



PÓSÁN PATRIK

TÉRINFORMATIKAI RENDSZERBE INTEGRÁLT KÖZÚTI VASÚTI PÁLYA - INFRASTRUKTÚRA NYILVÁNTARTÁS FEJLESZTÉSE EXCEL KÖRNYEZETBEN

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

Konzulensek

Dr. Vinkó Ákos Ph.D. - Út és Vasútépítési Tanszék, Adjunktus

Pászti Renátó - STRABAG Vasútépítő Kft., HQ Direkción FF terület

BUDAPEST, 2022

TARTALOMJEGYZÉK

Kivonat.....	4
ABSTRACT	5
Bevezetés.....	7
1. Szakirodalmi kitekintés	9
1.1. Vasúti pályainfrastruktúra nyilvántartási rendszerek (tervezés, kivitelezés és fenntartás) eszközei és hazai alkalmazása	9
1.1.1. MÁV Térinformatikai rendszere és Toporail	9
1.1.2. PATER döntéstámogató és szakértői rendszer (MÁV KfV Kft.).....	10
1.1.3. BKV-nál használatos pályavasúti műszaki nyilvántartás	11
1.2. Pályavasúti műszaki nyilvántartás külföldön alkalmazott megoldásai (a „vasútépítés” területén).....	11
1.2.1. EU – A VIKI – Vasút Igazgatási Központi Informatikai rendszer a vasúti infrastruktúra-szolgáltatói, illetőleg vasútállomási adatszolgáltatásban	11
1.2.2. Bécs - Wiener Linien pályavasúti műszaki nyilvántartása CUBAL (közúti vasút)	12
1.2.3. Kitérő állapotfelmérés és digitalizáció okos eszközök alkalmazásával (Android WORX mobil app)	14
1.2.4. Svájci példa a SBB felhasználásában	14
2. BInfra keretrendszer (Programcsomag)	14
3. BInfra keretrendszer működése	15
3.1. Adatbevitel	15
3.1.1. Új vonal kiválasztása és új munkalap létrehozása	15
3.1.2. Vízszintes vonalvezetési adatok és kitérők adatainak rögzítése.....	19
3.1.2.1. Vízszintes vonalvezetési adatok (ívek) megadása.....	20
3.1.2.2. Kitérők megadása	23
3.1.3. Felépítményadatok rögzítése	31
3.1.4. Exportálás	34
3.2. Adatfeldolgozás.....	37
3.3. Adatmegjelenítés	50
4. Használhatóság, gyakorlati alkalmazás	57
5. BIM 6D Fejleszthetőség	58
6. Mellékletek.....	59
7. Irodalomjegyzék.....	59

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra – Digitális megjelenített térképes pályavasúti nyilvántartás – pályaszakaszok beépítési éve ...	12
2. ábra – Elegytonna megjelenítése térképes formában	13
3. ábra – Műtárgy nyilvántartás(fent) és a pályaállapotot minősítő számok és a hozzá tartozó színezett térképi megjelenítés.....	13
4. ábra - BInfra Excel munkafüzetének „Home” oldala.....	15
5. ábra – Adatlap rögzítéséhez szolgáló űrlap üresen és adatokkal feltöltve.....	16
6. ábra - Vonal kiválasztásához szolgáló űrlap a dinamikusán frissülő listával.....	17
7. ábra – Adatbevitel típusának kiválasztásához szolgáló űrlap.....	19
8. ábra – Vonalvezetési adatok rögzítéséhez szolgáló (üres) űrlap	22
9. ábra – Vonalvezetési adatok rögzítéséhez szolgáló űrlap tisztaív (bal oldal) és átmenetiíves körív (jobb oldal) esetén adatokkal kitöltve	22
10. ábra – Kitérő típusának kiválasztásához tartozó űrlap, ahol látható a dinamikusán frissülő kitérő típusokat tartalmazó lista.....	25
11. ábra - Vonalvezetési adatok rögzítéséhez szolgáló űrlap kitérő esetén adatokkal kitöltve	25
12. ábra – Tiszta ív blokk elrendezése.....	26
13. ábra – Átmenetiíves ív blokk elrendezése	26
14. ábra – Bemenő átmenetiívvel rendelkező ív blokk elrendezése.....	26
15. ábra – Kimenő átmenetiívvel rendelkező ív blokk elrendezése	27
16. ábra – Egyszerű átmenőköriíves, csúccsal szemben kitérített irányban járt kitérő blokk elrendezése	27
17. ábra – Egyszerű egyenes, gyök felől kitérített irányból járt kitérő blokk elrendezése	27
18. ábra – Csúccsal szemben egyenesen járt kitérő blokk elrendezése	27
19. ábra – Gyök felől egyenesen járt kitérő blokk elrendezése	28
20. ábra – Egyszerű átmenőköriíves, gyök felől kitérített irányból járt kitérő blokk elrendezése.....	28
21. ábra – Egyszerű egyenes kitérők ($R_1 = R_2$) jellegrajza.....	29
22. ábra – Eltérő sugarú ($R_1 \neq R_2$) kosárirves egyszerű egyenes kitérő jellegrajza	30
23. ábra – Átmenetiíves kitérő jellegrajza.....	30
24. ábra – Felépítmény adatbeviteléhez szükséges űrlap üresen és adatokkal kitöltve.....	34
25. ábra – Felépítmény és felépítmény kiegészítő megadásához szolgáló dinamikusán frissülő listával ellátott űrlap.....	34
26. ábra – Szerkesztéshez, exportáláshoz és lap törléséhez elkészített űrlap, melyek tartalmazzák a dinamikusán frissülő, már meglévő és rögzített adatlapokat.....	35
27. ábra – Törléshez szolgáló űrlap.....	35
28. ábra - Helyszínrajzi derékszögű koordináták számítása egyenes és tisztaív közvetlen csatlakozásánál (a vasúti jármű a súlypontjában értelmezett tömegpont).	39
29. ábra – Görbületfüggvény főpontjainak előállításához alkalmazott alapalgorithmus	41
30. ábra – Tisztaív esetén a lineáris interpoláció miatti kisértékű ϵ eltolás.....	41
31. ábra – Görbületfüggvény főpontjainak előállításához alkalmazott alapalgorithmus „A” és „B” esetekben	42
32. ábra - Görbületfüggvény főpontjainak előállításához alkalmazott alapalgorithmus „C” és „D” esetekben	43
33. ábra – Alkotóelemek azonosítása	45
34. ábra – Már azonosított elemek	45
35. ábra – Már elkészített görbületfüggvény, érintőszögfüggvény és helyszínrajzi elrendezés elforgatása kezdőszögnek megfelelően	46
36. ábra – Kitérő irányának meghatározásához szükséges azonosító kiosztásának módszere.....	47
37. ábra – Egyszerű egyenes kitérők ($R_1 = R_2$) görbületfüggvénye.....	48
38. ábra – Eltérő sugarú ($R_1 \neq R_2$) kosárirves egyszerű egyenes kitérő görbületfüggvénye	48

39. ábra – Átmenetiíves kitérő görbületfüggvénye	49
40. ábra – Alap kitérő elhelyezésének algoritmus, illetve jobbos csúcs felől járt kitérő	49
41. ábra – Balos csúcs felől járt kitérő elhelyezése (Alap algoritmusban elhelyezett kitérő tükrözése x tengelyre).....	49
42. ábra – Jobbos gyök felől járt kitérő elhelyezése (Alap algoritmusban elhelyezett kitérő tükrözése y tengelyre).....	49
43. ábra – Balos gyök felől járt kitérő elhelyezése (Alap algoritmusban elhelyezett kitérő tükrözése x és y tengelyre)	50
44. ábra – Kitérő elforgatása kezdőszögnek megfelelően	50
45. ábra – BInfra adatok online térképes megjelenítése (Google Mymap)	52
46. ábra – Egyenes rajzilelem adatmegjelenítése	52
47. ábra – Átmenetiív adatmegjelenítése.....	53
48. ábra – Tisztaív adatmegjelenítése.....	53
49. ábra – Kitérő megjelenítése a hozzá tartozó adatokkal	54
50. ábra - Hektószelvény	54
51. ábra – Érintők megjelenítése	55
52. ábra – A mérővillamos GPS helyadatai alapján (felső kép), illetve a BInfra vágánytengelyen megjelenített (alsó kép) hibaadatok megjelenítése közötti eltérések.....	56

TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat – BInfra új adatbevitel háttéradat táblája - BKV hálózatan található vonalak jellemző paraméterei	18
2. táblázat – Kitérők tengelyábrájának kiszerkesztéséhez szükséges geometriai adatokat tartalmazó adattábla (részlet)	28
3. táblázat – A vízszintes vonalvezetési elemeket reprezentáló cellablokkoknál használt jelrendszer és azok magyarázata	29
4. táblázat – Kitérők helyszínrajzi elhelyezésének lehetséges megnevezései	31
5. táblázat – BInfra felépítményi adatok adattábla (részlet) - Jellemző felépítménytípusok és a megjelenítéshez alkalmazott RGB színek kódok (RGB/255 formátumban).....	33
6. táblázat – Exportált (.csv) fájl adattartalma.....	36
7. táblázat – Kosárív esetén kialakuló esetek összefoglalása	44
8. táblázat – Ellenív esetén kialakuló esetek összefoglalása	44
9. táblázat – Kitérő irányához tartozó lehetséges azonosítókhoz tartozó magyarázat.....	47

KIVONAT

A Budapesti Közlekedési Vállalat (továbbiakban BKV) jelenleg közel 150 kilométernyi közúti vasúti hálózatot üzemeltet, mely európai összehasonlításban is kiemelkedőnek számít. A hálózat több vonala is jelentős forgalmat bonyolít le, mint például a nagykorúti 4-6-os villamos, amely 24 órás üzemben közel 320 ezer utast szállít napi szinten. A hálózat nagysága és az átgördült elegytonna terhelés egyaránt megköveteli a legmodernebb döntéstámogató és munkáttervező rendszerek alkalmazását.

Az üzemeltetési és karbantartási költségek optimalizálásához nélkülözhetetlen egy egységes összefüggő és folyamatosan frissülő pályavasúti műszaki nyilvántartás, mely az üzemeltetett infrastruktúra statikus/kvázi statikus és időben változó állapot adatait is tartalmazza. Statikus attribútumnak tekinthető a pályageometria névleges tervezési értéke, kvázi statikusnak tekinthetők a felépítményi rétegrendre és a pályamenti műszaki létesítményekre vonatkozó adatok, míg a műszaki állapotra, valamint az üzemeltetésre vonatkozó nyilvántartási adatok időben változónak tekintendők. Jelenleg a BKV EOVB-beli (Egységes Országos Vetület) CAD alapú térképekkel és a pályafelügyeleti utasítás szerint ütemezett kézi és gépi állapotfelmérési adatokkal rendelkezik. A BKV mérővillamosa a teljes hálózatot évente kétszer felméri. A térképeken szereplő nyilvántartási szakadatok jelenleg nincsenek egy összefogó adatbázisban rendszerezve, ráadásul a mérővillamos és egyéb felmérésekből származó állapotadatok nyilvántartási adatokkal való összevetése is csak jelentős munkaerőráfordítással, kizárólag kézi úton lehetséges. A hatékonyság növelése érdekében egy olyan online térkép alapú szolgáltatás kialakítása válhat szükségessé, mely a vonalak statikus műszaki paraméterei mellett a mérővillamos felmérési adatait is tartalmazza. A térkép elkészítése egy minden irodában megtalálható táblázatkezelő program segítségével a pályageometria megadásával történik, mely után egy transzformáció segítségével online térképen a megfelelő attribútumok megadásával a teljes vonalhálózat rögzíthető. Rétegek kezelésével és lekérdezésekkel olyan bemenő adatok kérhetők le, melyek a fenntartási munkák tervezését nagyban megkönnyítik, sőt hatékonyabbá és gazdaságosabbá tehetik. A kialakított keretrendszer előnye, hogy online felületen akár irodából akár a villamosvágány mellett valamilyen okoseszközön keresztül elérhető, internetkapcsolattal rendelkező eszközöknek köszönhetően akár a helyszínen a felhasználó egyből adatot is rögzíthet. A rendszer további előnye, hogy minimális tudás szükséges a használatához, ugyanis a kialakítás során az automatizálható adatrögzítések kerültek előtérbe.

A keretrendszer a jövőben számos módon továbbfejleszthető. Kiemelkedő fejlesztés azonban a már meglévő térképes adatbázis átváltása BIM (Building Information Modelling) szintű modellekbe. A kulcs a modell részletezettségi szintjében rejlik. A magasépítésben kidolgozott és használatos, illetve vonalas

létesítmények esetén a szakirodalomban fellelhető tudásanyagot implementálva együttesen, a rendszer használata közben az Üzemeltetői igényeknek megfelelően, empirikus módszerekkel szükséges meghatározni a modell részletezettségi szintjét a jövőben.

ABSTRACT

The Budapest Public Transport Company (Hungarian short name: BKV) currently operates a railway network with a route length of almost 150 km, which is outstanding in European comparison. Several lines of the network have a significant traffic volume, such as tram line no. 4 and 6, which carries nearly 320,000 passengers per day in a 24-hour operation period. Both the size of the network and the cumulative gross tons require the use of state-of-the-art decision support and maintenance work scheduling systems.

To optimize operation and maintenance costs, it is essential to have a single coherent and continuously updated technical register of the track, including static/quasi-static and time-varying status data of the infrastructure in operation. The nominal design value of the track alignment can be considered as a static attribute, the data on the superstructure layering and track-side technical installations can be considered as quasi-static, while the technical status and operational inventory data can be considered as time-varying. At present, the BKV has CAD-based line maps in Unified National Projection (Hungarian short name: EOV) and manual and automated track condition survey data scheduled according to the track supervision instructions. BKV's track recording tram surveys the entire network twice a year. Currently, the infrastructure data from the line maps are not organised in a single database, and the reconciliation of the condition data from the survey and other surveys with the inventory data is only possible manually, with a significant labour input. In order to increase efficiency, an online map-based service may need to be developed that includes the static technical parameters of the lines as well as the survey data from the different kinds of measurements. The map can be created by entering the nominal track alignment in a spreadsheet program available in every office, and then a transformation can be used to record the entire network of lines on an online map by entering the appropriate attributes. By managing layers and queries, input data can be retrieved that can make the planning of maintenance work much easier and even more efficient and economical. The advantage of the framework developed is that, thanks to an online interface, the user can record data on the spot, either from the office or from a smart device with an internet connection, which can be accessed via a smart device alongside the tramway. A further advantage of the system is that it requires minimal knowledge to use, as the design is based on automated data recording.

The framework can be further developed in a number of ways in the future. However, a major development is the conversion of the existing mapping database into BIM (Building Information

Modelling) solutions. The key lies in the level of detail of the model. By implementing the body of knowledge available in the literature, developed and used in building construction and in the case of transport infrastructures, it is necessary to determine the level of detail of the model in the future, using empirical methods, in accordance with the needs of the operator while using the system.

BEVEZETÉS

Európa-szerte számtalan város rendelkezik közúti vasúti hálózattal (*a köznyelvben villamossal*), melynek az üzemeltetése és fenntartása jelentős anyagi ráfordítást, illetve erőforrást igényel. A mai kor követelményeinek megfelelően a legmagasabb szolgáltatási szintet kell biztosítani a lehető legoptimálisabb üzemeltetési költségek mellett. A korszerű pályafelügyeleti rendszerekben a munkáltatásokat a pálya állapotának felmérési eredménye alapján határozzák meg, így jóval a forgalombiztonságot veszélyeztető hiba kialakulását megelőzően be lehet avatkozni. Az alkalmazott döntéstámogató és munkáltatástervező rendszerek megbízhatóságának és hatékonyságának növelése érdekében egyértelmű cél a minél gyakoribb és széleskörűbb adatgyűjtés. A különböző módszerekkel gyűjtött állapotfelmérési adatokat, az információs technológia legmodernebb eszközeinek felhasználásával, egy olyan pályavasúti műszaki nyilvántartásban kell rendszerezni, amely egy döntéstámogató rendszer részeként lehetővé teszi a pályaállapotromlás modellezésével a hatékony munkáltatástervezést.

A vasúti pálya felépítményi és alépítményi elemei különböző várható élettartammal rendelkeznek és a használatból eredendő szabályos és vagy szabálytalan avulási folyamaton esnek át. A megelőző karbantartási munkák hatékony tervezéséhez a pályaállapotfelmérési adatok mellett kiemelten fontos ismerni az adott pályaszakasz műszaki paramétereit is. A naprakész pályavasúti műszaki adatok továbbá lehetővé teszik a pályaállapot, a felépítményszerkezeti kialakítás, a pályageometria és az forgalmi terhelés közötti összefüggések felállítását. Abban az esetben, ha az üzemeltető, a rendelkezésére álló erőforrások miatt, hibakövető karbantartási stratégiát alkalmaz akkor a hiba azonosítását követően kezdődhet csak meg a probléma elhárítását célzó munkáltatás tervezése. Legtöbb esetben a lokálisan jelentkező hibák javítása az éjszakai üzemszünetek alkalmával, vagy forgalom alatt is elvégezhető. A jelentősebb esetekben vágányzár mellett, több időt átölelő munkálatokra is szükség lehet. Amennyiben az üzemeltető rendelkezik megfelelő létszámú szakemberrel és munkagépekkel, akkor ezen problémák megoldása jellemzően zökkenőmentes lehet. A XXI. században jelentős problémát okozó tényező az idő. Így minden vállalat, de magánszemély is törekszik az idő lehető legjobb beosztására és kihasználására. Minél több tényező befolyásolja az adott munkafolyamatot annál hosszabb ideig is eltarthat egy-egy dolog elvégzése.

A Budapesti Közlekedési Vállalat jelenleg Budapesten közel 150 kilométernyi közúti vasúti hálózatot üzemeltet, amely európai összehasonlításban is kiemelkedőnek számít. A hálózatban található nyomvonalak különböző terepi adottság mellett és különböző beépítettségű területeken haladnak keresztül. Ennek következtében a helyi kötöttségektől függően egyedi pályavonalvezetés alakult ki.

Ráadásul a közúti vasúti pályát nem csak a villamos használhatja, közúttal közös forgalmú szakaszok is gyakoriak. Az eltérő igénybevételek miatt eltérő felépítésű és típusú felépítmény akár egy vonalon belül is többször előfordulhat. Amennyiben az üzemeltető rendelkezik a felépítményváltások pontos helyével, és pályaszerkezeti elemekkel kapcsolatos részletes műszaki nyilvántartással akkor jelentős időt és szervezési problémákat takaríthat meg.

