle this requires not only the same coordinate system, but also the same projection system. Maps of an area prepared with the use of different projection systems are not geometrically identical. This is due to the fact that measurements taken in the field – on the surface of the Earth, the geoid – are projected onto a plane in different ways. Each methods of projection result in some distortion, the nature and extent of which depend largely on the projection method. The EOVS and all projections used in the past are so-called angle-preserving projections, so the directions are not distorted, but the distances are (Figure 1). [4]

The coordinates of different projection systems cannot be converted by mathematical formulas. Conversion is only possible with complex transformations using software. This task is necessary for all geodetic GPS measurements. GPS surveys provide the coordinates of a



2. ábra/fig. 2:
A két háború között
létesített Gárdonyi
– Oltay féle
falicsapok /
Wall-mounted survey
marks of Gárdonyi
– Oltay type from the
Interwar Period
(FOTÓK/PHOTOS:
VAJDA SZ.)

mérésnél használt alapfelületet, hanem egy a balti tenger átlagos tengerszintjén átmenő szintfelületet kell használni. [8]

Egy szintfelület mentén a gravitációs gyorsulás állandó. Ahhoz, hogy magassági alapponthálózatunk minél pontosabban meghatározható lehessen, rendelkezni kell egy modellel az alapszintfelületről. Ehhez pontos gravimetriai mérések szükségesek. Az utóbbi 100 évben ezen a terén óriási fejlődés ment végbe, egyre pontosabb gravitációs anomália térképek állnak rendelkezésünkre. [9-10] Ezzel párhuzamosan az ország meglévő magassági alapponthálózatát többször újraszámolták, az újonnan létesített magassági alappontokat a legújabb ismeretek figyelembevételével határozták meg. [11]

Az első országos szintezési hálózat kiépítése 1872-ben kezdődött el. Az Adriai-tenger középvízszintjéhez viszonyítottak (adriai magasság) és hét főalappontot építettek ki. Ezeknek egyike a nadapi főalappont, amelynek magasságát 1888-ban vezették le. Ebben a korai időszakban a szintezési munkák lassan haladtak, amelyet az első világháború is megszakított. Ebből az időszakból származó, manapság a mérnöki gyakorlatban is használt magassági jegy nincsen.

A két háború között Gárdonyi Jenő vezetésével zajlik a második, a „Gárdonyi-féle” országos szintezési hálózat kiépítése. [12] Mivel ekkorra az ország kapcsolata a tengerrel megszűnt, a viszonyítási alap a nadapi főalappont lett. A munkálatokat most sem tudták befejezni a második világháború miatt, ráadásul a már elkészült magassági jegyek közül is nagyon sok elpusztult. Budapesten 1935-36-ban Gárdonyi Jenő és Oltay Károly vezetésével határozták meg a fővárosi egységes magassági ponthálózatot. Ebből a hálózatból mind a mai napig számos falicsap megtalálható, átmérőjük 14 cm (lásd: 2. ábra), amelyekre utólag felszerelt lapon az adriai magasság értéke látható (ma már sok esetben ezek a lapok hiányoznak). Budapest területén ezeknek a magassági jegyeknek, ha kikérjük a pontleírását sok esetben csak a korabeli adriai magasságát kapjuk meg, tehát hivatalos balti magasságuk nincsen!

A háború után, 1948 és 1964 között épül ki a harmadik magassági hálózat, más néven a Bendefy-féle szintezési hálózat. Célja az volt, hogy minden településen legyen legalább egy magassági alappont. Ez meg is valósult, országszerte mintegy 23 500 pont létesült. A hálózat kiépítésekor

point in ETRS89 [5]. An accurate, reliable conversion of these coordinates into EOVS coordinates is only possible using the VITEL (Real-time Transformation Procedure) software developed by FÖMI (Institute of Land Survey and Remote Sensing). It is available for everyone on the website of GNSS Service Centre, or pre-installed on modern instruments. [6]

