



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki Kar
Közlekedésautomatikai Tanszék

Diplomaterv

Budapest, 2002

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETŐ	3
2. A SZIMULÁTOR	5
2.1. A PÁLYAEDITOR	6
2.1.1. Pályaelemek.....	6
2.1.2. Vágányútkeresés	8
2.1.3. Üzem módok	10
2.2. A MENETRENDEDITOR	11
2.3. VONATSZÁMLÉPTETÉS	12
2.4. A SZIMULÁTOR MŰKÖDÉSE	12
2.4.1. A vonat- és tolatómenetek mozgás-szimulációja.....	13
2.4.2. Zavar-szimuláció	14
2.4.2.1. Műszaki zavarok	14
2.4.2.2. Forgalmi zavarok.....	15
2.4.2.3. Vágányzárak	15
2.4.2.4. Vontatójármű zavarok	15
2.4.3. Futási feltételek	15
2.5. INFORMÁCIÓGYŰJTÉSI LEHETŐSÉGEK	16
2.5.1. Szövegfájl.....	17
a) Vonatfutási idők	17
b) és c) Jelző előtti állási idők	18
d) Relatív állomási késési idők.....	18
e) Abszolút állomási késési idők	19
f) Aktuális vonatkésési idők	19
g) Abszolút eltérési idők állomásra érkezéskor	19
h) Pályaelem információk.....	20
2.5.2. Idődiagram	21
2.5.3. Technológiai diagram.....	22
2.5.4. Grafikus statisztika	23
3. TESZTESETEK	27
3.1. EGYSZERŰ TESZTESETEK	27
3.2. MAXIMÁLIS TERHELÉSES VIZSGÁLAT	36
3.2.1. Vizsgálati szempontok.....	36
3.2.2. Vizsgálati eredmények	40
3.2.2.1. Vonatfutási idők	41
a) Teszt N0	41
b) Teszt N2.....	42
c) Teszt N3	42
d) Teszt N4.....	43
e) Teszt N6.....	44
3.2.2.2. Infrastruktúra kihasználtság	44
3.2.2.3. Jelzőinformációk	45
4. ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATOK	48
4.1. AZ INFRASTRUKTÚRA – 2-ES KONTRA 3-AS ESET	48
4.2. A BIZTOSÍTÓBERENDEZÉS – 3-AS KONTRA 4-ES ESET	50
4.3. AZ UTASVÉDELEM – 2-ES, 3-AS KONTRA 6-OS ESET	53
4.3.1. A 2-es és 6-os eset.....	53
4.3.2. A 3-as és 6-os eset	55
5. ÖSSZEFOGLALÁS	58
1. SZÁMÚ MELLÉKLET - CD	61
2. SZÁMÚ MELLÉKLET - ÁLLOMÁSAZONOSÍTÓK	62
3. SZÁMÚ MELLÉKLET - VONATKÓDOK	62
4. SZÁMÚ MELLÉKLET - TERHELÉSES VIZSGÁLATOK VONATJAI	63
5. SZÁMÚ MELLÉKLET - AZ UTASVÉDELEM	64
IRODALOMJEGYZÉK	66

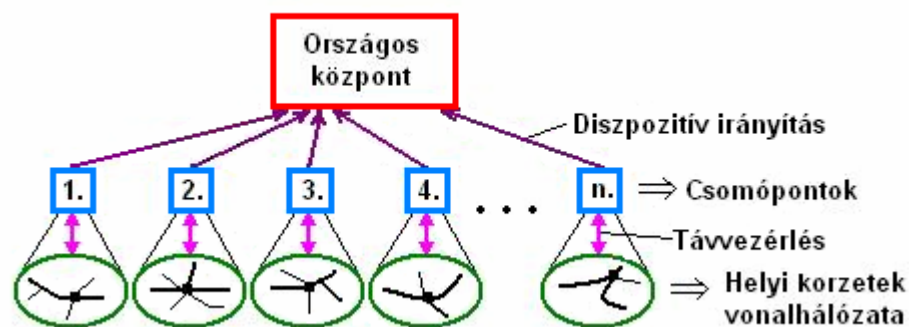
1. Bevezető

A magyar vasút igen büszke lehet azokra a mutatókra, melyek a vasúti lefedettséget, az állomási vágányok számát jellemzik. Mindez a '90-es évek előtti rendszer „eredménye”. Az elmúlt évtizedben azonban mind az áruszállításban, mind pedig a személyszállításban jelentős tévesztést volt kénytelen elkönyvelni. Ennek oka részben a rendszerváltást követő szállítási igények átstrukturálódásában, a közúti szállítás jelentős térnyerésében, de nem utolsó sorban az elmúlt ötven év hibás vasútpolitikája következtében előálló műszaki leromlásban keresendő. Ugyanakkor az európai közlekedéspolitikai célok között első helyen szerepel a vasúti közlekedés részarányának növelése, amihez az EU országaiban jelentős támogatások is járnak.