A villamoshálózat nem csak hosszban, hanem egyes vonalak forgalmi terhelés szempontjából is kiemelkedőek. A Széll Kálmán tér – Margit híd – Nagykörút – Petőfi híd útvonalon a 4-es villamos esetén Újbuda központig, míg 6-os villamos esetén Móricz Zsigmond körtérig közlekedő viszonylatokon napi szinten, jellemzően 38 darab, egyenként 69,7 tonnás 54 méter hosszú szerelvények szolgálják ki az utazókat. Csúcsidőben kevesebb, mint két percenként követik egymást a világ második leghosszabb egyterű utasszállító villamosai. Fontos megjegyezni, hogy az első leghosszabb, a BKV hálózatának 1-es vonalán közlekedik. A köznyelvben csak 4-6-os villamosok 24 órában közel 350 ezer főt szállítanak. Az adatokból érezhető, hogy egy ilyen vonal bármilyen nagyobb – vágányzárt igénylő – karbantartási munkája jelentős forgalmi zavart eredményezhet. A vonal az elmúlt időszakban, jellemzően nyaranta többször, több szakaszban átépítésre került.

A BKV villamoshálózatán – a 6-os villamos kivételével – jellemzően 3 óra 40 perc és 23 óra 40 perc között villamos üzem működik. A fennmaradó közel háromórás időtartam alatt a fenntartásért felelős pályafelügyeleti szolgálat bizonyos vizsgálatokat és munkálatokat végeznek el. Ezen időtartam hossza a legtöbb esetben nem elegendő minden karbantartási munka elvégzéséhez, főleg, ha nincs megfelelő ütemezés. A nagyobb munkálatok során így vágányzár szükségeltetik.

Az előzőekben kiemelt üzemeltetési feladatok támogatása miatt a vasút fenntartásban dolgozó szakembereknek szüksége van egy olyan nyilvántartási rendszerre, mely a meglévő hálózat műszaki paramétereit és a pályafelügyelet szempontjából releváns üzemeltetési adatokat is tartalmazza. Mivel a vasútépítés vonalas létesítménynek minősül így a vonalvezetés adatokat elegendő vágánytengellyel ábrázolni, melyhez különféle attribútumok hozzárendezésével egy közel statikus adatbázis hozható létre.

Az előbbieken bemutatott okok miatt került kifejlesztésre a **BInfra keretrendszer**. Egy egyszerű, kevés szaktudást igénylő keretrendszer melyhez minimális programismeret és bármely irodában megtalálható programok használata szükséges. A BInfra pontos működés és felépítés bemutatása a dolgozat további fejezeteiben található.

A keretrendszer a Budapesti Közlekedési Vállalat (*továbbiakban BKV*) jelenlegi gyakorlatához került igazításra, de alapvetően, ma Magyarországon közúti vasutat üzemeltető cégeknek megfelelő

keretrendszerévé alakítható kis beavatkozással. Szerencsére a BKV hálózat sokszínűsége miatt jelentős előnyt jelentett a rendszer kialakításában, mivel a legtöbb gyakorlatban járatos helyszínrajzi elrendezéssel és pályaszerkezeti kialakítással találkoztam.

1. SZAKIRODALMI KITEKINTÉS

Jelenleg Magyarországon és külföldön is számos megoldás említhető a pályavasúti műszaki nyilvántartás és döntéstámogató rendszerek területén. Ezek a programrendszerek jellemzően az adott cég specifikációját (vonatkozó vasútüzemi előírásokat) követik, de általános közös elemek is megtalálhatóak.

1. 1. Vasúti pályainfrastruktúra nyilvántartási rendszerek (tervezés, kivitelezés és fenntartás) eszközei és hazai alkalmazása

Hazánkban a legnagyobb törekvés a Magyar Államvasutaknál *(továbbiakban: MÁV)* tapasztalható. A MÁV hálózatának nagyságából adódóan fontos egy naprakész pályavasúti műszaki nyilvántartási rendszer alkalmazása.

1.1.1. MÁV Térinformatikai rendszere és Toporail

A MÁV Térinformatikai rendszere *(továbbiakban MTR)* egy keretrendszer, melyet a MÁV megbízásából fejlesztettek ki 2007-től kezdődően. A program számtalan pályavasúti műszaki információt tartalmaz többek között a meglévő vasútvonalak pályatengelyét, jelző-, és biztosító berendezéseket, peronokat, állomásépületeket és egyéb létesítményeket. Ezeket az adatokat egy térképen meg lehet jeleníteni, amelyek különböző rétegeken helyezkednek el.

A jogosultsággal rendelkezők a meglévő rendszerből kérhetik ki a szükséges adatokat. Ezen adatlekérés alkalmával a legújabb adatokat tartalmazó rajzi fájlt kapnak. A rendszerben tárolt pályavasúti nyomvonalak geodéziai módszerekkel kerültek felmérésre. A megvalósíthatósági tanulmányok készítéséhez előszeretettel felhasználják az egyes tervező cégek a pálya vonalvezetésére vonatkozó információkat.

Az 1. melléklet és 2. melléklet tartalmazza a Toporail-ról készült képernyőfotót, illetve részlet olvasható a rétegkezeléséről.

1.1.2. PATER döntéstámogató és szakértői rendszer (MÁV KfV Kft.)

A PATER egy vasúti pályadiagnosztikai döntésssegítő számítógépes program, amely a vasúti pályauzemeltetés vezetőinek, elemző szakértőinek és a pályafenntartási mérnököknek, szakembereknek a mindennapi munkáját támogatja. A program szolgáltatást nyújt a vasúti infrastruktúra-adatok (hálózati, szervezeti és törzsadatok, valamint egyéb műszaki adatok), továbbá a mérési adatok naprakész nyilvántartásában, azok grafikus megjelenítésében és elemzésében, a pályasebesség és karbantartási munkák tervezésében, az elvégzett fenntartási munkák, illetve hiba megszüntetések dokumentálásában.

A program szolgáltatása flexibilisen alakítható, egy vasúttársaság sajátos műszaki igényeihez egyedileg adaptálható a rendszer.

A PATER-ben alkalmazott nyilvántartások alapja a fizikai és logikai hálózatdefiníciók. A fizikai szintű hálózatdefiníció során vasútvonalaktól függetlenül a természetben létező pályák, szelvények, hibaszelvények stb. meghatározására kerül sor. Erre épül az úgynevezett logikai szint, mely a vasúttársaság által meghatározott vasútvonal-struktúrát tartalmazza, így a vasútvonalak kijelölésének módosítása nem okoz zavart a rendszerben, vagyis a korábbi adatok konzisztenciája biztosított. A hálózatdefiníció során földrajzi koordináták használatával lehetővé válik a térképi megjelenítés is.

A vágánytengelyeket GNSS online térkép referencia segítségével manuálisan pontok rögzítésével hozták létre. Ebből adódik, hogy nem pontos a megjelenített vonal. Ezt azzal korrigálták, hogy bizonyos kötőpontokat geodéziai módszerekkel is felmértek, amelyek referenciaként biztosítják a pályafelügyelet által elvárt pontosságot a hibák helyszíni beazonosíthatóságához. A dinamikusan frissülő adatok vonalra és állomásra szűrhetőek, akár több évre visszamenőleg is, feltéve, ha rendelkezésre áll adat. Különböző diagram elrendezések segítik a felhasználót. Jellemzően SAD (Síktorzulással súlyozott addiktív minősítő szám rövidítése) számokat jelenítenek meg azokon, így a pálya állapota minősíthető.

A Páter rendszer hamarabb készült el, mint az MTR, így a pontos vágánytengely frissítése nem történt meg, de az alapszintű adatkapcsolat kialakításra került. [1]

1.1.3. BKV-nál használatos pályavasúti műszaki nyilvántartás

2019-ben a BKV megrendelésére egy tervező cégekből álló konzorcium elkészítette a teljes közúti vasúti hálózat ún. „digitális” térképi állományát, amely lényegében egy geodéziai felmérésen alapuló EOVS (Egységes Országos Vetület rövidítve) koordinátahelyes térképi állományt jelent (.dwg) formátumban. Az adatállomány mérete és megfelelő kezelhetősége miatt az egyszerre megjeleníthető adatok mennyisége korlátozott. Az egyes viszonylatok a vonatkozó ingatlan-nyilvántartási adatokkal együtt külön-külön fájlokban érhetők el. A térképeken szereplő műszaki adatok sokszor hiányosak és bizonyos esetekben elírásokat is tartalmaznak. A pályatervezési, valamint a felépítményi adatokat tekintve a térképek nem tartalmazzák a tervezett túlemelés értékét, nincs információ a beépített sínek anyagminőségére, illetve a beépítési évére vonatkozóan sem. Az adatállomány frissítés kizárólag „kézi” úton CAD szoftver alkalmazásával lehetséges, amely megköveteli a költséges szoftverlicenszek meglétét és a szoftver használatához szükséges ismereteket is. Ráadásul a pályavasút egyes elemeire vonatkozó részletes műszaki adatok egy táblázatkezelő szoftverben vezetett külön nyilvántartásokban szerepelnek, amelyek a térképpel való együttes értelmezése nem, vagy csak nehezen megoldott.

1. 2. Pályavasúti műszaki nyilvántartás külföldön alkalmazott megoldásai (a „vasútépítés” területén)

Külföldön is jelentős törekvések vannak olyan nyilvántartási rendszerek alkalmazására, mely valamilyen szinten segítheti a fenntartás és üzemeltetési optimalizálást. A következő pontokban jellemzően német területeken alkalmazott rendszerek bemutatása történik meg.

1.2.1. EU – A VIKI – Vasút Igazgatási Központi Informatikai rendszer a vasúti infrastruktúra-szolgáltatói, illetőleg vasútvállalati adatszolgáltatásban

Általános minden vasúti üzemre kiterjedő nyilvántartási egységes adatbázis az Európai Unióban. BKV-tól is igényelnek adatszolgáltatást a megfelelő elő struktúrában.

A kialakított rendszer egyik fő része a vasúti infrastruktúra nyilvántartó modulja, melynek fő célja, hogy biztosítsa a hálózat jellemzőinek átláthatóságát és referencia-adatbázisként szolgáljon. A nyilvántartás alapegysége a vonalszakasz, a szolgálati hely, a tartózkodási

hely, fővágány és végül a mellékvágány. Ezekhez különféle azonosítók kerülnek társításra. Az alapadatok egy algoritmus alapján egymáshoz kerültek rendelésre. Így további adatok, mint például a vonal kialakítása, vágányparaméterek, váltók és keresztezések és vágányterhelések is összefűzésre kerültek. Ezen felül több modul található a rendszerben, melyek a vasúti járműveket is tartalmazzák.

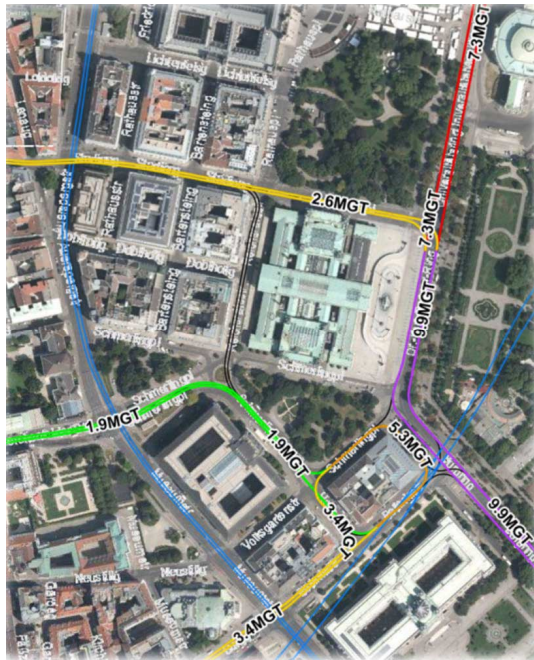
A rendszer hiányossága, hogy nem tudja kezelni a nagyvasúttól eltérő vasúti üzemeket. Városi vasutak tekintetében nincsenek szelvénykövek, hibaszelvények sem. Terminológiai különbségeket lehet felfedezni, azonban az adatmezők megegyeznek minden vasúti üzemnél. [2]

1.2.2. Bécs - Wiener Linien pályavasúti műszaki nyilvántartása CUBAL (közúti vasút)

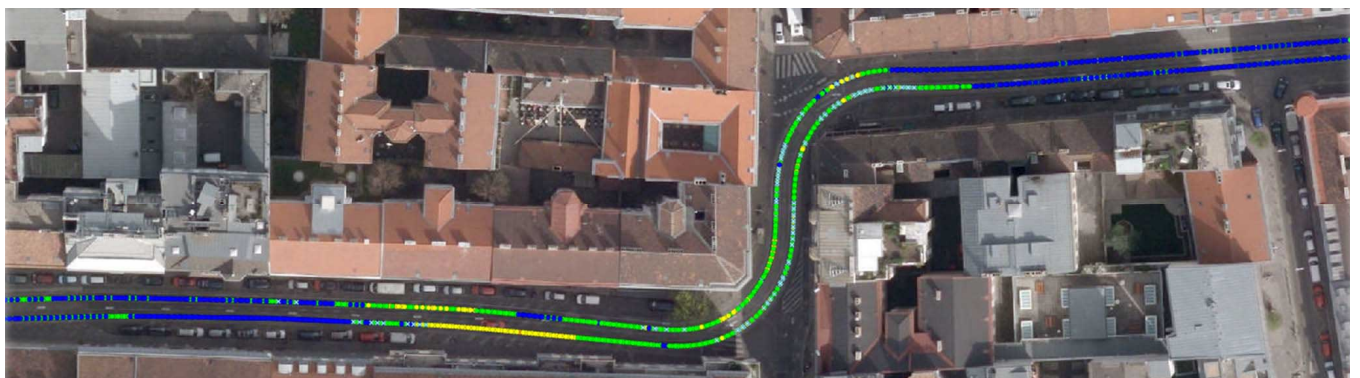
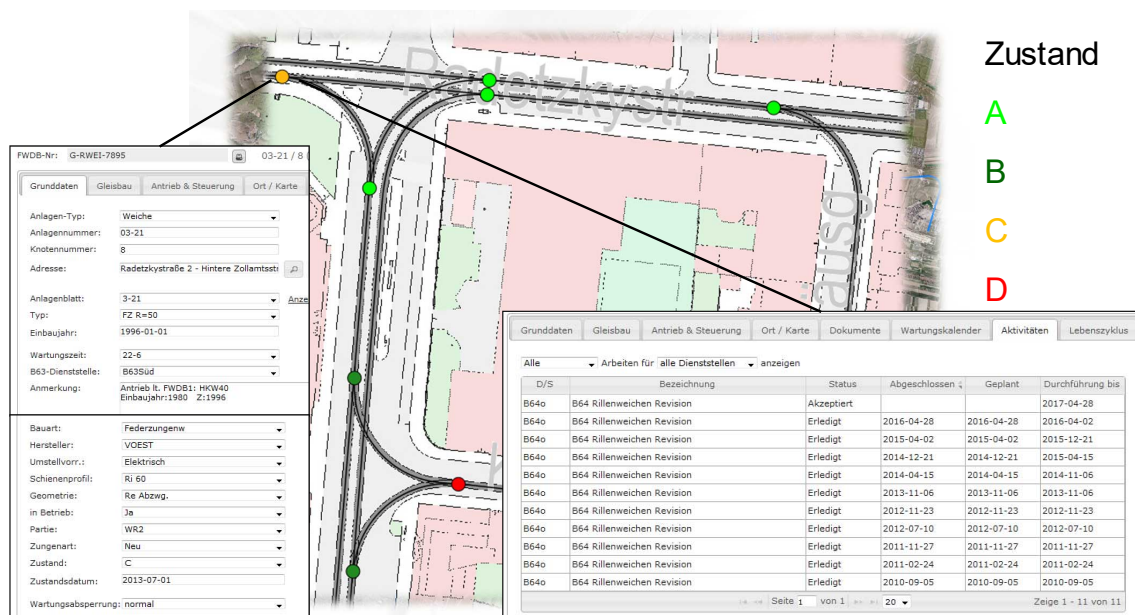
Bécsben 2004-ben állították üzembe a mérővillamosukat, amely a pálya fekvésgeometriai hibái mellett a sínprofil mérésére is alkalmas. 2004-et megelőzően nagy hangsúlyt fektettek a pályavasúti nyilvántartási adatok digitalizálására. A digitális térkép az alábbi adatokat tartalmazza: vonalvezetési adatok (ív sugara, hossza, egyenes szakaszok hossza, melyek a vágánytengelyen kerülnek kiírásra). A pálya építésének éve, a vonalak elegytonna terhelése (MGT – million gross tons: millió bruttó tonna), továbbá infrastrukturális létesítmények műszaki adatai – kitérők – illetve általános pályaállapot-minősítési adataik. [3]



1. ábra – Digitális megjelenített térképes pályavasúti nyilvántartás – pályaszakaszok beépítési éve



2. ábra – Elegytonna megjelenítése térképes formában



3. ábra – Műtárgy nyilvántartás(fent) és a pályaállapotot minősítő számok és a hozzá tartozó színezett térképi megjelenítés

1.2.3. Kitérő állapotfelmérés és digitalizáció okos eszközök alkalmazásával (Android WORX mobil app)

A digitalizáció utat tör magának a vasúti tervezés, kivitelezés és az üzemeltetés területén is. Üzemeltetési példa a Schwihaag WORX applikációja, mely a pályafelügyeleti tevékenységet hivatott segíteni. A pálya szerkezeti elemein elhelyezett QR kódok leolvasásával be lehet azonosítani a kitérő hibás elemét. Pontosan melyik alj, melyik leerősítése, vagy egyéb eleme szorul karbantartásra. Elsősorban a hiba helyszíni felvételére és dokumentálásra szolgál.

1.2.4. Svájci példa a SBB felhasználásában

Svájc tekintetében egy OpenStreetMap térkép alapú nyilvános adatbázisa érhető el, melyre különféle rétegeket lehet elhelyezni. Maga a térkép alapja is elég részletes, látható rajta az összes vágány, épület és építmény is. Minden egyes réteghez különféle leírás található. A térkép sok megjelenített adat esetén összegyűjti és számokkal jeleníti meg az adatokat, ha olyan mértékű a nagyítás. Mivel a SBB (Schweizerische Bundesbahnen rövidítése) célja, hogy egy élhetőbb tömegközlekedés alakuljon ki, így a legtöbb adat nyílt, és így bárki elérheti azt de nem szerkesztheti. Az adatok módosítását a weboldal jelzi egy áttekintő lapon. A cégben dolgozók jelszó és felhasználó megléte mellett minden adathoz hozzáférést kap.