ACCURACY OF MEASUREMENTS IN PRACTICE

From the aspect of landscape design, it is also necessary to mention the accuracy of measurements. In the case of geodetic surveys for civil engineering, which includes landscaping, the technologies and instruments available allow for an average error below a decimetre, that is a few centimetres, with a high degree of certainty. In contrast, determining absolute heights requires greater caution. Comparing several measurements taken at different times and by different surveyors, there can be gross differences in height. When measuring altitudes above sea level, one can often expect errors (or what appear to be errors in practice) of more than a decimetre. It is often said that the measuring of absolute altitude is an order of magnitude worse than that of the horizontal position. It should be stated that the problem is not with the method or means of measuring height, but whether and how we can relate to height points, for which accurate and up-to-date (verified) data is known and clear. It is well known that in Hungary we use Baltic altitudes. But only a few know that there are three "types" of Baltic altitudes. It is very important to know that these

specific Baltic altitudes are not comparable, and if they are interchanged, there can be differences up to a decimetre. [7]

For horizontal positioning, instead of a geoid, a mathematically well-defined base surface (rotation ellipsoid) is used, which is suitable for practical calculations. In the choice of the base surface, the aim is that this substitution should result in only a slight deviation in the determination of the horizontal position of the points. In terms of height, however, the difference between the geoid and the rotation ellipsoid can be more than ten metres. This is of course not permissible; the base surface used for horizontal measurements cannot be used for height measurements, but a surface passing through the mean sea level of the Baltic Sea must be used. [8]

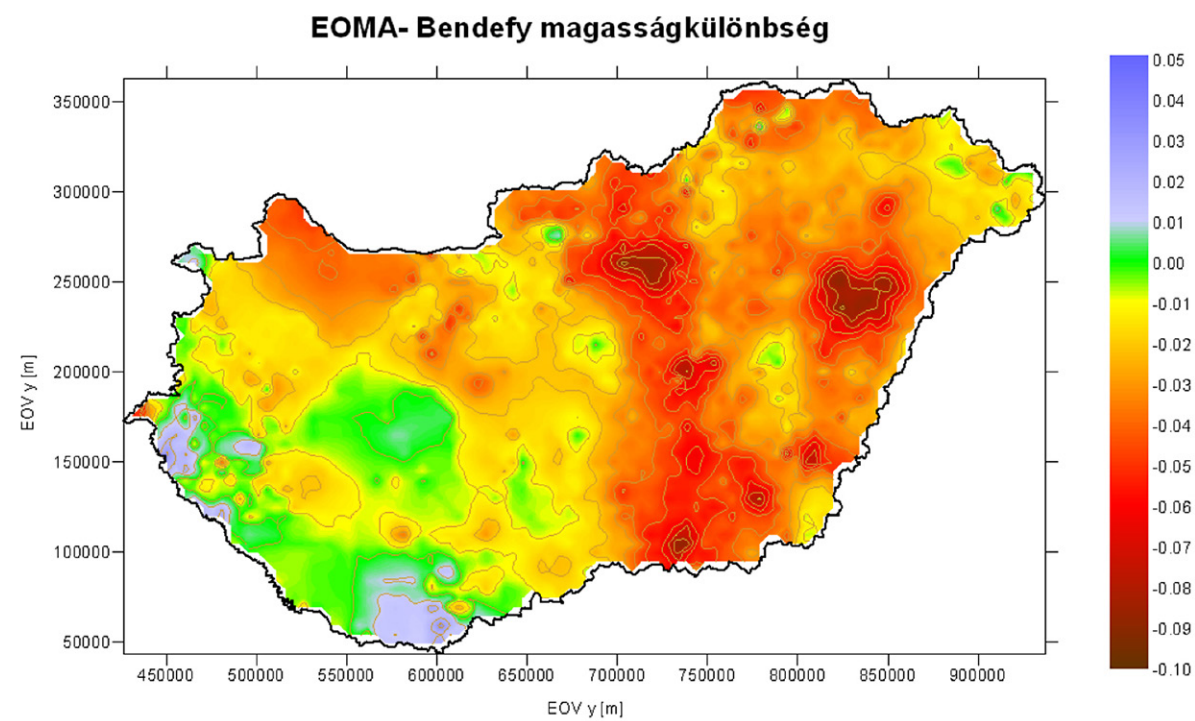
The acceleration due to gravity is constant at a specific level surface. In order to determine our network of elevation base points as accurately as possible, we need to have a model of the basic surface. This requires accurate gravimetric measurements. In the last 100 years, there has been a huge development in this field, and increasingly accurate gravity anomaly maps are available. [9-10] In parallel, the existing elevation base point network of the country has been recalculated several times, and the newly established elevation base points have been determined taking into account the latest knowledge. [11]

The establishment of the first national levelling network began in 1872. It was based on the mean water level of the Adriatic Sea (Adriatic elevation), and seven main base points were constructed. One of these was the main base point of Nadap, the height of which was derived in 1888. At this early phase, levelling

work progressed slowly, and was interrupted by the First World War. There is no altitude mark from this period which is still in use in practice.