Az Európai Unióhoz való csatlakozásunk közeledtével Magyarországon is elkerülhetlenné válik a vasút megfelelő műszaki színvonalának helyreállítása, fejlesztése.

A Magyar Államvasutak (MÁV) Rt. fejlesztési tervei között több vonal rekonstrukciója szerepel. Ezek egyike a Budapest–Cegléd–Szolnok. Az elképzelések szerint a vonalon a pálya, valamint több állomáson a biztosítóberendezés felújítása is megtörténik.

Emellett a MÁV már több éve az ún. csomóponti rendszer megvalósítását tervezi. Eszerint az ország főbb vasútvonalain csomóponti állomásokat jelölnének ki, melyekről a környező vonalhálózat forgalmának irányítása történhetne. Ez egyfajta helyi (körzeti) forgalomirányítást illetve távvezérlést jelentene, míg a csomóponti egységeket egy azok fölé rendelt központ irányítaná diszpozitív jelleggel (1. ábra) [2] [3].



1. ábra – Csomóponti rendszer

Mindez az önálló pályavasút keretein belül történne, mely egy ily módon felújított infrastruktúra-hálózattal kielégíti az Európai Uniós követelményeket is, s felkészülten várhatja a piacnyitást.

Fontos feladat azonban annak eldöntése, hogy a rendelkezésre álló forrásokból milyen mértékű infrastruktúra kapacitást állítsunk helyre úgy, hogy az a mai, de még inkább a prognosztizált forgalmi igényeket kielégítse, ugyanakkor azonban felesleges kapacitásokat ne

hosszunk létre. Eldöntendő kérdés az is, hogy a megfelelő kapacitást extenzív módon (pl. a rendelkezésre álló vágányok számának növelésével), avagy korszerű, európai színvonalú irányítórendszerek (biztosítóberendezés, vonatbefolyásolás, vonatszámjelentés, vonatszám szerinti vágányútállítás, központosított forgalomirányító rendszerek, stb.) bevezetésével érjük-e el.

Mindezen kérdéseknek már a tervezési fázisban történő megválaszolásához kitűnő segédeszköz lehet egy megfelelő módon előkészített és megvalósított szimulációs rendszer, amellyel a folyamatok már a tervezési fázisban modellezhetők, vizsgálhatók, és az eredmények alapján az optimális döntések meghozhatók.

Az elgondolásokat tett követte. 2001-ben a MÁV Rt. megbízást adott a MÁV Tervező Intézetnek (MÁVTI), hogy dolgozzon ki tervet, amely az ország leendő csomópontjaira ad javaslatot, illetve ezen túl megrendelést adott egy komplex szimulációs rendszer kidolgozására. A cél az volt, hogy a biztosítóberendezések fejlesztéséhez kapcsolódva megállapítsák, mekkora vonalkapacitást szükséges feltétlenül bevinni a felújításokba, s mely – jelenleg meglévő – kapacitások váltak szükségtelessé a 90-es években bekövetkezett forgalomcsökkenés következtében.

Egy megfelelően felkészített szimulátor ezen túl interaktív támogatást képes nyújtani a tervezéshez. A vizsgálatok eddig leginkább papíron, intuitív, esetenként matematikai módszerek alkalmazásával folytak, kiegészülve természetesen a szakemberek sokéves tapasztalatával. Ezek a vizsgálatok azonban meglehetősen bonyolultak, nehézkesek, időigényesek, éppen ezért igen költséges több szempontból, több eshetőségre is elemezni az aktuális terveket.