A bemutatott rendszerről készült képernyőfotó a 6. fejezetben található.

2. BINFRA KERETRENDSZER (PROGRAMCSOMAG)

A BInfra keretrendszer három modulból épül fel: az *adatbevitel*, az *adatfeldolgozás* és az *adatmegjelenítés*. A rendszer használhatóságához egy **Microsoft Excel**-re, egy **MATLAB**-ra és egy **böngészőre** van szükség. A három program közül jellemzően kettő bármilyen irodai számítógépen, sőt, már más okos eszközön is elérhető. Az üzleti felhasználású Excel program akár egy tableten is elérhető, illetve szerkeszthető. Az **Excel Visual Basic** (továbbiakban VBA) programozás segítségével plusz funkciók építhetők be egy Excel fájlba. A programozáskor elkészített beépülő új funkciókat makróknak hívják, melyeket az első használatkor a felhasználónak engedélyeznie kell. Az iOs operációs rendszer nem tudja sajnos a makrókat kezelni, abban az esetben, ha ilyen operációs rendszert használunk, akkor csak a rögzített adatok megtekintése és a relatív hivatkozásokat és képleteket használó cellákat lehet szerkeszteni. Jellemzően ilyen operációs rendszert használó eszközöket a vasúti cégek nem gyakran használnak, így

problémákat nem okozhat ezen fejlesztési hiányosság. A VBA kód az átlag felhasználó elől rejtve van, így csak a programozást ismerő személyek tudnak benne módosításokat végrehajtani. Maga a fájl továbbá tartalmaz előre létrehozott, rejtett munkalapokat, amelyek egy-egy kisebb adatbázisnak minősülnek. A harmadik program, ami a MATLAB, egy ideiglenes megoldás. Cél, hogy idővel minden adatfeldolgozást az Excel készítsen el, úgy, hogy a felhasználónak a lehető legkevesebb plusz teendője legyen. A VBA programozás lehetővé teszi a háttérben – vagyis a felhasználó elől rejtve – való zavartalan funkciók lefutását. Jelen dolgozat esetén bemutatott BInfra keretrendszer esetén egy kezdetleges és minimális funkciókat tartalmazó programcsomagról beszélhetünk.

3. BINFRA KERETRENDSZER MŰKÖDÉSE

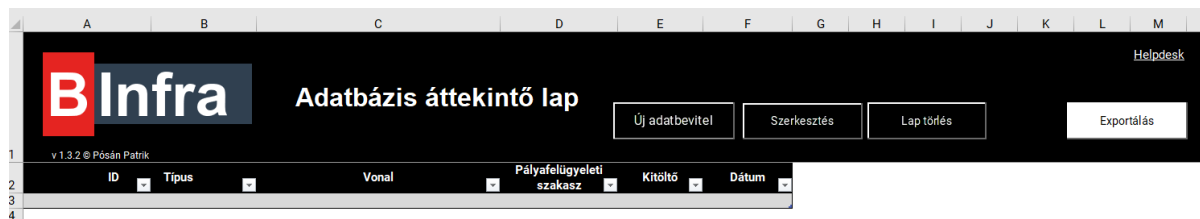
3.1. Adatbevitel

Az adatbevitel Microsoft Excelben történik, mely az átlag felhasználó számára egy könnyen elérhető szoftver. A program minimális ismeretekkel is hibamentesen használható, mivel a keretrendszer az adatrögzítéshez űrlapokat kínál fel. A cél, hogy minden meglévő BKV üzemeltetése alatt álló villamoshálózat geometriai vonalvezetése rögzítésre kerüljön. Mivel ezen adatok jellemzően hosszútávon fennmaradnak, mindaddig míg nem történik átépítés vagy teljes felújítás, így ezen adatrögzítést egyszer szükséges elvégezni.

A következő lépés sorozatban a BInfra Excel fájl használata kerül bemutatásra, abban az esetben, ha a felhasználó először kívánja használni azt.

3.1.1. Új vonal kiválasztása és új munkalap létrehozása

A BInfra Excel fájl megnyitása után a „**Home**” munkafüzetlap jelenik meg, amely az *Adatbázis áttekintő lapja*. A lapon egy fekete fejléc található, ahol két csoportban összesen 4 gomb került elhelyezésre.



4. ábra - BInfra Excel munkafüzetének „Home” oldala

Az adatbevitelt mindig az új vonal adatlapjának elkészítésével kell kezdeni. Ezt az „**Új adatbevitel**” gomb megnyomásával lehet elérni. (A gombhoz tartozó programkódot a 7. melléklet tartalmazza.) Az Excel felkínál egy űrlapot (5. ábra), ahol legördülő menüből (6. ábra) kiválasztható a vonal egyedi azonosítója (1. táblázat). BKV rendszerében eza 10-es számtól indul és 37-ig tart, illetve egy 90-es vonal is található a hálózatban. A 90-es vonal egy már üzemben kívüli szakasz. Mivel bizonyos vonalak nem rendelkeznek két vágánnyal, így a rendszernek tudnia kell kezelni, hogy melyik vonalhoz tartozik csak egy vágány. Így a rendszer automatikusan tudja, ha a felhasználó olyan vonalat választ ki, ahol csak egy vágány található, hogy akkor „melyik vágány” adatrögzítésével szeretné a felhasználó folytatni. Olyan vonalak esetén, ahol jobb és bal vágány is található, a rendszer felkínálja, a választási lehetőséget. Fontos megjegyezni, hogy mivel a két vágány eltérő vonalvezetéssel és vagy felépítménnyel rendelkezik, továbbá a térben máshol helyezkedik el, így triviális, hogy külön kell kezelni az azokat. A vonal választása után, szükséges a kitöltő adatait is megadni, hogy követhető és áttekinthető legyen az adatbázis. A „**Tovább**” gomb megnyomásakor a rendszer ellenőrzi a kitöltő nevét, a vonal azonosítóját és ha van, akkor a vágány kiválasztásának meglétét. Ezen adatoknál, ha a BInfra rendszere nem talál hibát vagy redundanciát, akkor egy időbélyeget társít az adatokhoz és megjelenít egy következő űrlapot, mely működését és felépítését a 3.1.2 fejezet, míg programkódját a 7. melléklet 4.-210. sora mutatja be.

The image shows two side-by-side screenshots of a software window titled "Adatlap - Vonal".

The left screenshot shows the form in its initial state. It has a header with a train icon and the title "Adatlap - Vonal". Below the header, it says "Kérem válasszon vonalazonosítót!". There is a dropdown menu with "10" selected and a button with "...". Below this, there are two more input fields: "Kitöltő" with "Pósán Patrik" entered, and "Kezdőszelvény" with "0" entered. At the bottom right, there are two buttons: "Tovább" and "Mégse".

The right screenshot shows the same form, but with the dropdown menu expanded to show "jobb" as the selected option. The other fields and buttons remain the same.

5. ábra – Adatlap rögzítéséhez szolgáló űrlap üresen és adatokkal feltöltve

ID	Vonal
10	Széll Kálmán tér - Nagykörút - Újbuda-központ
11	Szent Gellért tér - Kiskörút - Deák tér
12	Karinthy elágazás - Móricz Zsigmond körtér
13	Határ út - Kispest, Tulipán utca (Hofher u üzemi vg is.)
14	Jászai Mari tér - Pesti rakpart - Közvágóhíd
15	Határ út - Gubacsi út / Határ út
16	Pesterzsébet, kishurok és nagyhurok
17	Orczy tér - Izraelita temető
18	Nagy Lajos király útja - Nagykőrösi út / Határ út

Kiválasztás Mégse

6. ábra - Vonal kiválasztásához szolgáló űrlap a dinamikusan frissülő listával

A vonali adattábla (1. táblázat) tartalmazza a BKV által használt azonosító számot, az útvonalból származó vonal megnevezést. Továbbá, hogy a keretrendszer tudja kezelni, hogy melyik vonal hány vágányt tartalmaz. Ez azért szükséges, mert a különböző vágányokat külön szükséges rögzíteni. Ezen felül tartalmazza az adattábla, hogy az adott vonal melyik pályafelügyeleti szakaszhoz tartozik. Mivel a BKV hálózata négy szakaszra van felosztva, így a szakaszokhoz társított azonosító 1-től 4-ig terjed. A részletes táblázat a 5. mellékletben olvasható.

Vonal adattábla az új adatbevitel támogatására (részlet) a következő oldalon található

ID	Viszonylat megnevezése	Vágány száma	Pálya-felügyeleti szakasz
10	Széll Kálmán tér - Nagykörút - Újbuda-központ	2	4
11	Szent Gellért tér - Kiskörút - Deák tér	2	3
12	Karinthy elágazás - Móricz Zsigmond körtér	2	4
13	Határ út - Kispest, Tulipán utca (Hofher u üzemi vg is.)	2	2
14	Jászai Mari tér - Pesti rakpart - Közvágóhíd	2	3
15	Határ út - Gubacsi út / Határ út	2	2
16	Pesterzsébet, kishurok és nagyhurok	1	2
17	Orczy tér - Izraelita temető	2	3
18	Nagy Lajos király útja - Nagykörösi út / Határ út	2	1
19	Rákospalota-Újpest vasútállomás - Káposztásmegyer, Megyeri út	2	1
20	Vörösvári út - Könyves Kálmán krt. - Kelenföld	2	4
21	Széll Kálmán tér - Hűvösvölgy	2	4
[...]			
25	Déli pályaudvar - Krisztina krt. - Szent Gellért tér	2	4
26	Szent Gellért tér - Kelenföld	2	3
27	Móricz Zsigmond körtér - Városház tér	2	3
28	Budafok elágazás - Kamaraerdő	2	3
29	Savoya elágazás - Savoya park	2	3
30	Lehel tér - Béke út - Görgey u - Rákospalota	2	1
31	Mexikói út - Erzsébet királyné útja - Újpalota	2	1
32	Margit híd, budai hídfő - Bécsi út	2	4
33	Határ út - Pestszentlőrinc, Béke tér	2	2
34	Blaha Lujza tér - Salgótarjáni u - Kozma u	2	1
35	Mester u - Gubacsi út	2	3
36	Baross tér - Orczy tér - Haller u	2	3
37	Fogaskerekű vasút	1	4

1. táblázat – BInfra új adatbevitel háttéradat táblája - BKV hálózaton található vonalak jellemző paraméterei

3.1.2. Vízszintes vonalvezetési adatok és kitérők adatainak rögzítése

A közúti vasúton alkalmazott kitérők eltérítő ágának geometriája helyszínrajzilag hasonlóan épül fel, mint egy pályaív. Közúti vasúton a városi környezetben jellemző szűk szabályozási szélesség és helyhiány miatt jóval több eltérő szerkezeti és geometriai kialakítású kitérő beépítése történik meg, mint a nagyvasúton. Így a kosáríves vagy akár az átmenetiíves kitérők használata sem kizárt. Továbbá a Blnfra hosszútávú célja, hogy szelvény azonosan mért állapotfelmérési adatokat maga a vágánytengelyen jelenítsen meg. Így folyópálya és kitérő esetén is a tengely elhelyezkedése a legfontosabb alapadat.

Amennyiben sikeresen megtörtént a vonal adatlap elkészítése vagy ha már előzetesen elkészült, akkor a rendszer egy felugró ablakban (7. ábra) lehetőséget ad a választásra az **ívadatok** és a **felépítményadatok** rögzítésére. A rendszer működéséhez lehetőleg az első lehetőség választása a legcélravezetőbb. Miután a felhasználó rákattintott az „**Ívadatok**” gombra, akkor a rendszer a „**Home**” munkalapon táblázatos formában rögzíti a vonalhoz tartozó információkat és létrehoz a vonal ID-nak megfelelő új munkafüzetet. Amennyiben az adatrögzítést végző személy a 10. sz. vonal jobb vágányát választotta ki, akkor a munkafüzet neve „**10j Ívadatok**” lesz. Ezen a lapon történik a vonalhoz tartozó összes vízszintes vonalvezetési elem és kitérő adat rögzítése és tárolása. Az idetartozó kódrészlet a 7. melléklet 211.- 632. sora között található.



7. ábra – Adatbevitel típusának kiválasztásához szolgáló űrlap

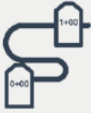
3.1.2.1. Vízszintes vonalvezetési adatok (ívek) megadása

A BInfra rendszer úgy lett kialakítva, hogy segítse a kitöltést, így a rendszer felajánlja az ívek azonosításához szolgáló azonosítót. A rendszer egy következő űrlap megjelenítésével segíti a kitöltést. Az első kitöltés esetén 1-es és a vágány rövidítésével (jobb – j vagy bal – b, amennyiben egyetlen vágány található a vonalon, úgy semmilyen érték) indul. (8. ábra) Ezt a felhasználó megváltoztathatja, azonban a BKV pdf állományú digitális térképei is ezt a rendszert követik. Az azonosító megadása után egy legördülő listából ki lehet választani, hogy éppen tiszta ív vagy átmenetiíves ív, vagy esetleg kitérő kerül rögzítésre. A BInfra rendszer automatikusan változtatja a különféle beviteli mezők megjelenítését, ahogyan a rögzítő változtatja a vízszintes vonalvezetési elem típusát. Szükséges megadni, hogy jobbos vagy balos ívről, van szó, az ívek sugarait, túlemelést, kezdő és végszelvényeket, illetve kitérők esetén a típust, a vonali kitérőkörzet sorszámát, sőt a kitérő/kitérőkörzet kialakítását is. (9. ábra) Az „Adatbevétel” gomb megnyomásával a programozásnak köszönhetően az aktív „Ívadat” munkalapon egy kötött formájú cella blokkot helyez el. A blokkok megjelenítése és adattartalma az ívadattól és kitérő típusától függ. Egy blokk 4 színezett és egy színezetlen sort és 10 db oszlopot tartalmaz. Zöld színnel az átmenetiíves, kék színnel a tiszta köríves ívekhez tartozó adatokat, feketével pedig a kitérők kerültek jelölésre. A blokkon belül az első sor első cellájában mindig az ív vagy kitérő azonosítója kerül kiírásra. (12. ábra - 20. ábra) Ez alapján egyértelműen be lehet pdf térképeken azonosítani akár az utolsó bevitt adatot. Mellette lévő cellában az adott ívadat irányultsága található. Kitérők esetében előbb a kitérített irányt – egyenesen járt vagy kitérített irányba járt – majd az irányultságát mutatja a blokk 2. és 3. cellája. Minden egyes blokk második, harmadik és negyedik sorban az első cella a sugár, a túlemelés és a középponti szög jelölése, a második oszlopa maga ezen paraméterek értéke található. Míg a harmadikban a mértékegységek. A negyedik oszlopban az adott ívadatra vagy kitérő vonatkozó specifikus megnevezésekből származó jelek, és a mellette lévő oszlopban ezen értékek kerülnek bemutatásra. A 7. és 8. oszlopba csak kitérők esetén, míg az utolsó két oszlopban minden alkotóelem számított paraméterei kerülnek rögzítésre. A színes sorok alatt található a két alkotóelem közötti egyenes szakasz hossza.

Amikor az adatfeltöltő személy a soron következő ívhez „ér” a pdf térképet nézve, akkor számára dönteni szükséges, hogy az adott rajzilelem jobbra vagy balra „teríti el” a vágánytengelytől. Ennek meghatározása nehézkes lehet, ugyanis, ha nem megfelelő inerciarendszerben gondolkodik a személy, akkor a későbbi adatfeldolgozás és megjelenítés során problémához vezethet. Ennek kiküszöbölése érdekében az íveknél egy előjel definíció került alkalmazásra. Ennek értelmében, ha a kitöltő személy szelvényezésnek megfelelő „irányba” fordul képzeletben, akkor, ha az ívet megelőző vágánytengelyhez képest balra kerül át az ívet követő egyenes vagy más rajzi elem, akkor az adott ív balos megnevezést kap. Ellenkező esetben jobbos. Ezt az adatrögzítő az ív paraméterei és adatai megadásakor egy legördülő listából ki tudja választani. Ezt követően a rendszer egy előjelet rendel az adott rajzi elem sugár értékéhez. Amennyiben balos ívről beszélünk, akkor mínusz (-) előjelet, míg jobbos esetén pozitív (+) előjelet kap az érték.

A vonalvezetési adatok elhelyezéséhez szolgáló űrlapok hoz tartozó kódrészlet a 7. melléklet 632. és 1676. sor között olvasható.

Adatbevitel

 **Vonalvezetési adatok**

Kérem adja meg az ívazonosítót

☐ Utolsó elem ☐ Közvetlenül csatlakozik az előző elemhez

Kérem adja meg az ív típusát és irányát

Kérem adja meg az ív paramétereit

R m mm

Törlés Adatbevitel Mégse

8. ábra – Vonalvezetési adatok rögzítéséhez szolgáló (üres) űrlap

Adatbevitel

 **Vonalvezetési adatok**

Kérem adja meg az ívazonosítót

☐ Utolsó elem ☐ Közvetlenül csatlakozik az előző elemhez

Kérem adja meg az ív típusát és irányát

Kérem adja meg az ív paramétereit

R m mm

Tiszaív szelvényadatok

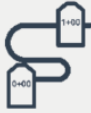
IE m 

IV m 

Törlés Adatbevitel Mégse

9. ábra – Vonalvezetési adatok rögzítéséhez szolgáló űrlap tisztaív (bal oldal) és átmenetiíves körív (jobb oldal) esetén adatokkal kitöltve

Adatbevitel

 **Vonalvezetési adatok**

Kérem adja meg az ívazonosítót

☐ Utolsó elem ☐ Közvetlenül csatlakozik az előző elemhez

Kérem adja meg az ív típusát és irányát

Kérem adja meg az ív paramétereit

R m mm

Átmenetiíves ív szelvényadatok

☒ Normal ☐ Bemenő átmenetiív (L2 = 0) ☐ Kimenő átmenetiív (L1 = 0)

1. ÁIE m 1. ÁIV m 

2. ÁIE m 2. ÁIV m 

Törlés Adatbevitel Mégse

Az adatrögzítés esetén számtalan olyan funkció került beépítésre, amely segíti a gyorsabb és pontosabb rögzítést. Azonban a vonalvezetés tartalmaz olyan ívkombinációkat, mely esetén az egyik ív vége megegyezik a másik ív elejével. Jellemzően ilyen eset a különféle inflexiós vagy kosáríves kialakításoknál merülhet fel. Amennyiben a felhasználó kijelöli a „**Közvetlenül csatlakozik az előző elemhez**” opciót akkor a rendszer az ív eleje értékéhez az előző már rögzített alkotóelem végének értékét veszi fel. A rendszer bármilyen ívadat rögzítést követően a két alkotóelem közötti egyenes hosszát számolja. A számolás alapja a sorban következő ív kezdő és az azt megelőző ív vége koordináták különbsége. Amikor az adatfeltöltő az utolsó ív adat bevitelét kívánja rögzíteni, abban az esetben az ívazonosító alatt található „**Utolsó elem**” jelölőnégyzetet szükséges bejelölnie. Így, amennyiben a vonalvezetés végén egyenes szakasz található, annak a pontos mérete megadható.