In the Interwar Period, the second national levelling network, the so called "Gárdonyi network" was built under the leadership of Jenő Gárdonyi. [12] Since the country's access to the seas had been cut by this time, Nadap base point became the main point of reference. Again, the work could not be completed because of the Second World War, and many of the elevation marks that had already been completed were destroyed. In Budapest, the universal network of elevation points was established in 1935-36, under the leadership of Jenő Gárdonyi and Károly Oltay. Out of this network, there are still several wall-mounted survey marks exist, with a diameter of 14 cm (Figure 2), on which the Adriatic altitude is shown on a plate (in many cases these plates are missing today). In Budapest, if you request the data of these elevation marks, you will often only get the Adriatic height of the time, so they have no official Baltic height defined.

After the Second World War, between 1948 and 1964, the third national levelling network, also known as the Bendefy network, was built. The aim was to have at least one elevation base point in each municipality. This was achieved and some 23 500 points were established throughout the country. The network was built using some of the points of the previous network (so that some points of the previous network may have two different heights). The main base point of Nadap was used as the reference point for the network, so that the network was initially based on Adriatic heights. In December 1958, it was



az előző hálózat egyes pontjait is felhasználták (így fordulhat elő, hogy a korábbi hálózat némely pontjának két-féle magassága is van). A hálózat kiépítései a nadapi főalappontot kiindulási magasságként használták, így a hálózat kezdetben adriai magasságokkal dolgozott. 1958 decemberében rendelték el, hogy Magyarországon a balti alapszintet kell használni. Az átállítás, átszámítás 1960-ban történt meg, oly módon, hogy az adriai magasságokból ki kellett vonni 0,6747 métert.

Tehát: **balti magasság = adriai magasság - 0,6747 m**

A negyedik szintezési hálózatot, az EOMA-t (Egységes Országos Magassági Alapponthálózat) az 1960-as évek közepétől kezdik kiépíteni. Ez több ok miatt is szükségessé vált, amelyek között a korábbi pontok pusztulása, a kéregmozgások és épületsúlynyedések miatti magassági változások, illetve az 1972-ben bevezetett új magyar vízszintes vonatkoztatási rendszer, a HD72 [13] állt. A hálózat kiépítése lassan zajlott. Több ezer új magassági jegy létesült, a kiépítés során cél volt, hogy 1 pont/4 km² átlagos pontsűrűség jöjjön létre. Az EOMA magasságok is balti magasságok, viszont a hálózat átszámítása miatt az azonos pontok esetében a

korábbi Bendefy-féle balti és az EOMA magasság egymástól akár deciméteres eltérést is mutathat (lásd: 3. ábra)!

Tehát a főváros esetében háromféle (adriai, Bendefy-féle balti, EOMA balti) magassággal rendelkező alapponttal is találkozhatunk. Nagyon fontos, hogy ha ezeket egymással összemérjük, akkor akár deciméteres eltérést is tapasztalhatunk. Ezért elengedhetetlen, hogy a tervezési alaptérképeken fel legyen tüntetve a felhasznált magassági alappontok sorszama és jó esetben a pontleírás is. A kitűzési terven szintén szükséges szerepeltetni ezeket az adatokat.

Sajnos az abszolút magasságok mérésének problémája ezzel nem zárható le, hiszen napjainkban legtöbbször geodéziai GPS segítségével „szeretjük” létrehozni alappontjainkat. Ez jóval egyszerűbb, mint alappontokat keresni, ezek adatait megvásárolni és elmérni e pontokig. A geodéziai GPS-ek mérési pontosságáról azt kell tudni, hogy magassági értelemben pontatlanabbak mint vízszintesen. Tehát gyakorlatilag vízszintesen cm pontosan határozható meg a pozíció, magasságilag csupán cm-dm pontosan, az adott mérési környezetnek megfelelően. Itt is megjegyezzük, hogy a geodéziai GPS-el mért magasságok a transzformáció

után „hivatalosan” EOMA magasságot adnak, de az így mért magasságot, ha egy falicsap EOMA magasságával összemérjük, akkor számottevő mértékű hibát is tapasztalhatunk.