A szimulátor megvalósítására a budapesti Tran-SYS Kft-t kérték fel. Mint látni fogjuk a szimulátor a vonalhálózat, a biztosítóberendezések és a forgalom komplex modellezésével hathatós segítséget nyújt a problémák kutatásában és remélhetőleg megoldásában is [6] [7]. Általa sokféle helyzet, állapot modellezhető, s a kapott adatok kiértékelésében is fontos szerepet kap. Többek között lehetővé válik szimulátor segítségével vizsgálni:

- a vonal kapacitását,
- a menetrendet,
- és az infrastruktúra kapacitását.

A diplomaterv az e projekt keretében elkészült szimulátort, illetve annak felhasználási lehetőségeit mutatja be. A projekt célja a Kőbánya-Kispest – Abony szakasz vizsgálata volt.

A dolgozat első fejezeteiben a szimulátor, illetve annak működésének bemutatása a cél, melyet az infrastruktúrát és forgalmat vizsgáló tesztesetekkel foglalkozó fejezetek követnek.

2. A szimulátor

A MÁV számára készített szimulátor a Tran-SYS Kft eddigiekben a német vasútnak (DB) rendszeresen szállított szimulátorára épül [8]. Ezek olyan oktatási célokat megvalósító szimulátorok, melyek segítségével a leendő berendezések kezelését tanítják. Jelen esetben ez a szimulátor lett oly módon továbbfejlesztve, hogy eredeti és hasznos funkciói mellett az infrastruktúra és a biztosítóberendezés komplex vizsgálata váljon lehetővé segítségével (*1. számú melléklet*). Ebben a fejezetben a szimulátor működésével, annak felépítésével ismerkedhetünk meg.

A szimulációs rendszer a következő főbb modulokkal rendelkezik:

- a szimulálni kívánt hálózatrész topológiájának leírását támogató topográfia editor,
- a biztosítóberendezés funkcionális szimulációja,
- vonat- és tolatómenetek szimulációja,
- a forgalom-lebonyolítást akadályozó zavarok szimulációja,
- a vonatszámjelentés megvalósítása,
- a vonatszám szerinti vágányútállítás (megvalósítás alatt),
- az aktuális menetrend leképezése,
- a szimuláció eredményeinek értékelését támogató eszközök (tool-ok).

A szimulációs rendszer a vizsgálatok elvégzéséhez létrehozza a szimulálandó hálózatrész topográfiájának modelljét (vágányhálózat, váltók, jelzők, sorompók, térközők, lassújelek, stb.). Leképezi magát a biztosítóberendezési funkciókat, valamint a biztosítóberendezés által vezérelt kültéri objektumok működését. A biztosítóberendezési funkciók részben fixek, amelyek a szimulátorban vannak beprogramozva, részben alternatív funkciók, amelyek működését a tervezési fázisban meghatározásra kerülő tervezési esetek befolyásolják. Ezen tervezési esetek beállítása szintén a modell létrehozása során történik.

Az emberi tényezőket is figyelembe vevő szimuláció megvalósítása érdekében a szimulációs rendszer rendelkezik a biztosítóberendezés működtetéséhez egy kezelő és visszajelentő felülettel, amelyen keresztül kiadhatók a szimulált biztosítóberendezés számára a parancsok (váltóállítás, jelzőállítás, vágányútállítás, stb.), illetve ahonnan leolvashatók a biztosítóberendezés által generált állapotinformációk.

Az ily módon modellezett topológián lehetőség van a vonatok és tolatómenetek létrehozására, és azoknak a biztosítóberendezés pillanatnyi állapota szerinti közlekedtetésére. A vonatok, illetve a tolatómenetek közlekedhetnek akár menetrend szerint, akár a kezelő által manuális módon vezérelve.

Mind a biztosítóberendezés működése (annak időfüggő funkciói), mind pedig a vonatok és tolatómenetek közlekedése valós időben történik. A vonatok és tolatómenetek

gyorsítása, lassítása a menetdinamikai szabályok szerint valósul meg. A normál – zavarmentes – forgalom-lebonyolítás mellett lehetőség van különböző (műszaki és forgalmi) zavarok aktivizálására is, amivel vizsgálhatók a legkülönbözőbb szituációk hatásai.