Fontos megjegyezni, hogy a keretrendszer átmenetiíves íveket és nem pedig átmenetiíveket kezel. Így, amikor a feltöltés során, ha egy átmenetiíves körív következik, akkor nem kell külön egy átmenetiívet, majd egy tiszta ívet és megint egy átmenetiívet rögzíteni, hanem egyszerre lehet ezeket. Azonban a BKV hálózatán 3 fő kialakítással találkozhatunk. (13. ábra - 15. ábra) Vannak olyan esetek, amikor bemenő- és kimenő átmenetiív ($L_1 \neq 0$ és $L_2 \neq 0$), olykor csak bemenő ($L_1 \neq 0$ és $L_2 = 0$), máskor pedig csak kimenő átmenetiíves ($L_1 = 0$ és $L_2 \neq 0$) ív is megtalálható a hálózaton. Ennek következtében a rendszernek ezt kezelnie szükséges. Így, ha a felhasználó átmenetiívet szeretne rögzíteni, akkor három esetet leíró jelölőnégyzet közül választhat. Automatikusan a rendszer a bemenő és kimenő átmenetiívet is tartalmazó ívrögzítést ajánl fel. A rendszer az olyan eseteket is tudja kezelni, ahol létezik bemenő és kimenő átmenetiív, azonban a tiszta ívhossz értéke zérus. Így akár négy darab átmenetiívből kialakított elhúzást is tudja kezelni az alap algoritmussal.

3.1.2.2. Kitérők megadása

Amennyiben a felhasználó kitérőt szeretne rögzíteni, abban az esetben a szükséges megadnia a kitérő irányát, vagyis, hogy csúccsal szemben vagy gyök felől, illetve kitérített irányba van egyenesen halad a vonal vezetése (11. ábra). Ezt követően a kitérő típusát, amelyet egy dinamikus frissülő listából választhat

ki az adatrögzítő. A lista forrása egy adattábla, mely az Excel fájlban található. Az adattáblát 3. táblázat mutatja be. A kitérő kiválasztásához egy újabb előugró ablak jelenik meg, ahol a típus kiválasztása mellett szükséges kiválasztani a behelyezésre kerülő kitérő helyszínrajzi elrendezését is (10. ábra). Itt egy legördülő menüből való kiválasztással lehet az adatrögzítést végrehajtani. A listában megjelenő adatokat a 4. táblázat mutatja be. Továbbá szükséges megadni a vonali kitérőcsoport sorszámát, a kitérő kezdőszelvényét és a kitérő irányát is. A kitérő azonosítóját a rendszer automatikusan felajánlja, de a felhasználó módosíthatja is. Automatikusan a jelenleg töltendő vonal számából és a már rögzített kitérők sorszámából keletkező azonosítót kerül megjelenítésre az űrlapon. Amennyiben a 29. vonalon a 2. kitérő kerül rögzítésre, akkor az azonosító 2902 lesz. A rögzítést követően egy „K” előtagot kap, melyet a programozás végez el. Az Adatbevitel gomb megnyomásával kitérő típusától függően egy vagy kettő blokk kerül elhelyezésre a munkalapon. Azon kitérők esetén, ahol az R_1 és R_2 értékek eltérőek akkor kettő blokk kerül elhelyezésre.

Kitérők kiválasztása - Blnfra

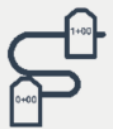
48-H4VR 150/150/75
 48-100/100
 48-100/100e
 48-100/60
 Ph. 100/46
 Ph. 100/60
 Ph. 100/100
 Ph. 100/100e
 Ph. 50/30
 Ph. 50/30e
 Ph. 50/25

Helyszínrajzi elhelyezés

Kiválasztás Mégse

10. ábra – Kitérő típusának kiválasztásához tartozó űrlap, ahol látható a dinamikusan frissülő kitérő típusokat tartalmazó lista

Adatbevitel

 **Vonalvezetési adatok**

Kérem adja meg az ívazonosítót

☐ Utolsó elem ☐ Közvetlenül csatlakozik az előző elemhez

Kérem adja meg az ív típusát

Kitérő
 Melyik irányból ☒ Kitérő irány ☐ Egyenesen
☐ Csúccsal szemben ☒ Gyök felől

Válasszon kitérőt!

Kitérő azonosítója

Vonali kitérőkörzet sorszáma

Kitérő kezdőszelvénye m 

Kérem adja meg a kitérő irányát

Törlés Adatbevitel Mégse

11. ábra - Vonalvezetési adatok rögzítéséhez szolgáló űrlap kitérő esetén adatkkal kitöltve

A beillesztett blokkok elrendezését a következő ábrák (12. ábra - 20. ábra) szemléltetik.

Elsőnek egy tiszta ív blokk kerül bemutatásra. Jobbról balra haladva látható az ívazonosító, az ív irányultsága, sugara, túlelemelés értéke és a középponti szöge (α). Továbbá az ív eleje és végének útszelvénye a vonal kezdőpontjától mérve, 3 tizedesjegy pontossággal. Utolsó oszlopban, mivel nincs bemenő átmenetiív így L1 és L2 értéke zérus. Végző soron az adott ív ívhossza található méterben (IR).

19	3j	balos		IE	282,540						
20		R	-203,20 m					L1	0,000		
21		m	0 mm					L2	0,000		
22		α	-12,218 °	IV	325,870					IR	43,330
23				e	0,000						

12. ábra – Tiszta ív blokk elrendezése

A következő blokk egy klasszikus átmenetiíves ívhez tartozó elrendezés található. Hasonlóan, mint a tiszta ívnél az első három oszlop az ívhez tartozó főbb paraméterek láthatók. A főbb eltérés a két átmenetiívből adódik. Ezen blokkok zöld színnel jelennek meg.

24	4j	jobbos		ÁIE	325,870						
25		R	80,00 m	ÁIV	345,870			L1	20,000		
26		m	0 mm	ÁIV	369,100			L2	20,000		
27		α	30,961 °	ÁIE	389,100					lh	63,230
28				e	195,810						

13. ábra – Átmenetiíves ív blokk elrendezése

Vannak olyan esetek, ahol az egyik átmenetiív hiányzik. Így a blokkoknak ezt is szükséges kezelniük. A következő két ábra olyan ívkombinációkat mutat, ahol csak bemenő, illetve csak kimenő átmenetiívet tartalmaz.

9	1j	balos		ÁIE	147,110						
10		R	-78,20 m	ÁIV=IV	163,430			L1	16,320		
11		m	0 mm					L2	0,000		
12		α	-40,649 °	IE	210,750					lh	63,640
13				e	0,000						

14. ábra – Bemenő átmenetiívvel rendelkező ív blokk elrendezése

14	2j	balos		IE	210,750					
15		R	-82,34	m				L1	0,000	
16		m	0	mm	IV=ÁIV	263,950		L2	18,590	
17		α	-43,487	°	ÁIE	282,540		lh	71,790	
18				e	0,000					

15. ábra – Kimenő átmenetiívvel rendelkező ív blokk elrendezése

A harmadik fő blokk típus a kitérőket mutatja be. Mivel itt jóval több adatot szükséges megjeleníteni, így nagyobb eltérések tapasztalhatóak az ívek blokkjához képest. Első különbség a kitérő irányultságából adódik, a második és harmadik oszlop első sorában található. Első oszlopban a kitérő azonosítója látható, míg a kitérő típusa a 7. és 8. oszlopban került elhelyezésre. A 6. oszlopban található azonosító a kitérő helyszínrajzi elrendezéséhez tartalmazó kódból és a vonali kitérőkörzet azonosítójából tevődik össze. Legutolsó eltérés az utolsó oszlopban az s értéknél található, amely a kitérő eltérítő ágának végén található egyenes szakasz hosszának értéke. A következő két ábra egy csúccsal szemben és gyök felőli közlekedést mutat be.

4	K2901	jobbos	csúcs felől	KE=IE	0,000			s	0,000	
5		R	100,00	m				L1	0,000	
6		m	0	mm		235	48-100/100	L2	0,000	
7		α	12,000	°	KV	20,944		IR	20,944	
8				e	126,166					

16. ábra – Egyszerű átmenőköríves, csúccsal szemben kitérített irányban járt kitérő blokk elrendezése

39	K2905	balos	gyök felől	KV	750,000			s	6,490	
40		R	-100,00	m	IV	756,490		L1	0,000	
41		m	0	mm		206	48-100/100e	L2	0,000	
42		α	-8,617	°	KE	771,529		IR	15,039	
43				e	43,671					

17. ábra – Egyszerű egyenes, gyök felől kitérített irányból járt kitérő blokk elrendezése

Kitérők esetében nem csak kitérített irányban lehet közlekedni, hanem egyenesen is, így szükséges kezelni azon kitérőket is. Amennyiben a kitérőn való közlekedés egyenesen történik a kitérő blokkja módosul kicsit. A változást a következő két ábra prezentálja.

29	K2902	Egyenes	csúcs felől	KE	584,910			s	3,182	
30						235	Ph. 50/30e		0,000	
31									0,000	
32				KV	600,520			H	12,428	
33				e	4,820					

18. ábra – Csúccsal szemben egyenesen járt kitérő blokk elrendezése

34	K2903	Egyenes	gyök felől	KV	595,700				s	3,182
35						235		Ph. 50/30e		0,000
36										0,000
37				KE	611,310				H	12,428
38				e	611,310					

19. ábra – Gyök felől egyenesen járt kitérő blokk elrendezése

Amennyiben a kitérőnek a kitérített ága különböző sugarú íveket tartalmaz, úgy egymás után két blokkot ír ki a keretrendszer. Mivel a sugarak ($R_1 \neq R_2$) eltérőek, így az R-től függő értékek is eltérőek lesznek, sőt az adatfeldolgozás során más görbületi függvény fog hozzátartozni. Ezek miatt történik meg a szeparálás. A következő ábra egy jobbos gyök felől közlekedő Ph. 100/46-os kitérő blokk ábrája látható.

44	K2906	jobbos	gyök felől	KV=IV	815,200				s	0,000
45		R 45,99	m			207		Ph. 100/46	L1	0,000
46		m 0	mm						L2	0,000
47		a 10,819	°	IE	823,883				IR2	8,683
48				e	0,000					
49	K2906	jobbos	gyök felől	IV	823,883				s	0,000
50		R 45,99	m			207		Ph. 100/46	L1	0,000
51		m 0	mm						L2	0,000
52		a 3,985	°	KE=IE	830,839				IR1	6,956
53				e	0,000					

20. ábra – Egyszerű átmenőkörívves, gyök felől kitérített irányból járt kitérő blokk elrendezése

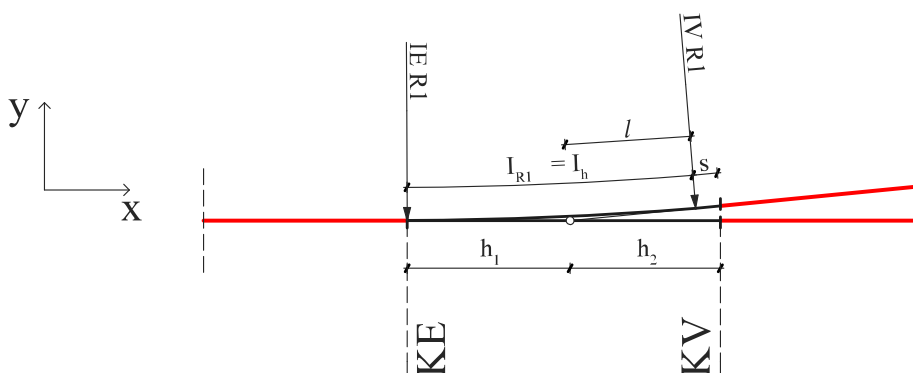
Típus	ID	h ₁	h ₂	l	R ₁	R ₂	I _{R1}	I _{R2}	L ₂	I _h	e
48-H4VR 150/150/75	48	12,656	11,497	9,595	150	75	9,365315	0	12,88468	22,25	0
48-100/100	48	10,51	10,51	10,51	100	0	20,94395	0	0	20,94395	0
48-100/100e	48	7,534	14,024	14,024	100	0	15,03892	0	0	15,03892	6,49
48-100/60	48	10,641	8,338	8,338	100	60	8,726646	10,152	0	18,87864	0
Ph. 100/46	Ph.	9,234	6,486	6,486	100	45,988	6,95574	8,683417	0	15,63916	0
Ph. 100/60	Ph.	10,148	8,117	8,117	100	60	6,95574	11,21454	0	18,17028	0
Ph. 100/100	Ph.	10,51	10,51	10,51	100	0	20,94395	0	0	20,94395	0
Ph. 50/30	Ph.	6,72	5,276	5,279	50	29,913	5,13546	6,760463	0	11,89592	0
Ph. 50/30e	Ph.	5,555	6,873	7,462	50	29,848	5,13546	4,646361	0	9,781821	3,182
Ph. 50/25	Ph.	6,761	4,894	4,897	50	24,925	5,13546	6,405925	0	11,54138	0

2. táblázat – Kitérők tengelyábrájának kiszervezéséhez szükséges geometriai adatokat tartalmazó adattábla (részlet)

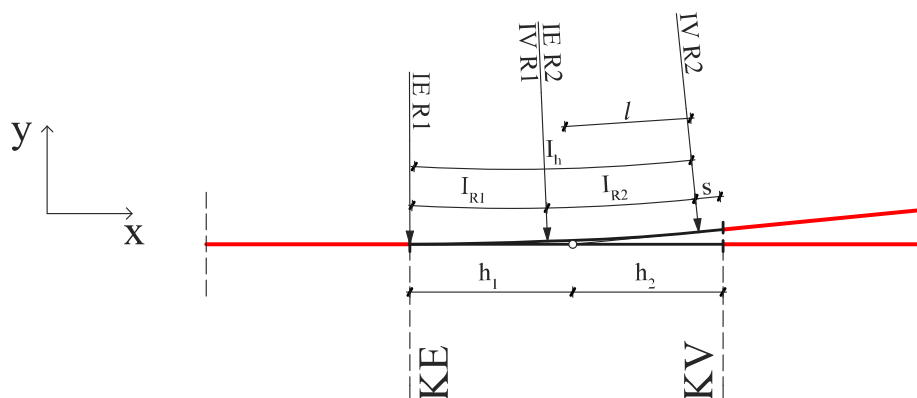
Jel [mértékegység]	Megnevezés	Megjegyzés
R [m]	körív / kitérő sugara	tervezési, névleges érték
m [mm]	túlemelés	tervezési, névleges érték
α [°]	körív belső (középponti) szöge	tervezési, névleges érték
IE	Tisztaív eleje	A vonal kezdőpontjától mért távolság 3 tizedesjegy élességgel
IV	Tisztaív vége	
ÁIE	Átmenetiív eleje	
ÁIV	Átmenetiív vége	
KE	Kitérő eleje	
KV	Kitérő vége	
IR [m]	Tiszta körív hossza	tervezési, névleges érték
I _H [m]	Körív teljes hossza	tervezési, névleges érték
L _i [m]	Átmenetiív hossza	tervezési, névleges érték
s [m]	Kitérő eltérítő ágának végén található egyenes hossz	
H [m]	Kitérő egyenes irányának teljes hossza	
e [m]	Egyenes hossza (ívek között)	

3. táblázat – A vízszintes vonalvezetési elemeket reprezentáló cellablokkoknál használt jelrendszer és azok magyarázata

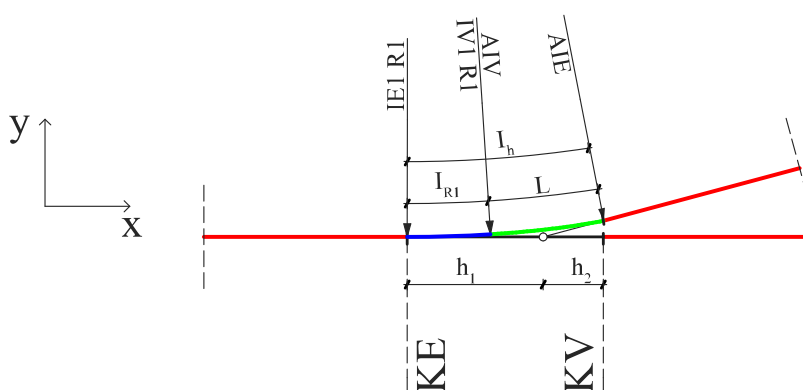
A következő ábrák mutatják be az járatos kitérők kialakítását és a jellemző méretek jelölésére vonatkozó nevezéktant.



21. ábra – Egyszerű egyenes kitérők ($R_1 = R_2$) jellegrajza



22. ábra – Eltérő sugarú ($R_1 \neq R_2$) kosárvíves egyszerű egyenes kitérő jellegrajza



23. ábra – Átmenetiíves kitérő jellegrajza

A projekt előkészítése keretében összegyűjtöttük a BKV Zrt. forgalmi kocsik által járt hálózatán az összes kitérőt (2. táblázat), amelynek meghatároztuk a típusát és funkcióját. A kitérők vágány kapcsolatonkénti csoportosítása is megtörtént (4. táblázat), majd a vágánykapcsolatokat osztályoztuk. Az osztályozás szempontjai az 4. táblázatban találhatók. Az 1-gyel kezdődő megnevezések a nyíltvonali helyszínrajzi elrendezéseket, míg a 2-vel kezdődő a végállomás kialakításához szükséges elrendezéseket definiálja.