A geodéziai GPS mérési hibái számos bonyolult ok együttes hatása miatt állnak elő. Az 1. táblázat azt mutatja, hogy gyakorlatilag milyen eltéréseket kaphatunk a megismételt mérések esetén. Ezen a helyen meg kell jegyezni, hogy ha a mérések között nem néhány óra, hanem hónapok vagy évek telnek el az eltérés ennél akár nagyobb is lehet.

Az alappontok meghatározása kapcsán a geodéziai műszerek használatának gyakorlati tapasztalatai egybevágnak a szakirodalomban közölt ellentmondások jellegével és az eltérések mértékével. Az ellentmondások feloldása minden esetben alapvető fontosságú.

Az utóbbi hónapokban (a MATE - Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet által beszerzett) legújabb generációs geodéziai GPS-el [14] végzett vizsgálat eredményei a fentiekben leírt ellentmondásoknál jóval kisebb hibákat produkáltak. Egy pont pozíciója megismételt mérés esetén jóval megbízhatóbb lett, mint amit a szakirodalom említ, vagy amit mi is korábban tapasztaltunk (lásd: 2. táblázat).

3

3. ábra/fig. 3:
EOMA – Bendefy magasságkülönbség méterben / Height differences between the EOMA and Bendefy networks in metres (FORRÁS/SOURCE: HORVÁTH TAMÁS,

TISZTÁZTALAN KÉRDÉSEK AZ RTK TECHNOLÓGIÁVAL VÉGZETT MAGASSÁGMÉRÉS TERÜLETÉN, HTTP://WWW.SGO.FOMI.HU/FILES/MAGASSAGI_PROBLEMAK.PDF)

decreed that the Baltic base level should be used in Hungary. The changeover and conversion took place in 1960, in such a way that 0.6747 metres were subtracted from the Adriatic altitudes:

Baltic altitude = Adriatic altitude - 0.6747 m

The fourth levelling network, the EOMA (Universal National Networks of Elevation Base Points), started to be developed in the mid-1960s. This became necessary for a number of reasons, including the decay of earlier points, changes in elevation due to crustal movements and building subsidence, and the new Hungarian horizontal reference system HD72 [13] introduced in 1972. The establishment of the network went rather slow. Thousands of new altitude points have been added, with the aim of achieving an average point density of 1 point / 4 km². EOMA heights are also Baltic heights, but due to the recalculation of the network, the former Bendefy Baltic and EOMA heights may differ by a decimetre for some points (Figure 3).

Thus, in the case of the capital, we can find base points of three different heights (that of Adriatic, Bendefy Baltic and EOMA Baltic). It is very important to note that compare these with each other, we can see a difference of up to a decimetre. It is therefore essential that the design layouts indicate the serial number of the elevation base points used and, if possible, also the point data. It is also necessary to include this information on the mark out plan.

Unfortunately, this does not solve the problem of measuring absolute heights yet, since nowadays we tend to establish our base points using mostly geodetic GPS. This is much easier than searching for base points, buying their data and

measuring to these points. One thing to know about the accuracy of geodetic GPS is that they are more inaccurate in elevation than in horizontal measurement. Practically, horizontal positions can be determined to the nearest centimetre, while vertical positions only to the nearest centimetre or decimetre, depending on the measurement circumstances. It should also be noted that, after transformation, the heights measured with a geodetic GPS formally give the EOMA height, but if the height measured in this way is compared to the EOMA height of a wall-mounted survey mark, we might experience a significant error.

Measurement errors of geodetic GPS are the result of a combination of many complex causes. Table 1 shows the practical deviations that can be observed in repeated measurements. It should be noted here that if months or years rather than a few hours elapse between measurements, the deviation may even be greater.

The practical experience of using geodetic instruments in defining the base points is consistent with the nature and extent of the discrepancies reported in the literature. Resolving discrepancies is essential in all cases.

The results of a survey carried out with equipment of the latest generation of geodetic GPS [14] (procured by the Institute of Landscape Architecture, Urban Planning and Garden Art) in the recent months have produced errors much smaller than the discrepancies described above. In the case of repeated measurements, the position of a point was much more reliably defined than what is described in the literature or what we have previously observed (Table 2).