Az adatok bevitele külön e célra kifejlesztett editorokkal (pályaeditor, menetrend-editor) történik, ezeket mutatja be a fejezet első és második része. Mindezt röviden, lényegre törően, mivel a dolgozat fő célja nem az editorok megismertetése és bemutatása, hanem a szimulátorral végzett futtatások eredményeinek felhasználása, kiértékelési lehetőségeinek feltárása, módszerének kialakítása. A harmadik rész a kiegészítő lehetőségeket tárgyalja, mint például a vonatszámlejtetés logikájának megvalósítása. A fejezet negyedik részében már a szimulátorhoz kapcsolódó kiértékelési lehetőségek (statisztika, diagrammok) és a gyűjtött adatok bemutatása következik. A harmadik fő fejezet ennek a résznek az ismeretére épül.

A szimulátor maga több modulból áll, így több fájlból is dolgozik. Az exe programfájl mellett legfontosabb az adott pályát leíró dat fájl. A vágányhálózatra felépített vágányutak rendszerét pedig a vsf és vsp fájlok alkotják. A vonatszámlejtetési logikát a zn fájl írja le, míg a menetrend az mtu fájlban található meg. A részletes programstruktúra azonban nem is olyan lényeges, részletezése továbbiakban csak a legszükségesebbekre korlátozódik.

2.1. A pályaeditor

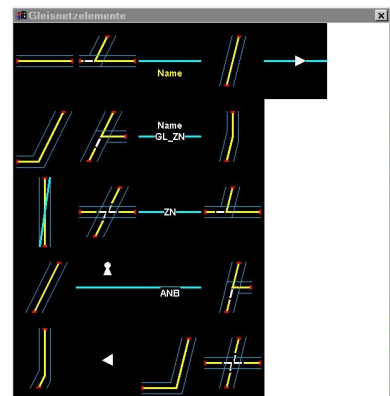
A szimulátor természetesen csak az editorokkal történő adatfeltöltés után használható. Elsődleges feladat a pályaadatok felvétele, erre szolgál a pályaeditor vagy topográfia-editor. Ez egy magas szintű, Windows alapú, menüvezérelt program [6], mely jelenleg magyar és német nyelvű üzemmódban indítható. Menürendszeréből a megfelelő ablakok megnyitásával a legkülönbözőbb típusú elemek vehetők fel. Így például a vágányok, váltók, jelzők, peronok, útátjárók, megállóhelyek, stb. A cél az, hogy a lehető legpontosabban modellezzük a vizsgálni kívánt vonalat. Minden pályaelem helyét koordinátákkal adhatjuk meg, illetve típustól függően több opcióval állíthatjuk be jellemzőit, tulajdonságait. Jelző esetén például a jelzőre kivezérelhető sebességképek, lassújelnél a kezdetének és végének koordinátája, mértéke, stb. Beállíthatók továbbá a különböző összerendelések, meghatározhatók az egyes tervezési esetek.

2.1.1. Pályaelemek

Az adatok helyes megjelenítéséhez, és a vonatkövetési adatok képzéséhez szükség van az állomások topológiájára, a nyíltvonalak elhelyezkedésére, azok állomási kapcsolódására. Ezek a feldolgozás során mindvégig állandó adatok, a program statikus alap adatbázisát

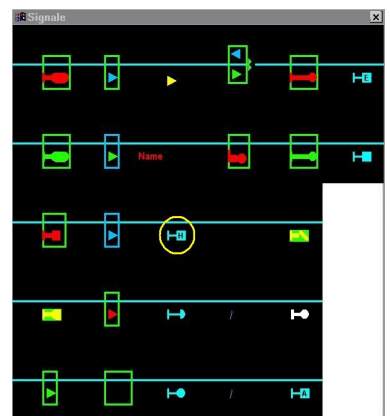
jelentik. Az adatok a valóságos állomási biztosítóberendezéseknek, valamint az állomási, és vonali helyszínrajzoknak megfelelően lettek felvéve. A statikus adatok beolvasása megelőzi a tényleges adatfeldolgozást.

Amikor tehát egy pályát elkezdünk felépíteni, első dolgunk a vágányhálózat leképezése. Először csak grafikai kell „megrajzolniunk” a pályát, melyben az egyszerűen behívható vágánygrafikák segítenek (**1. kép**). Ezeket az egérrel a háttérre húzva (drag-and-drop technika) és ott megfelelő méretre és alakra állítva felépíthető a hálózat. A szomszédos grafikus elemek találkozásuk helyén automatikusan összezáródnak.