A kitérők elrendezési helyszíneinek csoportosítása

Megnevezés	ID
Végállomási kettős vágánykapcsolat (normál kitérőkkel)	10
Végállomási kettős vágánykapcsolat (egy kifordított kitérővel)	11
Végállomási kettős vágánykapcsolat (két kifordított kitérővel)	12
Egyvágányos végállomás kihúzóvágánnyal	13

Végállomási hurokvágány	14
Közbenső végállomás	19
Egyedülálló egyszerű kitérő	20
Gyökkel szemben járt vonali visszafogás	21
Csúccsal szemben járt vonali visszafogás	22
Kétvágányú pályaelágazás	23
Egyvágányú pálya bekötése két irányból csúcs felől	24
Egyvágányú pálya bekötése két irányból gyök felől	25
Kétvágányú pálya bekötés két irányból	26

4. táblázat – Kitérők helyszínrajzi elhelyezésének lehetséges megnevezései

3.1.3. Felépítményadatok rögzítése

Amennyiben megtörtént a vízszintes vonalvezetési elemek rögzítése szükséges a felépítmény adatainak is a rögzítése. A 3.1.1 fejezetben bemutatott lépés eleje itt is érvényes, vagyis ki kell választani, hogy melyik vonalnak kívánja a felhasználó rögzíteni a felépítményét és a felépítmény kiegészítőket. Mivel a BKV hálózatán több felépítmény található, így egy háttér adatbázis került elkészítésre, mely tartalmazza a leggyakoribb főtípusokat. A tipikus felépítményeket az 5. táblázat tartalmazza, a hozzájuk tartozó színekkel együtt. *(A színeknél alkalmazott algoritmust kicsit később kerül bemutatásra.)* Az űrlapon (24. ábra) ki lehet választani egy jelölőnégyzet segítségével, hogy felépítményt vagy felépítmény kiegészítőt szeretne rögzíteni a felhasználó. A kiválasztás után a három pontra kattintva egy a kiválasztásnak megfelelő lista töltődik (25. ábra) be. A felépítmény kiegészítők rögzítése esetén burkolathatároló sín és vezetősín választható ki. Mivel mindkét kiegészítő esetén kettő fő csoportot lehet megkülönböztetni, az egyik, hogy csak egyik vagy mindkét oldalon található. Így jobb, bal és mindkét oldalon található magyarázat olvasható a megnevezések mellett. A megfelelő adat kiválasztása után a kezdő és végszelvény megadása a kötelező. Az „Adatbevitel” gombra kattintva a rendszer a már elkészített Felépítményadatok munkalapon egy új sort tölt ki. A megjelenített adatok mennyisége jóval kevesebb, mint egy ívadatnál, így a struktúra is eltérő. A kezdő és végszelvény értékeiből minden sorban a harmadik cella automatikusan egy relatív függvény alapján kiszámolja a rendszer az adott felépítmény hosszát. A számított érték melletti cellában a rendszer megjelöli, hogy felépítményt vagy

felépítmény kiegészítőt rögzített a felhasználó. Az 5. oszlopba kerül maga a kiválasztott felépítmény kiírására. Ezt követő három oszlopban az adatmegjelenítéshez szolgáló, előre definiált RGB színekhez szolgáló kódokat. Az első oszlop tartalmazza a „Red” – vagyis a piros – a második a „Green” – vagyis zöld – és végül a „Blue” – kék – színek arányait. A különböző számértékek, amelyek 0-tól 255-ig terjednek, meghatározzák, hogy az adott színből milyen „mennyiség” szükséges, hogy megkapjuk az kívánt színt. A rendszer 0 és 1 közötti értékeket ír ki a megfelelő cellába, amely alapján adatfeldolgozás során pontosan meghatározható az adott szín RGB kódja.

Megnevezés	Red	Green	Blue	Típus
Bbtalpfa	0,34902	0,152941	0,356863	Felepitmeny
Bbtalpfa bazalt	0,784314	0	0,784314	Felepitmeny
Bbtalpfa nyitott	0,980392	0	0,980392	Felepitmeny
Bbtalpfa térkő	0,6	0	0,6	Felepitmeny
BlemezRag	1	0,411765	0,356863	Felepitmeny
BlemezRag nyitott	0,803922	0,294118	0,2	Felepitmeny
Hidszerkezet	0	0	0	Felepitmeny
Nagypanel	0,756863	0,235294	0,235294	Felepitmeny
RAFS I.	1	0,4	0,698039	Felepitmeny
RAFS I. bazalt	0,803922	0,203922	0,501961	Felepitmeny
RAFS II.	0	0,8	0,8	Felepitmeny
RAFS II. bazalt	0	0,603922	0,603922	Felepitmeny
RAFS II. műfü	0	0,368627	0,368627	Felepitmeny
RAFS III.	0,101961	0,501961	0,8	Felepitmeny
RAFS III. bazalt	0	0,345098	0,603922	Felepitmeny
RAFS III. fü	0	0,188235	0,447059	Felepitmeny
Zkő	0,058824	0,882353	0,423529	Felepitmeny
Zkő faalj	0,564706	0,690196	0,203922	Felepitmeny
Zkő LMS alj	0,058824	0,721569	0,360784	Felepitmeny
Zkő LX alj	0	1	0,501961	Felepitmeny
Zkő műanyag alj	0,8	0,8	0	Felepitmeny
Zkő UG-49E2 alj	0	0,6	0,298039	Felepitmeny

5. táblázat – BInfra felépítményi adatok adattábla (részlet) - Jellemző felépítménytípusok és a megjelenítéshez alkalmazott RGB színek (RGB/255 formátumban)

24. ábra – Felépítmény adatbeviteléhez szükséges űrlap üresen és adatokkal kitöltve

25. ábra – Felépítmény és felépítmény kiegészítő megadásához szolgáló dinamikusan frissülő listával ellátott űrlap

3.1.4. Exportálás

Amennyiben egy vonal teljesen rögzítésre került, úgy szükséges egy (.csv) fájl létrehozni, amely nélkülözhetetlen az adatfeldolgozás és -megjelenítéshez. Ezt az exportálást manuálisan is el lehetne végezni, azonban a gyorsaság és hatékonyság növelése érdekében a rendszer segít ebben is. A **Home** munkalapon **Exportálás** gombra kattintva egy dinamikusan frissülő, már rögzített vonalakat listázza ki az Excel űrlapi megjelenítése, ahonnan ki lehet választani, hogy melyik vonalhoz tartozó *Ív* adatok és *Felépítmény* adatokat szeretné a felhasználó exportálni. Az „Exportálás” gomb

megnyomása után a teljes folyamat a háttérben történik, melynek oka a pontosság. Az exportálás az Adatfeldolgozáshoz szükséges export fájlt (.csv) állítja elő.

Az **Új adatbevitel** és az **Exportálás** gomb mellett **Szerkesztés** és **Lap törlése** gomb is található a Home munkanapon. Az előbbi gomb lehetőséget nyújt a már meglévő ívadat vagy felépítményadat adatbevitelének szerkesztésére. A szerkesztés esetén az előzőekben kifejtett lépésenként szükséges eljárni. Az utóbbi gomb a már meglévő adatlapok törlésére szolgál. A rendszer működéséhez jellemzően ezen gomb használata nem szükséges.

The figure shows three screenshots of the Blnfra application interface, each with a table and two buttons at the bottom: 'Kiválasztás' (Select) and 'Mégse' (Cancel).

- Szerkesztés - Blnfra**: A table with columns 'ID' and 'Típus'. It contains one row with ID '10j' and 'Ivadatok'.
- Exportálandó lap kiválasztása - Blnfra**: A table with columns 'ID' and 'Vonal'. It contains one row with ID '10j' and 'Széll Kálmán tér - Nagykörút - Újbuda-központ'.
- Törölendő lap kiválasztása - Blnfra**: A table with columns 'ID' and 'Típus'. It contains one row with ID '10j' and 'Ivadatok'.

26. ábra – Szerkesztéshez, exportáláshoz és lap törléséhez elkészített űrlap, melyek tartalmazzák a dinamikusan frissülő, már meglévő és rögzített adatlapokat

The screenshot shows a dialog box titled 'Lap törlése - Blnfra'. It features the Blnfra logo and the text 'Törlés'. Below this, it says 'Kérem válasszon meglévő munkafüzetet!' (Please select an existing workbook!). There is a text input field and a button with three dots '...' next to it. At the bottom right, there is a 'Törlés' (Delete) button.

27. ábra – Törléshez szolgáló űrlap

Excelből előállított export (.csv) fájl felépítése

A táblázat értékei a következők lehetnek:

Megnevezés	Értékek <i>Ív adatok / Felépítmény adatok / Felépítmény kiegészítő adatok / Kitérők / Vonal paraméterek</i>
KezdoSz, VegSz, Hossz	3 tizedesjegy élességű szám
Tipus	Ívviszonyok / Felepitmeny / FelepitmenyKieg / Kitero / Line_MapData
Megnevezes	Sugár érték 3 tizedesjeggyel / Felépítmény típusa pl.: Zkő / Felépítmény kiegészítő típusa pl.: Vezetősín / Kitérő megnevezése pl.: Ph. 50/30e / Vonal azonosítója pl.: 29_J
Oszlop1, Oszlop2, Oszlop3	L ₁ , m, L ₂ értékek / RGB kódokhoz tartalmazó 0-1-ig terjedő számokat / Jobb vagy bal oldalt található (0 vagy 1 érték) / Kitérő indexe pl.: 2901, a kitérő helyszínrajzi elrendezéséből és a vonali kitérőcsoport sorszámából álló kód pl.: 101, a kitérő irányultságából (-/+) és a kitérőn való közlekedés irányából álló kód pl.: -13 / Vonal kezdő pontjának X, Y koordinátái és kezdőszöge

6. táblázat – Exportált (.csv) fájl adattartalma

Az exportált fájl első három oszlopban a kezdő-, a hossz- és a végszelvények kerülnek 3 tizedesjegy élességgel. A „**Tipus**” oszlopba a későbbi adatfeldolgozás miatt pontosítani szükséges, hogy milyen adattartalom került elhelyezésre az adott sorban. A tovább fejleszthetőség egyik kulcsa, hogy ebbe az oszlopba akár más típuselemeket is lehet kiírni. Itt egy „új” adattípus is megjelenik, mely a „**Line_MapData**”, amely pontosan meghatározza, melyik vonal melyik vágánytengelyének az adatfeldolgozása fog megtörténni. A következő oszlop a megnevezéseket tartalmazza, mely tiszta ív esetén a sugár mértéke 3 tizedesjegy élességgel, felépítmény esetén maga a szakaszon található típus megnevezése. Kitérő esetén a kitérő típusát tartalmazza a cella. Az utolsó három oszlop különféle fennmaradó, az adatfeldolgozáshoz szükséges adatokat tartalmazza, így ívek esetén az ívhosszak és túlelemelés mértéke, felépítmények esetén az adat megjelenítéshez szükséges színek kerülnek megjelenítésre. Kitérő esetén a helyszínrajzi elrendezés kódjából és a vonali kitérőcsoport sorszámából keletkező azonosító és a kitérőn való közlekedéshez tartalmazó azonosítók kerültek elhelyezésre az adott

oszlopba. A „Line_MapData” sorban található utolsó három cella a BKV által szolgáltatott (.dwg) fájlokban pontosan lemerő kezdő koordinátát és szöveget tartalmazza.

3.2. Adatfeldolgozás

Az adatfeldolgozás két lépcsőben történik. Egy része az Excelbe beépített és VBA függvények, illetve funkciók segítségével történik, másik része azonban MATLAB programmal.

Adatrögzítés során a BInfra felhasználó csak a legszükségesebb adatokat tölti a megfelelő űrlapon. Azonban az adatfeldolgozáshoz további adatok megléte szükséges, melyeket a gyorsabb és pontosabb munkavégzés érdekében a háttérben az Excel különböző képletekkel kiszámít. Milyen értékek közé tartoznak az egyes alkotóelemek hossza, a tiszta körív középponti szöge és a kitérők bizonyos méretei. Az adatrögzítéskor a soron következő megfelelő cellába relatív függvények alkalmazásával írja ki a számított értékeket. A programozásban a jelenleg aktív cellához viszonyítva állítja elő az Excel a számításhoz szükséges képletet, mely az adatbevitel után is dinamikus függvény marad. Ennek egyik és legfontosabb előnye, hogy amennyiben bármelyik paraméter változik, úgy a képlet végeredménye is. Így utólagos javításkor nem okozhat problémát a hiba továbbvitele.

Fontos, hogy az adatbevitel esetén három tizedesjegy használata a pontosság miatt szükséges, mely az adatfeldolgozáskor jelentős szerepet tölt be. Amennyiben nem tizedmilliméter pontossággal történt meg az adatbevitel, úgy a pontos szög számításánál hibák léphetnek fel. Sajnos a BKV által szolgáltatott (.pdf) dokumentumban minden pályageometriai jellemző két tizedesjegyre kerekítve került feltüntetésre, így a CAD állomány felhasználásával lehet csak pontos értékeket rögzíteni. Amennyiben nem kerül használatra a (.dwg) fájl, akkor az online térképes megjelenítés esetén a vonal végszelvénye nem a megfelelő koordinátákat vesz fel, így látszó hiba keletkezik, főleg egy hosszabb vonalszakasz esetén.

Az Excelben használt alap függvények a következők

Ívek közötti egyenes hossza

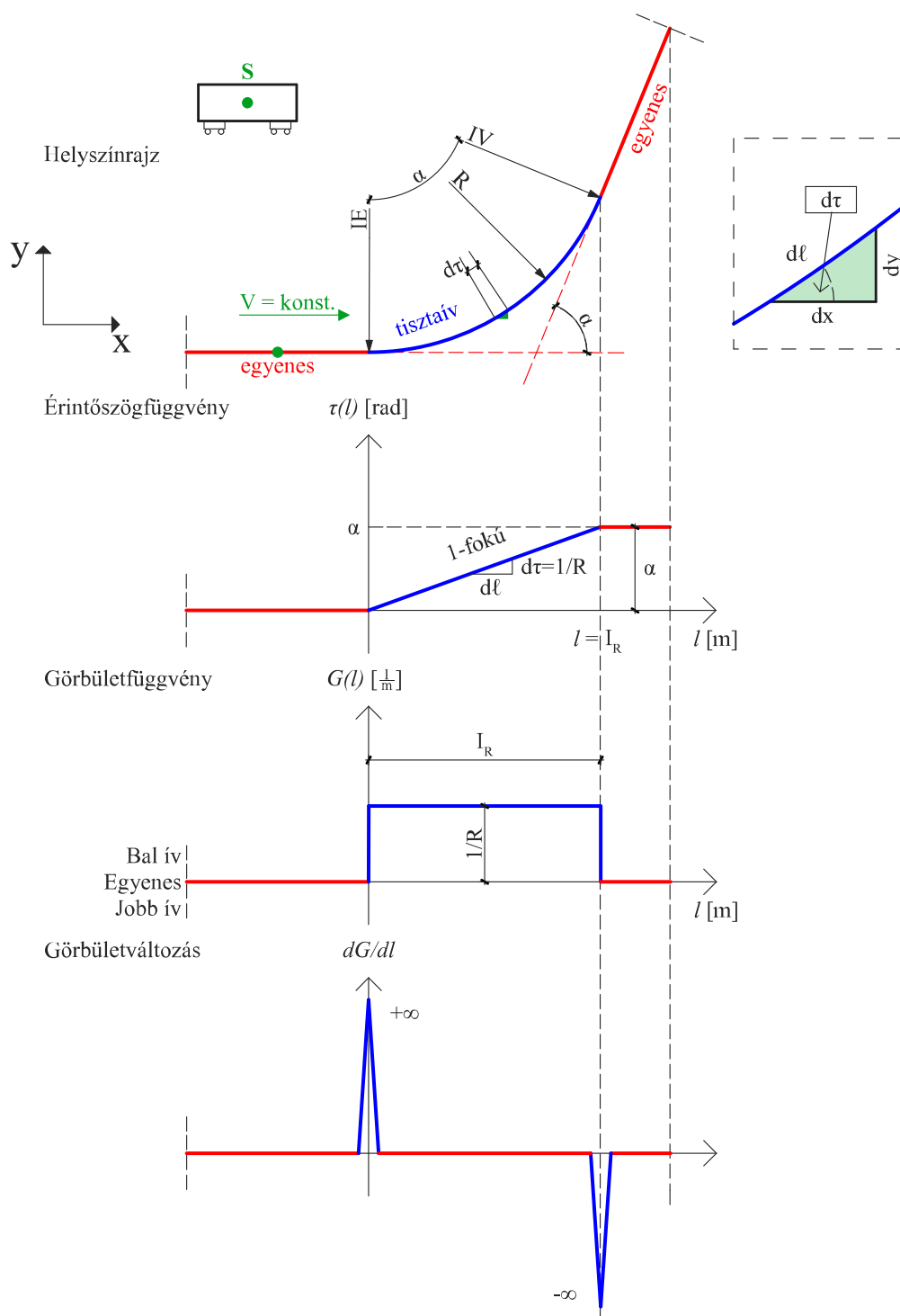
$$e = IE_i - IV_{i-1} \quad (1)$$

Ív középponti szögének közelítő értéke

$$\alpha = \frac{180 \cdot \frac{I_h - \left(\frac{L_1}{2} + \frac{L_2}{2}\right)}{R}}{\pi} \quad (2)$$

Az adatbevitel során az ívadatok és felépítményadatok kezdő és végszelvénye kerül rögzítésre, amely alapján a hosszuk könnyen megállapítható. Azonban az adatmegjelenítés során EOV helyes adatok térképen való megjelenítése szükséges. Amennyiben ismerjük az adott ívek hosszát és a hozzá tartozó sugarat, úgy elkészíthető a görbületfüggvény (ez a $G(l)$ függvény), amely a „megtett úttól” jelen esetben az *ív*hossztól függ. Egyenesnek állandó görbülete van, vagyis a függvény értéke 0, átmenetiív változó görbülettel írható le, mely szintén az l értékétől függ. Végül a tiszta körív esetén a sugár reciproka értéke. Ezek alapján könnyen előállítható a $G(l)$ függvény. Amennyiben ezen függvényt integráljuk megkaphatjuk az érintőszögfüggvényt és további integrálással és szögfüggvények alkalmazásával pedig a helyszínrajzi koordinátákat. Abban az esetben, ha kiragadásra kerül két érintő egyenes és a közöttük lévő tiszta körív, akkor az ívet megelőző egyenes elfordulása zérus. Míg a második az ív középponti szögével egyezik meg, ugyanis, ha a vonalvezetésen egy igen kicsi pontszerű testet végigvezetünk, akkor belátható, hogy pontosan α szöget kell „leküzdenie”. Az érintőszögfüggvényt tovább integrálva megkapásra kerül az eredeti vágánytengely képe, jelen esetben ezen az $y(x=l)$ függvény. Ezen függvény nagyon kicsi (25 cm) részekre felbontásra kerül. A felbontás után egy x_i és egy x_{i+1} függvényértéknél megvizsgálásra kerül a függvény. A két pontot összekötve még a legkisebb tiszta ívnél és átmenetiívnél is az összekötött egyenes fedni fogja az eredeti görbét. a függvény x_i helyen y_i , míg x_{i+1} helyen y_{i+1} értéket vesz fel. A két felvett érték különbsége dy -al, míg a vízszintes változás dx -el jelölhető. Mindkét érték szögfüggvény segítségével kiszámítható. Amennyiben ismerjük a vasúti pálya kezdőkoordinátáját és szögét, akkor ehhez a dx és dy értékeket hozzáadva megfelelő sűrű felbontás mellett előállítható koordináta helyes vágánykép.