Pontszám / Point ID	Y (m±mm)	X (m±mm)	H (m±mm)	Idő / Time	Műholdak száma / No. of satellites GPS / Glonass
GPS0001	646732,533±11	273264,880±17	136,971±18	09:14:15	7/6
	646732,517±9	273264,888±15	136,906±17	09:55:59	7/6
	Δ = +16mm	Δ = -8mm	Δ = +65mm		
GPS0002	646783,482±7	273309,895±14	113,233±16	10:23:47	8/6
	646783,483±6	273309,926±9	113,243±12	12:06:47	7/4
	Δ = -1mm	Δ = -31mm	Δ = -10mm		
GPS0003	646742,291±7	373334,427±15	113,305±16	10:34:39	6/6
	646742,295±6	273334,439±9	113,248±12	12:03:19	6/6
	Δ = -4mm	Δ = -12mm	Δ = +57mm		
GPS0004	646748,055±6	273381,893±10	106,137±12	12:12:37	7/5
	646748,050±9	273381,887±19	106,175±23	13:13:14	6/4
	Δ = +5mm	Δ = +6mm	Δ = -38mm		

Megismételt mérés dátuma / Date of the repeated survey	Y	Átlagtól való eltérés / Deviation from the average, mm	X	Átlagtól való eltérés / Deviation from the average, mm	H	Átlagtól való eltérés / Deviation from the average, mm
2021.07.07	647853.612	-1	229722.220	-4	107.795	-4
	647853.609	2	229722.214	2	107.797	-6
2021.07.24	647853.608	3	229722.211	5	107.798	-7
	647853.615	-5	229722.213	2	107.792	-1
2021.07.26	647853.612	-2	229722.212	3	107.795	-4
	647853.604	7	229722.218	-2	107.781	10
Average	647853.611		229722.216		107.791	

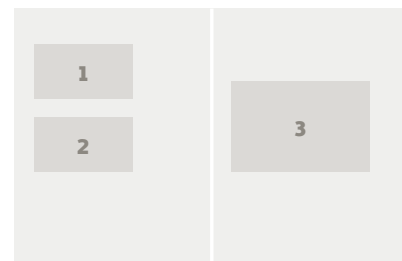
Hasonlóképpen kisebb ellentmondásokat tapasztaltunk akkor is, amikor magassági alappontokat mértünk össze GPS-el meghatározott magasságú pontokkal. Négy esetet mutat be a 3. táblázat. Ezek értelmezésekor azt is figyelembe kell venni, hogy az összemért pontok távolsága akár több száz méter is volt és a mérés mérőállomással történt, egy vagy több álláspontból. Ez azt jelenti, hogy az eredmény nem csak a két magassági alappont hibáját, hanem az összeméréskor keletkezett mérési hibákat is tartalmazza.

Összefoglalva kijelenthető, hogy a GPS-el mért x,y koordinátákat nagy biztonsággal használhatjuk felmérésre és kitűzésre egyaránt. Az előforduló néhány centiméteres eltéréseknek nincs számottevő gyakorlati jelentősége. Ezzel szemben a tengerszint feletti magasság meghatározására – amennyiben centiméteres pontosság szükséges – csak jól átgondolt módon használjuk a GPS-es mérések eredményét. Hasonlóan óvatosan kell eljárunk akkor is, ha mun-

kánk során magassági alappontot használunk. Csak akkor lehetünk biztosak mérésünk minőségében, ha legalább két magassági alappontunk van, amelyeket összemérve megbizonyosodtunk, hogy köztük az eltérés hibahatár alatti.

Kérdés akkor, hogy mi a „hivatalos” eljárás abszolút magasságok mérése esetében, hiszen az nem megengedhető, hogy deciméteres eltérések jelentkezzenek a kivitelezés során. Lehetőség szerint falicsapokról vegyünk le magasságot, amelynek hivatalos pontleírását meg is tudjuk vásárolni. Másodsorban mindig tisztában kell lenni azzal, hogy a tervezési alaptérkép és minden egyéb felhasznált szakági térkép balti magasságai pontosan milyen balti magasságok, illetve a felmérésre pontosan melyik alappontot használták. Ha ezeket nem tudjuk, a felmerülő magassági eltéréseket sem tudjuk korrigálni, ha viszont igen, részben van erre mód.

Nagyon fontos gyakorlati tanács, hogy tervezési alaptérképek készítése és a kitűzés során mindig végezzünk ellen-



1. táblázat/ table 1:

Pontmeghatározás eredményei megismételt mérés esetén / Results of point surveys in the case of repeated measurements (FORRÁS/SOURCE: RÓZSA, SZABOLCS–TAKÁCS, BENCE, MMK-GGT TOVÁBBKÉPZÉSI TANANYAG, ELŐADÁS, BUDAPEST 2019.)

2. táblázat/ table 2:

Pontmeghatározás eredményei megismételt mérés esetén / Results of point surveys in the case of repeated measurements (VAJDA SZABOLCS VIZSGÁLATA ALAPJÁN / ACCORDING TO MEASUREMENTS BY SZABOLCS VAJDA)

3. táblázat/ table 3:

Vízszintes alappont és GPS-el mért pont magasságának összemérése / Comparing GPS defined horizontal base points (VAJDA SZABOLCS VIZSGÁLATA ALAPJÁN / ACCORDING TO MEASUREMENTS BY SZABOLCS VAJDA)

Helyszín / Location	Pontok jellege és abszolút magassága / Type and absolute height of the point	Különbség / Difference (mm)	Megjegyzés / Notes	Magassági alappont száma / No. of vertical base point
Budapest, Erzsébet hidon lévő pont / On the Elisabeth Bridge, Budapest	Pont falicsapról levezetett magassága / Height of the point relative to the wall-mounted survey mark	108.440 EOMA	-16	Mérőállomással egy álláspontból mérve, falicsap-pont távolsága 200 m / Using a total station, the distance between the wall-mounted survey mark and the point of measurement was 200m
	Pont GPS-el közvetlenül mért magassága / Height of the point as measured by GPS	108.424 EOMA		
Budapest, Erzsébet híd pesti hídfőjén lévő magassági alappont / Pest landing of Elisabeth Bridge, Budapest	Erzsébet híd magassági alappont / Vertical base point at Elisabeth Bridge	104.063 EOMA	-15	Erzsébet híd magassági alappont és a GPS-el mért pont közötti távolság 150 m, összemérve mérőállomással egy álláspontból / The distance between the vertical base point at Elisabeth Bridge and the point measured by GPS was 150m, compared with the use of a total station
	Alappont GPS-el mért állásponttól levezetett magassága / Height of the base point relative to a GPS-measured point	104.048 EOMA		
	Kastélyosdombó, Templom lábázatában lévő falicsap / Wall-mounted survey mark at the plinth of the church, Kastélyosdombó	Falicsap magassága / Height of the wall-mounted survey		
Budapest, Hotvát Mihály tér falicsap / Wall-mounted survey mark on Horvát Mihály Square, Budapest	Falicsap GPS-el mért állásponttól levezetett magassága / Height of the wall-mounted survey mark relative to a GPS-measured point	110.077 EOMA	12	Két GPS-el mért pont közé beillesztett magassági vonalról levezetve. Vonal hossza 250 m / Deduced from the line inserted between two GPS-measured points. Length of the line was 50m
	Falicsap felírt magassága / Height of the wall-mounted survey	104.590 Adriai	-35	Mérőállomással több állásponton keresztül mérve, mért magassági alappont távolsága 100m / Using a total station across multiple points, the distance of the vertical base point measured was 100m
Falicsap GPS-el mért állásponttól levezetett magassága / Height of the wall-mounted survey mark relative to a GPS-measured point	103.880 EOMA			

Similarly, we have observed lesser discrepancies when comparing altitude base points with altitude points defined by GPS. Four examples are shown in Table 3. When interpreting these, it should be noted that the distance between the points compared was up to several hundred metres and that the measurement was made with a metering station from one or more positions. This means that the result includes not only the error of the two height reference points but also the measurement errors that occurred when the two points were compared against each other.

In summary, the x,y coordinates measured by GPS can be used with great confidence both for surveying and for marking out. The deviations of a few centimetres have no relevance in practical terms. On the contrary, if an accuracy of centimetre is required, the results of GPS measurements should only be used in a well-considered way to determine the altitude above sea level. We must be similarly careful when using

a height base point in our work. We can only be sure of the quality of the measurement if we have at least two height reference points that you we compared to ensure that the difference between them is below the margin of error.

The question then is what is the "official" procedure for measuring absolute heights, as it is not permissible to have decimetre variations during construction. If possible, we should always take the heights of wall-mounted survey marks, for which we can also buy the official point data. Secondly, it is always necessary to be aware of exactly what type of Baltic heights are on the base map and on any other layouts used, and exactly which base point was used for the survey. If we do not know these, we cannot correct the height discrepancies, but if we do, there is a way to partially resolve it.

It is a very important practice to always carry out control measurements of the nearby canal covers during the preparation of base maps