A fent említett függvényeket és a függvénykapcsolatokat a következő mutatja be.



28. ábra - Helyszínrajzi derékszögű koordináták számítása egyenes és tiszaív közvetlen csatlakozásánál (a vasúti jármű a súlypontjában értelmezett tömegpont).

$$x = \int dx = \int \cos \tau(l) dl + \alpha_0 \quad (3)$$

$$y = \int dy = \int \sin \tau(l) dx + \alpha_0 \quad (4)$$

$$\int_l^{\Delta l} G(l)dl \rightarrow \tau(l) \quad \iint_l^{\Delta l} G(l)dl = y(l) \quad (5-6)$$

ahol,

$G(l)$: görbületfüggvény,

$\tau(l)$: érintőszögfüggvény,

α_0 : a kezdőpont valós érintőszöge,

x és y a vágánytengely koordinátái

3.2.1. A MATLAB függvények és algoritmusok

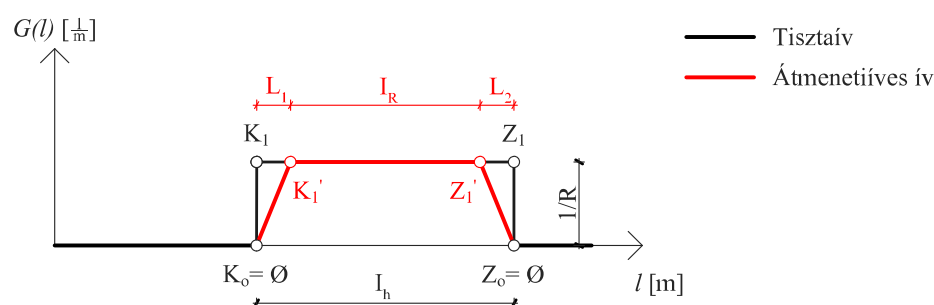
A táblázatkezelő programban végzett adatrögzítést követően, amikor előállt az export fájl (.csv), akkor MATLAB program használatával történik meg a (.kml) fájl előállítása. Ez a fájl szükséges a térképi megjelenítéshez. Minden esetben a MATLAB beolvassa a (.csv) fájlt és megvizsgálja a tartalmát.

3.2.1.1. Ívek helyszínrajzi koordinátáinak előállítása

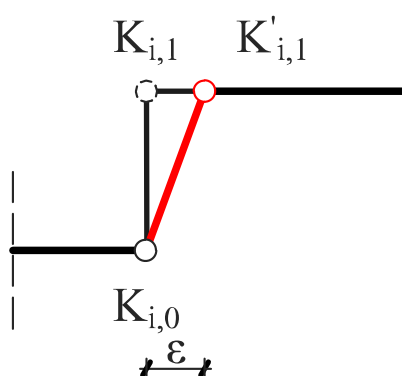
Ívek előállításánál a legfontosabb, hogy megfelelő görbületfüggvényt alkosson meg a program, mivel a további adatfeldolgozás lépéseknél alapul szolgál. Ennek következtében felállításra került egy alap algoritmus, mely a görbületfüggvény fő pontjait állítja elő, mivel a főpontok között lineáris interpolációval további pontok könnyedén meghatározhatók. Az algoritmus (29. ábra) a legjobban az egyedül álló tiszta ívet és az átmenetiíves köríveket tudja kezelni, ahol bemenő és kimenő átmenetiív is megtalálható. Az export fájlból a MATLAB megkeresi az adott ívhez tartozó kezdőszelvényt, végszelvényt, az ívhosszat és a hozzá tartozó sugarat. Először egy x-y koordináta-rendszerben jelöli a kezdőpontot mely, a vízszintes tengelyen helyezkedik el, jelölésben $K_{i,0}$. Amennyiben tisztaív adatfeldolgozása történik, úgy egy új pontot állít elő, melynek x értéke az ív kezdőszelvénye, vagyis a $K_{i,0}$ x koordinátája, míg az y koordinátája az $1/R$ értékből adódó szám ez lesz a $K_{i,1}$ pont. Fontos megjegyezni, hogy mivel lineáris interpoláció szükséges a többi pont(x,y) koordinátájának megalkotásához, így egy x koordinátához nem tartozhat két y érték. E miatt a rendszer a kialakuló $K_{i,1}$ pontot vízszintesen ϵ értékkel eltolja. Jelenleg ez az érték 1 cm, mely a számítások során szinte elhanyagolhatóvá válik a különféle koordináta transzformációk miatt. Ezt követően a $K_{i,1}$ pontot a rendszer eltolja pontosan I_h hosszal. Ezen pont

lesz a $Z_{i,1}$. Végző soron az ív utolsó jellegzetes pontja kerül előállításra, úgy, hogy a $Z_{i,1}$ x koordinátája 0-ra kerül felvételre. Majd a rendszer az y koordinátához ε értékét adja hozzá. (30. ábra) Így előáll a $Z_{i,0}$ pont is.

Átmenetiív körív esetén a $K_{i,1}$ és $Z_{i,1}$ pontok nem ε értékkel, hanem pontosan L_1 értékével kerül eltolásra az x tengely mentén. L_1 , L_2 és I_h értékétől függően tetszőleges átmenetiíves ív előállítható. Az algoritmust a következő ábrák mutatják be, ahol feketével jellemzően a tiszta ívek, míg pirossal az átmenetiívvel rendelkező ívek kerültek jelölésre.



29. ábra – Görbületfüggvény főpontjainak előállításához alkalmazott alapalgoritmus



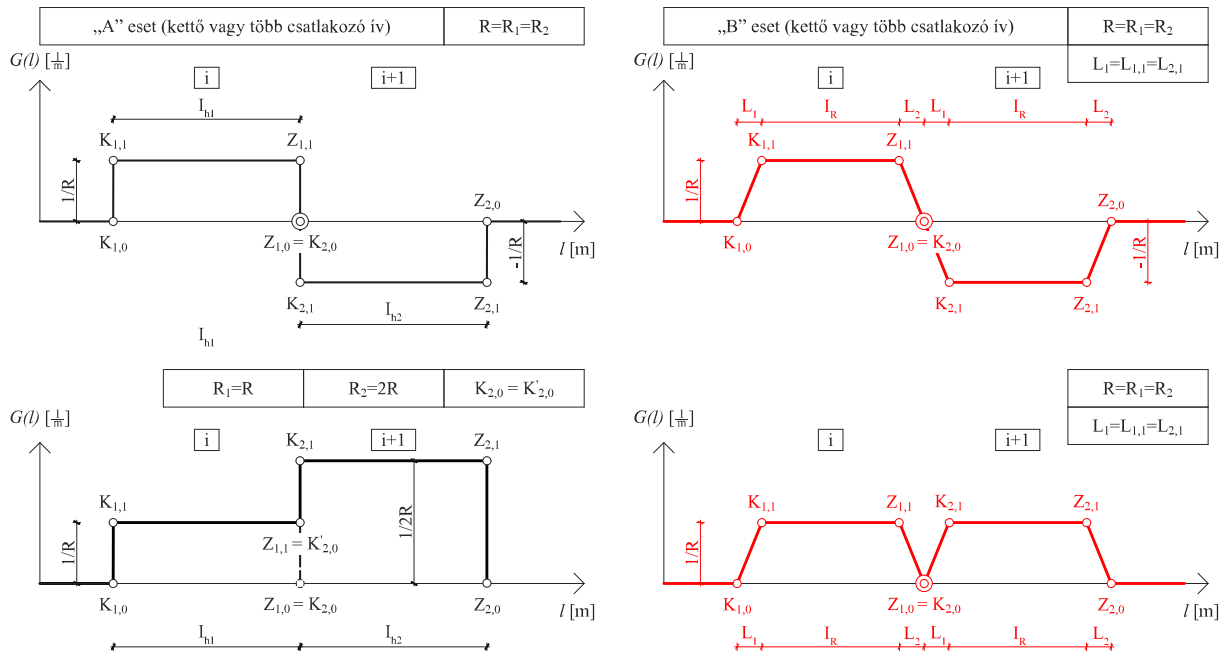
30. ábra – Tisztaív esetén a lineáris interpoláció miatti kisértékű ε eltolás

Mivel jellemzően nem csak tiszta ívek és bemenő-, és kimenő átmenetiívvel rendelkező ívek találhatóak meg a BKV hálózaton, így az algoritmusnak a különféle további összetett helyszínrajzi elrendezéseket is kezelnie szükséges. Jellemzően 4 fő esetből megoldhatók a járatos ívelrendezések.

„A” eset (kettő vagy több csatlakozó ív) esetén az (i). ív nem rendelkezik kimenő átmenetiíve vagyis $L_{i,2} = 0$, viszont az (i+1). ív nem rendelkezik bemenő átmenetiíve ($L_{(i+1),1} = 0$). (31. ábra) Ebben az esetben az első ív végének

koordinátája $Z_{i,1}$ megegyezik a második ív kezdőpontjának $K_{(i+1),1}$ koordinátájával. A bemutatott ábrákon jól látszik, hogy ebből két eset keletkezhet, inflexiósan csatlakozó ívek esetén és kosárfíves ívcsatlakozásoknál. Az első esetben nagyobb alap algoritmus beavatkozás nem szükséges. Maga a rendszer egyszerre két pontot helyezne el, az egyik pont az (i.) ív végéből származó $Z_{i,0}$, míg a másik a követő ív, vagyis (i+1). kezdőpontjából származó $K_{(i+1),0}$. Így az egyik pont „felesleges”, amelyet el kell távolítani. Így a követő ív kezdőpontja meg fog egyezni az előző ív kezdőpontjával. A második esetben maga a függőleges eltolást kell „kiiktatni”.

„B” eset (kettő vagy több csatlakozó ív) esetén az (i.) ív rendelkezik kimenő átmenetiívvel ($L_{i,2} \neq 0$), viszont az (i+1). ív is rendelkezik bemenő átmenetiívvel. ($L_{(i+1),1} \neq 0$). (31. ábra) Ebben az esetben az első ív végének koordinátája $Z_{i,1}$ megegyezik a második ív kezdőpontjának $K_{(i+1),1}$ koordinátájával. Mivel itt nem kell ε eltolás értékkel számolni, így a kosárfíves ív esetén is hasonló a helyzet, mint inflexiósan csatlakozás esetén, vagyis egy pontot szükséges törölni, ahol a két ív találkozik.



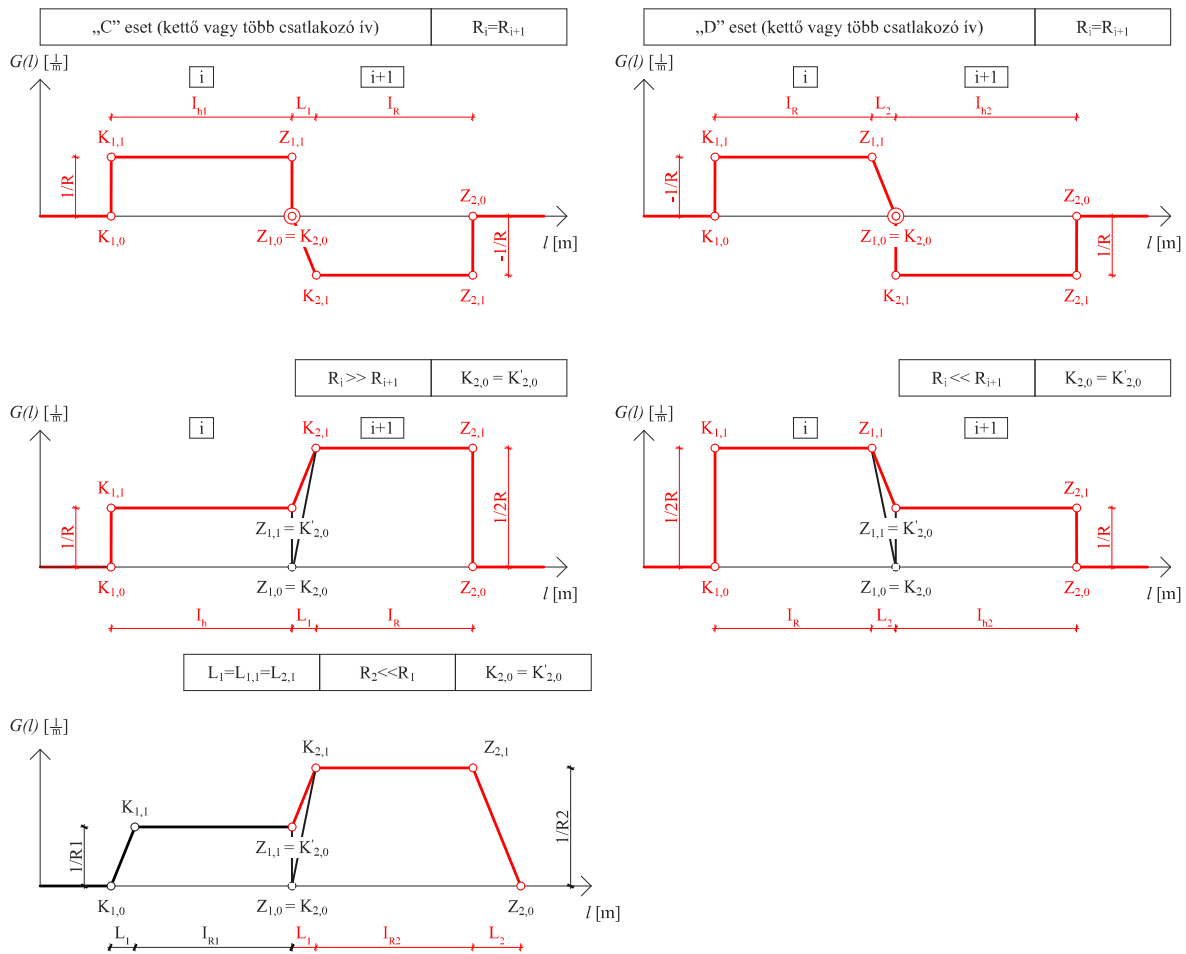
31. ábra – Görbülefüggvény főpontjainak előállításához alkalmazott alapalgoritmus „A” és „B” esetekben

„C” eset (kettő vagy több csatlakozó ív) esetén az (i.) ív nem rendelkezik kimenő átmenetiívvel ($L_{i,2} = 0$), azonban az (i+1). ív rendelkezik bemenő átmenetiívvel

($L_{(i+1),1} \neq 0$). (32. ábra) Abban az esetben, ha az ívek inflexiósan csatlakoznak, akkor a csatlakozásnál keletkező egyik pont megszüntetése szükséges. Kosárívek esetén viszont az y tengelyen való eltolást nem kell elvégezni az $(i+1)$. ív kezdőpontja esetében.

„D” eset (kettő vagy több csatlakozó ív) esetén az (i) . ív rendelkezik kimenő átmenetiívvel ($L_{i,2} = 0$), azonban az $(i+1)$. ív nem rendelkezik bemenő átmenetiívvel ($L_{(i+1),1} = 0$). (32. ábra) Hasonlóan a „C” esetben inflexió esetén a kezdő pontot kell eltávolítani, míg kosárívek esetén az (i) . ív végszelvényét nem 0-ba, hanem az $(i+1)$. ív kezdőszelvényébe kell elhelyezni.

Az egymáshoz közvetlenül csatlakozó ívcsoportok elején és végén bármilyen kialakítás (átmenetiívvel rendelkező vagy nem rendelkező körívek) lehetséges, ugyanis azt az alap algoritmus tudja kezelni. Csak a közbenső csatlakozási pontokat kell egyes esetekben módosítani.



32. ábra - Görbületfüggvény főpontjainak előállításához alkalmazott alapalgoritmus „C” és „D” esetekben

Kosárv					
(i). ív			(i+1). ív		
Egyenes - ív csatlakozás		Ív - ív csatlakozás			Ív - egyenes csatlakozás
$L_{i,1}$	I_{Ri}	$L_{i,2}$	$L_{i,1}$	$I_{R(i+1)}$	$L_{i,2}$
$L1 = 0; L1 \neq 0$	Tetszőleges	$L2 = 0$	$L1 = 0$	Tetszőleges	$L1 = 0; L1 \neq 0$
$L1 = 0; L1 \neq 0$	Tetszőleges	$L2 = 0$	$L1 \neq 0$	Tetszőleges	$L1 = 0; L1 \neq 0$
$L1 = 0; L1 \neq 0$	Tetszőleges	$L2 \neq 0$	$L1 = 0$	Tetszőleges	$L1 = 0; L1 \neq 0$
$L1 = 0; L1 \neq 0$	Tetszőleges	$L2 \neq 0$	$L1 \neq 0$	Tetszőleges	$L1 = 0; L1 \neq 0$
Alap algoritmus kezeli		Csatlakozási pont egyedi kezelése szükséges			Alap algoritmus kezeli!!
		Dupla pont megszüntetése			

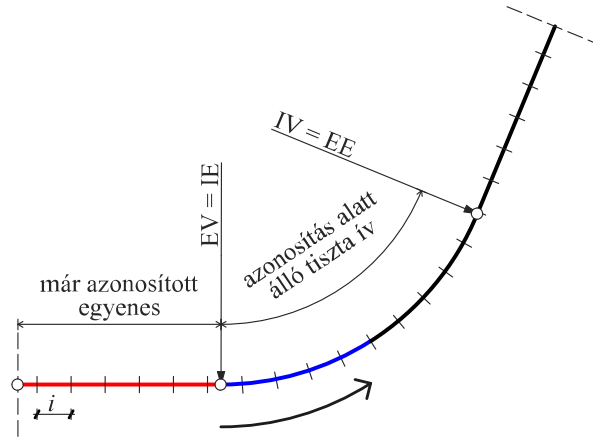
7. táblázat – Kosárv esetén kialakuló esetek összefoglalása

Ellenív					
(i). ív			(i+1). ív		
Egyenes - ív csatlakozás		Ív - ív csatlakozás			Ív - egyenes csatlakozás
$L_{i,1}$	I_{Ri}	$L_{i,2}$	$L_{i,1}$	$I_{R(i+1)}$	$L_{i,2}$
$L1 = 0; L1 \neq 0$	Tetszőleges	$L2 = 0$	$L1 = 0$	Tetszőleges	$L1 = 0; L1 \neq 0$
$L1 = 0; L1 \neq 0$	Tetszőleges	$L2 = 0$	$L1 \neq 0$	Tetszőleges	$L1 = 0; L1 \neq 0$
$L1 = 0; L1 \neq 0$	Tetszőleges	$L2 \neq 0$	$L1 = 0$	Tetszőleges	$L1 = 0; L1 \neq 0$
$L1 = 0; L1 \neq 0$	Tetszőleges	$L2 \neq 0$	$L1 \neq 0$	Tetszőleges	$L1 = 0; L1 \neq 0$
Alap algoritmus kezeli		Dupla pont megszüntetése			Alap algoritmus kezeli!!

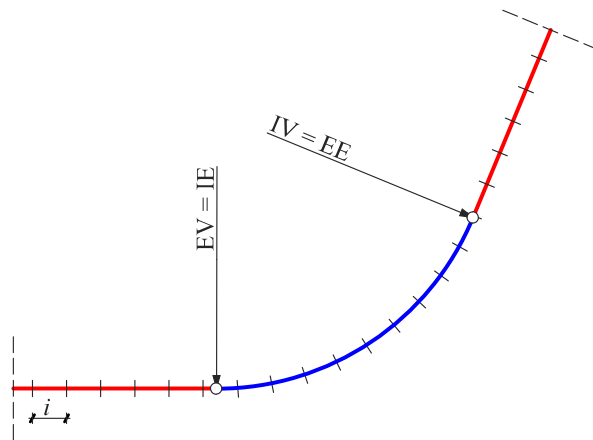
8. táblázat – Ellenív esetén kialakuló esetek összefoglalása

Amennyiben megtörtént a megfelelő görbületfüggvény előállítása megtörténhet az integrálás a 28. ábra alapján. Ezt követően a rajzi elemek azonosítása szükséges. Az x és y koordináta rendszerben kialakuló rajzialelemek felosztása kerülnek „i” távolságra. Ezen távolság bármennyire felvehető, jelenleg 25 cm értékű. A felosztás maga az azonosításhoz és a pontos geometriához szükséges. A vonalvezetésen jellemző pontok kerülnek ki jelölésre, melyek az export fájlból kiolvasásra kerültek, ezek az ív eleje, tisztaív eleje és ív vége, átmenetiív vége

pontok. A kettő fő pont között található pontok automatikusan beazonosítható
így, hogy milyen rajzi elemhez tartozik.

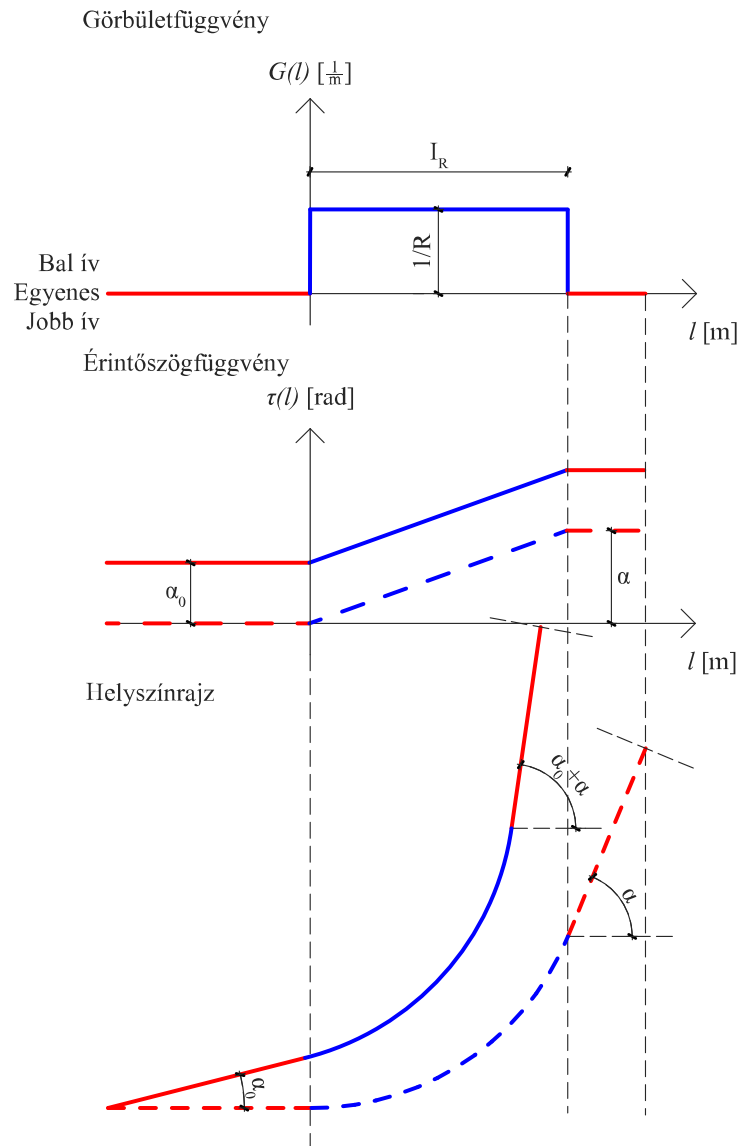


33. ábra – Alkotóelemek azonosítása



34. ábra – Már azonosított elemek

Végző soron a kezdő szögnek megfelelő transzformáció szükséges. Mivel a görbületfüggvények jellemzően lineáris és konstans így, ha a függvényeket a kezdeti α_0 értékkel elforgatjuk, akkor maga az integrálása folyamat bonyolódna. Ennek következtében az érintőszögfüggvényénél kerül hozzáadása ennek értéke. A következő ábrsorozat ezen kezdeti elforgatást mutatja be.



35. ábra – Már elkészített görbületfüggvény, érintőszögfüggvény és helyszínrajzi elrendezés elforgatása kezdőszögnek megfelelően

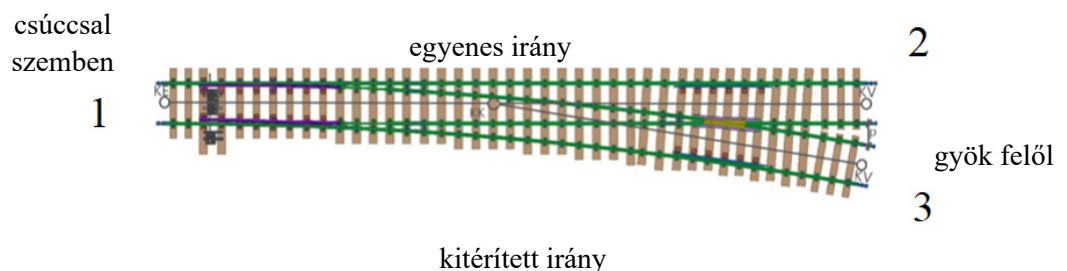
3.2.1.2. Kitérők tengelyábrájának előállítása

A betöltött export fájl esetén (3.1.4 fejezet) a MATLAB soronként megvizsgálja, hogy az adott sorban található-e rögzített kitérő. Ez a kódsorban a „MapKitero_index” változó. Amennyiben a „Tipus” oszlop tartalmazza a „Kitero” szót, akkor a változó 1-et, ellenkező esetben 0-át vesz fel. Ezt követően megszámlálásra kerül, hány ilyen sor található a fájlban, ahol a változó 1-et

vett fel, vagyis hány darab kitérő található. Majd a MATLAB programon belül a kód létrehoz a kitérő mennyiségének függvényében egy sorvektort, mely tartalmazza a kezdő- és végszelvényét. Ezt követően matematikai részsámítások és összefüggések alapján meghatározásra kerül a kitérő iránya és a kitérőn való közlekedés is, vagyis a kitérő helyzete a pályatengelyben. A Szin3 oszlopban található érték amennyiben pozitív szám (+), akkor a rendszer tudja, hogy az adott kitérő jobbos, míg negatív szám (-) esetén balos. Ezt követően a kitérőn való közlekedést szükséges meghatározni. Az alap algoritmus, ha a vonalvezetés a csúcs irányából indul, akkor 1-et, ha gyök felől indul és egyenesen halad át a kitérőn akkor 2-et, míg kitérített irányból 3-at rendel a kitérőhöz. A pontos azonosítás két számból összeállított azonosító alapján történik, a szerint, hogy „honnan -hová” vezet a vágánytengely. Így előállhat 12, 13, 21 és 31-es azonosítók. Ha az érték 12, akkor a vonalvezetés csúcs irányból az egyenes irányba halad. A feldolgozáskor ezt az azonosítót 10-zel osztva egy tizedes törtet kapunk, melyet, ha lefelé kerekítünk akkor pontosan megkapjuk a kiindulási irányt. Amennyiben ezt az értéket megszorozzuk 10-zel és az eredeti azonosítóból elvonjuk, akkor a vég irányát is megkaphatjuk. Az irányok elnevezését a 36. ábra pontosabban bemutatja.

Hová	Honnan	Azonosító
Csúccsal szembe	Egyenesen	12
Csúccsal szembe	Kitérített irány	13
Gyök felől	Egyenesen	21
Csúccsal szembe	Kitérített irány	31

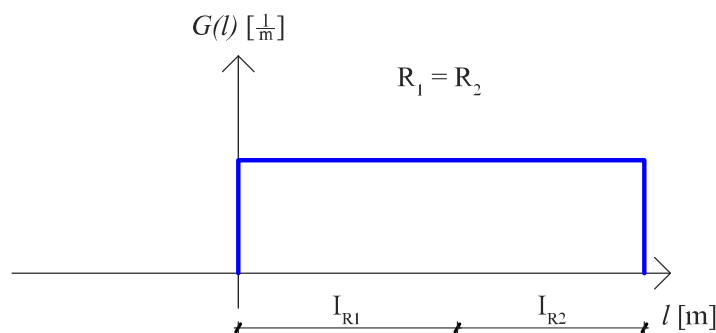
9. táblázat – Kitérő irányához tartozó lehetséges azonosítókhoz tartozó magyarázat



36. ábra – Kitérő irányának meghatározásához szükséges azonosító kiosztásának módszere

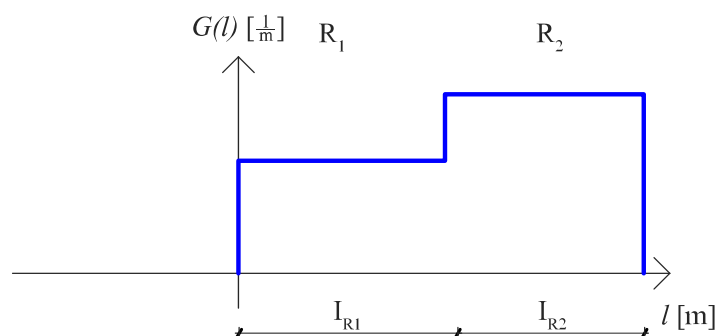
Ahogy meghatározásra került az irányultság, az algoritmus megkeresi a kitérő kezdőszelvényét vagy végszelvényét. Ezt a szelvényt a vágánytengely koordinátapontjai között megkeresi az adott ívhosszhoz tartozó pontokat, majd elhelyezi azokat. A MATLAB külön beolvassa a kitérő adattáblát, ahonnan a típus alapján a sugarakat és az ívhosszakat meg tudja keresni, hogy meg tudja rajzolni azokat. Így előáll egy kitérő, amit megfelelő irányba szükséges elhelyezni. Ezt követően az irányultságnak megfelelően, ha balos akkor először az x tengelyre tükrözi a kitérőt. Abban az esetben, ha gyök felől járt, akkor az y tengelyre is végrehajt egy tükrözést. A kitérők esetén a kezdőpont koordinátája a transzformáció során nem változik. Ahogy az íveknél, itt is szükséges az elforgatás, a kezdeti α_0 értéke miatt. Minden egyes transzformáció után a kitérő érintőszögfüggvénye α_0 értékkel eltolása kerül. (40. ábra - 44. ábra)

Görbületfüggvény



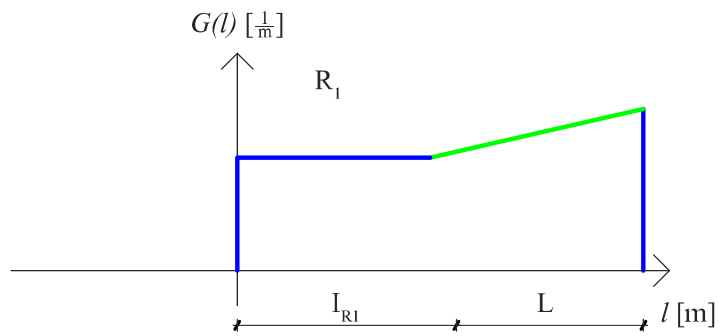
37. ábra – Egyszerű egyenes kitérők ($R_1 = R_2$) görbületfüggvénye

Görbületfüggvény

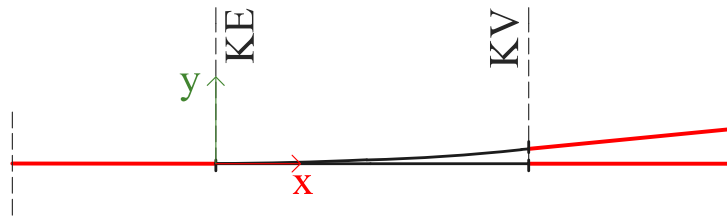


38. ábra – Eltérő sugarú ($R_1 \neq R_2$) kosárvízes egyszerű egyenes kitérő görbületfüggvénye

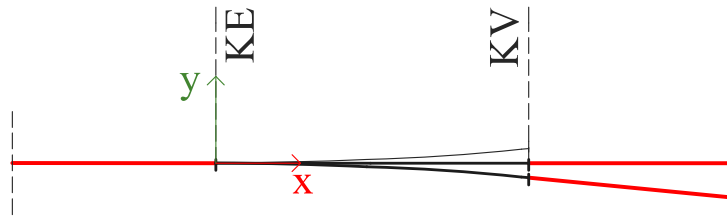
Görbületfüggvény



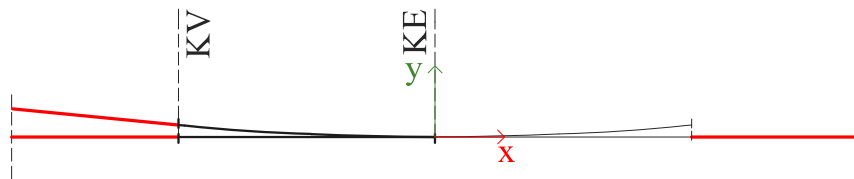
39. ábra – Átmenetiíves kitérő görbületfüggvénye



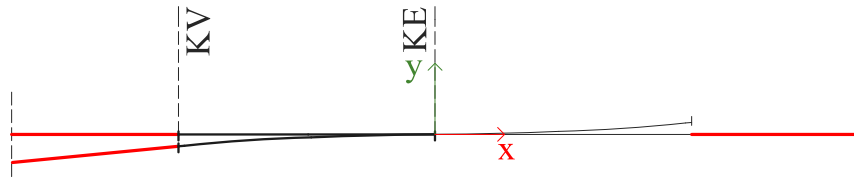
40. ábra – Alap kitérő elhelyezésének algoritmus, illetve jobbos csúcs felől járt kitérő



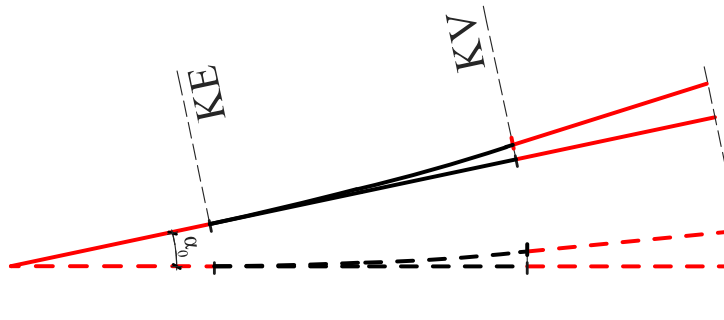
41. ábra – Balos csúcs felől járt kitérő elhelyezése
(Alap algoritmusban elhelyezett kitérő tükrözése x tengelyre)



42. ábra – Jobbos gyök felől járt kitérő elhelyezése
(Alap algoritmusban elhelyezett kitérő tükrözése y tengelyre)



43. ábra – Balos gyök felől járt kitérő elhelyezése
(Alap algoritmusban elhelyezett kitérő tükrözése x és y tengelyre)



44. ábra – Kitérő elforgatása kezdőszögnek megfelelően

3.2.1.3. Felépítményadatok és kiegészítők

A felépítmény adatok feldolgozása az ív adatoknál bemutatott alkotóelem azonosításánál található módon történik.

A felépítmény kiegészítők megjelenítése jelenleg az online térképen nem jelenik meg, mivel csak a vágánytengely kerül megjelenítésre. Képi megjelenítés formájában azonban az 1. mellékletben bemutatott módon megjelenik.

Ahhoz, hogy térképen meg lehessen jeleníteni az adatokat szükséges egy Latlon transzformációt végrehajtani, ezt a MATLAB-ba beágyazható előre elkészített függvény végzi el. Végezetül a MATLAB előállítja a (.kml) fájlt, melyet az online térképen lehet használni. A fájl előállítása is szintén beépített függvénnyel történik.

3.3. Adatmegjelenítés

A rögzített adatoka Google Maps Api segítségével egy online felületen kerül bemutatásra. **A külön színnel kerülnek megjelenítésre a geometria adatok. A piros az egyeneseket, a kék a tiszta íveket és a zöld az átmenetiíveket jelöli.** További színként a sárga is megjelenik, mely a kitérőket jelöli. A térképen a felépítmények típusa is színezéssel történt meg. Minden rajzi elem további attributumokat tartalmaz, melyet a Binfra felhasználó az adatbevitel során megadott. A társított adatmennyiség változó az elemek között. A tiszta ívekhez és átmenetiívekhez társítva lett

az ív sugara és hossza. Kitérők esetén, mivel az üzemeltetés szempontjából nélkülözhetetlen, így a legtöbb adat itt került megjelenítésre. A rajzi elemre kattintva a kitérő sorszáma, csoportazonosítója, iránya, típusa és kialakításból származó vágánykapcsolat elnevezését is. A keretrendszer modelljének részletezettségi szintje, vagyis a Level of detail (továbbiakban LOD) 100-as, mely azt jelenti, hogy a legalap szintű modelltől beszélhetünk.

Fontos megjegyezni, hogy jelenleg két típusú online térkép található az interneten. Az egyik a zárt forráskódú térképek, ilyenek a Google, az Apple és a Bing által kezelték. A második kategória viszonyt a nyílt forráskódú úgynevezett open source térképek, melyek közül a legismertebb az OpenStreet map. A két típus között több különbség is észlelhető, mely egy ilyen keretrendszer tekintetében nagyon meghatározható lehet. A továbbiakban a Google Maps és az OpenStreetMap kerül összehasonlításra. Az első és meghatározó kérdés az anyagi vonzatok, mivel a Google Maps szolgáltatásai mindenki számára elérhető, azonban, ha valamilyen plusz térképes szolgáltatást szeretne a felhasználó igénybe venni, akkor fizetőssé válik. A keretrendszer működése miatt a térképeken rajzi elemek megjelenítésére van szükség, így a szolgáltatás fizetőssé válik.

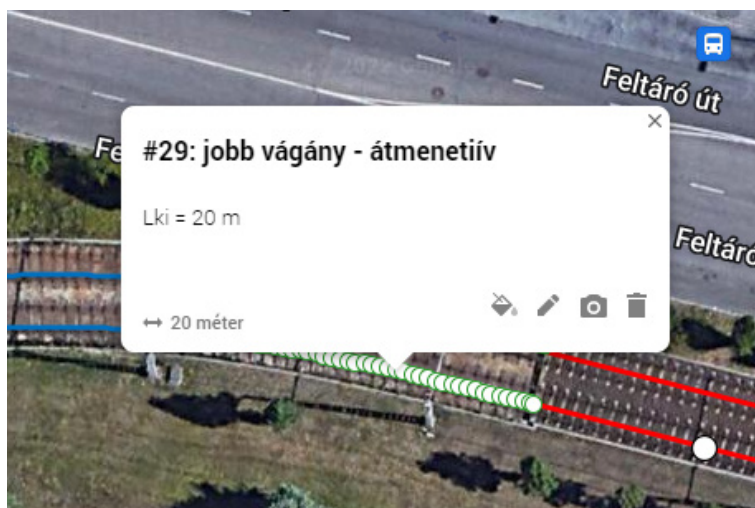
Az adatok térképen kerülnek megjelenítésre, melyet a következő képernyőfotók mutatnak be. (45. ábra - 51. ábra) Látható, hogy betöltés esetén a két vágány vonalvezetési színei láthatóak. Fontos megjegyezni, hogy a Latlon koordináták előállítása miatt a térképen található elemek kicsit cikcakkosan jelennek meg. Alapvetően ez a transzformáció hibája, amennyiben a transzformáció előtt bármilyen CAD szoftverbe importálásra kerül a vonalvezetés, ezen probléma nem tapasztalható. Mivel egy egyenest egyértelműen két pont meghatároz, így a térképes adatmegjelenítéskor a rendszer ezt ki is használja, így ezen jelenség az egyeneseknél nem lép fel. Sokszor látható – kellő nagyítás mellett – hogy nem találkozik a két alkotóelem egymással. Ez a valóságban nem így van, ez is a transzformációból eredő torzulások következménye.



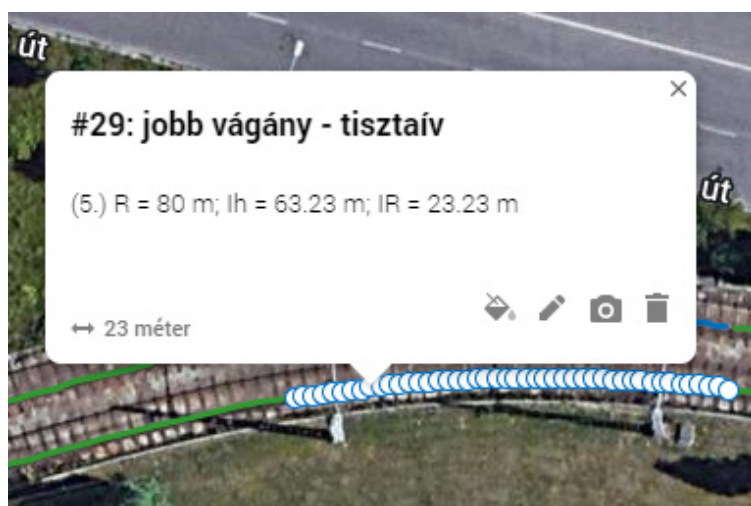
Minden egyes alkotóelemre rákattintva a rá jellemző adatkat meg lehet jeleníteni. Egyenes tekintetében kevés adat, míg kitérő esetén jóval több adat kerül megjelenítésre.



46. ábra – Egyenes rajzilelem adatmegjelenítése



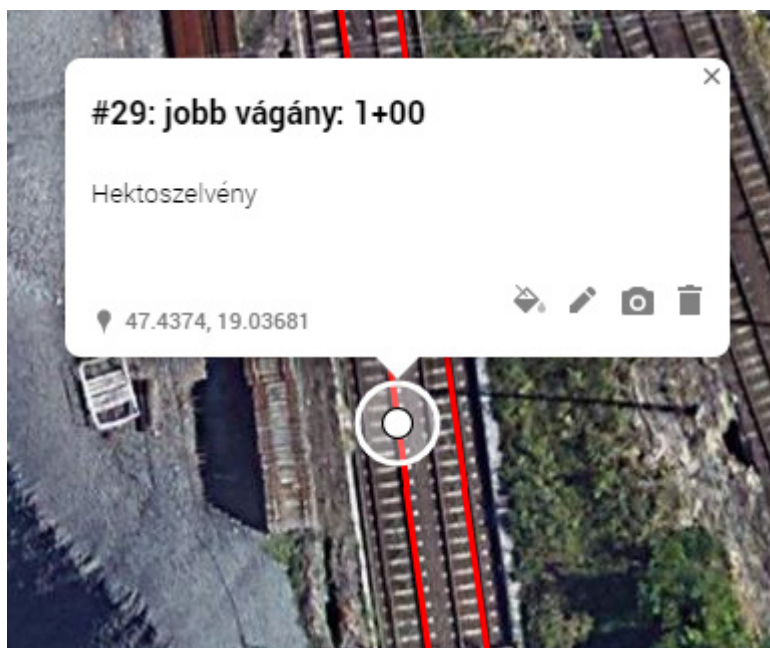
47. ábra – Átmenetiív adatmegjelenítése



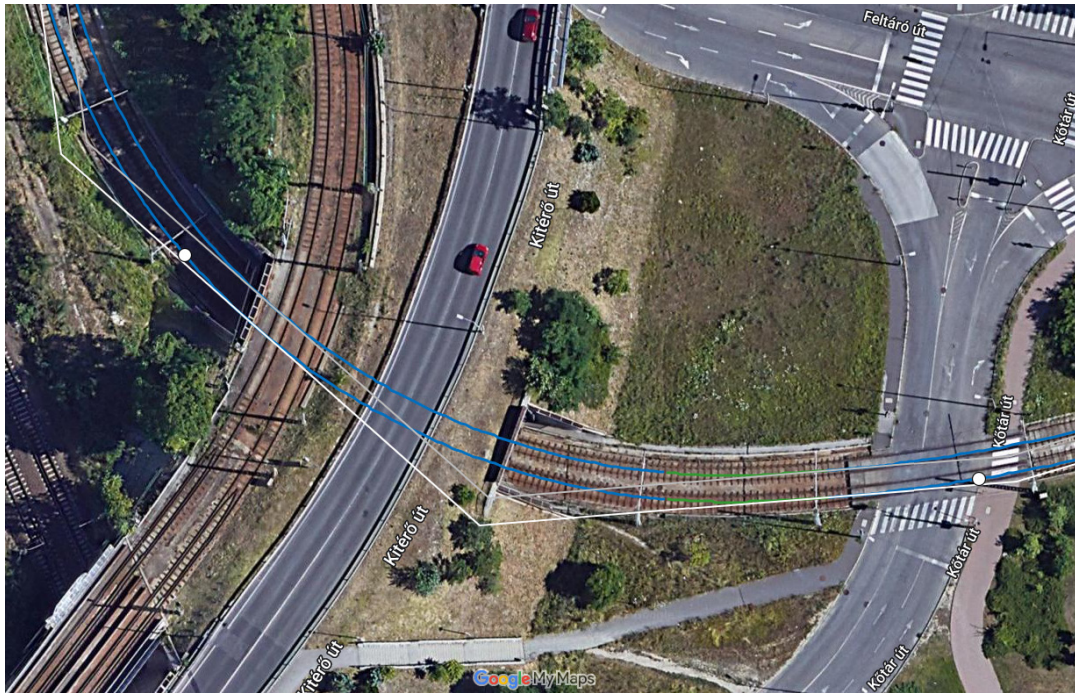
48. ábra – Tisztaív adatmegjelenítése



49. ábra – Kitérő megjelenítése a hozzá tartozó adatokkal



50. ábra - Hektószelvény



51. ábra – Érintők megjelenítése

MEVA rétegen található a mérővillamos által diagnosztizált hibák és mérési eredmények. Amennyiben a mérővillamosról kapott nyers adatok kerülnek megjelenítésre a GPS vevő miatt egy sűrűn beépített területen nagy eltérés tapasztalható. A Blnfra rendszerben rögzített vonalvezetésen megjelenített mérővillamos adatok esetében nem a villamos GPS koordinátákat használja a rendszer. A következő képen látható a két adatmegjelenítés közötti különbség.



52. ábra – A mérővillamos GPS helyadatai alapján (felső kép), illetve a BInfra vágánytengelyen megjelenített (alsó kép) hibaadatok megjelenítése közötti eltérések

A térkép megtekinthető az alábbi linken, vagy a QR kód beolvasása után.

https://bit.ly/BInfra_terkep bit.ly/BInfra_terkep2

Minta Excel fájl: bit.ly/BInfra_excel



4. HASZNÁLHATÓSÁG, GYAKORLATI ALKALMAZÁS

Fontos megjegyezni, hogy a jelenleg használt háttér adatbázisok a BKV-nál használatos adatokkal kerültek feltöltésre. A hálózaton olyan kitérőket használnak, melyek a BKV-s előírásainak megfelelnek. Mivel az adattábla tartalma bármikor módosítható, így a keretrendszert bármilyen vasútüzemeltető cég alkalmazhatja a jövőben, amennyiben definiálja a megfelelő adattáblákat. Előnyös tulajdonságok egyike, hogy ez a módosítás könnyedén véghezvihető, a meglévő adattáblák mintájának felhasználásával.

Mivel a BInfra keretrendszer egyszerű és könnyen kezelhető, így bármikor továbbfejleszhető az igényeknek megfelelően. A későbbi fejlesztéseknek köszönhetően elérhető lenne egy adatszolgáltatás, mely akár az összes pont EOVS helyes koordinátáját listázhatná, melyet akár a fenntartó, de akár tervezőcégek is használhatnának. Ezen felül az adatmegjelenítés esetén a megjelenített adatok mennyisége, struktúrája változtatható. A weboldalon kialakítható olyan szolgáltatás, aminek köszönhetően akár fényképeket vagy fájlokat lehet hozzáfűzni a vágánytengelyhez. A csatolás egy okos eszköz segítségével történhet meg. Az adatrögzítő az eszközön bejelentkezik a BInfra rendszerébe és bekapcsolja a helymeghatározás funkciót. Így egy helyszínbejárás alkalmával készített fényképek vagy manuálék hozzárendelhetők koordinátahelyesen a megfelelő tengelyhez.

A BKV-val való egyeztetés során felmerült a BInfra továbbfejlesztése, amely értelmében az üzemeltetőnek szüksége lenne egy olyan adatbázisra, mely tartalmazza a lassújeleket. A jelzések tartalmazhatják kihelyezés és megszüntetés időpontját, illetve maga a forgalomkorlátozás mértékét. Mivel ezen korlátozások pontszerűek, így a térképen egy EOVS helyes ikon megjelenítésével megfelelően

működne a rendszer. Továbbá igény lenne egy síncsiszolási térképre is, mely előző években már elvégzett és a jövőben tervezett beavatkozásokat mutatná. További fejlesztési lehetőség, hogy akár szelvényszámából GPS koordináták vagy fordítva, GPS koordinátákból szelvényszámok állíthatók elő. Ezen funkció a rendszeres általános karbantartásnál nyújtson segítséget a BKV-nak.

Közúti vasúti nyilvántartási rendszeren túl mutatna, hogyha nagyvasúti vonalvezetés vagy akár trolibuszok felsővezetéki rendszere hasonlóan rögzítésre kerülne. Nagyvasútnál jóval összetettebb minden egyes vonalat rögzíteni a kiterjedtsége miatt, sőt az állomásokon kialakuló összetett vágányképek miatt is. Trolibusz felsővezetéki adatbázis esetén GPS koordinátákkal megadható lenne a felsővezeték tartóoszlop, mely különféle paramétereket tartalmaz.

Összességében elmondható, hogy a keretrendszer fejleszthetősége számtalan irányba folytatódhat. Ez részben a BInfra kialakításának köszönhető. Fontos megjegyezni, hogy nagyobb adatok rögzítése és megjelenítésekor a fejlesztéskor figyelembe kell venni, hogy „mennyi adatra és mikor” van szükség, ugyanis egy zsúfolt online térképen a legfontosabb információ is elveszhet.

A BInfra elindulásával a Budapesti Közlekedési Vállalat és a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem között egy megállapodás került aláírásra 2022. augusztusában. Ennek keretében minden olyan adatot a BKV rendelkezésre bocsát olyan hallgatók számára, akik a Tudományos Diákköri Konferencián vagy diplomamunka keretein belül a BKV hálózatának bármilyen elemét választja témájának.

5. BIM 6D FEJLESZTHETŐSÉG

A XXI. században jelentős törekvés alakult ki az automatizálható munkafolyamatok informatikai rendszerben történő kiváltására. Sajnos az infrastruktúra építőmérnök ágazat ebben jelentős hátránnyal indul. Ugyanis a tervező cégek jellemzően 3D-s modelleket készítenek el, melyet a megrendelő felé sokszor, adatfeldolgozó szoftver hiánya, szerzői jogi kérdések miatt nem adja át. Azonban a tervezés után egy-egy vonalas létesítmény fenntartásához és üzemeltetéséhez szükség van egy részletes modellre, mely tartalmaz minden olyan elemet, mely alapján becsülhető és tervezhető az elem élettartama. Ezen modell a Building Information Modelling (*továbbiakban BIM*). A vasútépítés területén jelenleg a BIM keretrendszerek alkalmazása kezdetleges szinten van. Összességében elmondható, hogy jellemzően egy olyan alkalmazás használata szükséges, amelyhez szaktudás és szoftverismeret is szükséges.

A tipikus BIM modellek elkészítése 3D-s modell elkészítésével kezdődik. A tervezők geodéziai felmérések alapján a meglévő terephez igazított magassági vonalvezetéssel rendelkező terveket készítenek. Ezen modellben lévő alkotóelemeket különféle attribútumokkal ruházzák fel. Egy példán

keresztül bemutatható a BIM dimenziói. Tételezzünk fel egy sínszállat, mely jellemzően 120m hosszúságú és szabvány méretű. Ezen geometria paraméterek mellett, ha a sínszál ára rögzítésre kerül a modellben, akkor a modellben lévő összes elem árából költségvetést lehet készíteni. Ez a BIM 5. dimenziója. Ha megadásra kerül a sín fizikai paraméterei és az avulásához tartalmazó

A BInfra modell az online térképen csak 2D-s vonalakat tartalmaz. A meglévő vonalak attribútuma bővíthető, a vonalvezetési elem 'z' koordinátaival (magassági vonalvezetéssel). A 3D pályatengely ismeretében, megfelelő nyomtervek alkalmazásával 3D-s modellé alakító.

A BIM modellek különféle részletezettségi szintekben készülnek el, attól függően, hogy melyik szakág mire szeretné használni azt. Abban az esetben, ha a megrendelő meg szeretné nézni a kész modellt, szükséges minden olyan részletet megmutatni, azonban egy statikus tervezőnek nincs szüksége, hogy az adott szerkezet milyen színű lesz. Ezeket a BIM szabvány LOD értékként adja meg. A legkevésbé részletes modell az a LOD100 míg a legrészletesebb a LOD500. Ha a BInfra keretrendszerben található modell jelenleg LOD100-as, azonban, ha az adatbázis feltöltésre kerül a meglévő sín profiljával, aljakkal és kapcsolószerkekkel akkor elérhető a LOD500-as részletezettségi szint is.

De vajon szükséges-e ilyen szintű részletezettség a vasútépítésnél?

6. MELLÉKLETEK

A mellékletek külön dokumentumban találhatóak.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] MÁV. *VASÚTI PÁLYADIAGNOSZTIKAI DÖNTÉSSEGÍTŐ RENDSZER*. (n.d.)
- [2] Vasúti Hatósági Főosztály. *A VIKI-Vasút Igazgatási Központi Informatikai rendszer a vasúti infrastruktúra-szolgáltatói, illetőleg vasútvállalati adatszolgáltatásban*. 2021.
- [3] Thomas Hammer. *Der "Gläserne Fahrweg" Datenbasiertes Instandhaltungsmanagement im Nahverkehr*. 2017.