1. kép – Vágánygrafikák

Ezután következhet a jelzők felvétele (**2. kép**). Főjelzők, előjelzők, tolatásjelzők, térközjelzők, ismétlőjelzők, célpontok (mint fiktív jelzők) tartoznak ide, valamint ebbe a csoportba kerültek a megállótáblák és a lassújelek is.



2. kép - Jelzőgrafikák



A grafikus felület elkészültét követően lehetséges az objektumok (szakaszok, váltók, jelzők, stb.) definiálása, mellyel már az infrastruktúra tényleges modellezése történik meg. Ehhez ki kell választani egy grafikus elemet, és az összerendelő funkciót előhívni. Az objektum típusától függően lenyíló ablakban adhatók meg az objektum jellemzői, úgymint

- főtípusa, altípusai,
- térbeli elhelyezkedése (szelvényadatai),
- működési jellemzői,
- az objektum lehetséges tervezési esetei, stb.

Például a megállótáblák (*bekarikázva*) esetében megadható, hogy milyen típusú vonatokra érvényes. Amelyik típus nem szerepel a megállótábla paraméterlistájában, azt az ilyen vonatok nem veszik figyelembe. Ha a megállótáblához olyan vonat érkezik, melyre az vonatkozik, akkor az előtt a vonat megáll. Ekkor a menetrendjében meghatározott ideig a vonat Megállj! jelzőként értelmezi a táblát.

A megállótáblák ezek mellett az ún. nem látható grafikai elemek csoportjába tartoznak. Alaphelyzetben a szimulátor futása alatt nem láthatóak. Felkapcsolva azokat, három állapotot különböztetünk meg. A vonat megérkezése előtt a megállótábla felső négyzete vörös színű. Amint a vonat megállt előtte, színe sárga lesz, ezzel jelezve, hogy a menetrendben szereplő megállóhelyi várakozási idő számolása elindult. Amikor ez letelt, és a

vonat indulását immár nem tiltja, akkor színe zöldre vált, a vonat ekkor – ha más nem tiltja – továbbindulhat.

A vonali sebesség táblával  lehet beállítani, hogy egy adott vonalszakaszon mekkora a megengedett sebesség. Ezen túl megadhatóak további korlátozások a lassújelek  segítségével. A lassújel grafikailag hasonló a megállótáblához. Jelentős eltérés azonban, hogy korlátlanul, minden vonatra érvényes „jelzés”. Minden elhaladó vonat olyan jelzőként értelmezi, mely – paraméterben – adott sebességet ír elő a tábla mögött kezdődő pályaszakaszra. Az „A” betűs fajtája a sebességkorlátozás kezdetét jelzi, míg az „E” betűs a végét, melytől a vonat a maximális vonali pályasebességgel, illetve a számára engedélyezett legnagyobb sebességgel mehet.

További lerakható elemek a sorompók, útátjárók, melynek mindkét fajtája – a jelző által fedezett és a vonali (távellenőrzött) sorompó is – ismert a szimulátor számára. Ide tartoznak még az utasperonok, felsővezetéki szakaszok, helyi kapcsoló körzetek, üzenetmezők, állomásnevek, kontrollmezők, parancsgombok is.

Az egyes objektumok tulajdonság- és funkcióablakának bezárásakor a program elvégzi a bevitt adatok hihetőségi vizsgálatát, negatív eredmény esetén az ablakot nem engedi bezárni, és a hiba jellegére jellemző üzenetet küld. Pozitív eredmény esetén az ablakot bezárja, és az objektumot a topológia modell számára létrehozza. Az objektumok adatai az objektumablak újbóli kinyitásával utólag módosíthatók, újra definiálhatók. A már elkészített grafikus felület részben vagy egészben másolható, illetve eltolható (áthelyezhető) anélkül, hogy az összerendelési adatok megváltoznának.

A grafikus szerkesztés és a paraméterek beállítását követően még egyszer végrehajtható egy hihetőségi vizsgálat, amely az előbbi vizsgálaton túlmenően már az egyes objektumok kapcsolatának hihetőségét is vizsgálja. Az újabb hihetőségi vizsgálat pozitív eredményét követően szerkeszthetők meg a hálózat lehetséges és kívánt vágányújtjai.

2.1.2. Vágányútkeresés

A forgalom lebonyolításához nem elég maga a pálya, fel kell rá építenünk a kezelői mechanizmust is. Ennek legalapvetőbb eleme a majdan a kezelő által állítható vágányutak felvétele.

Első lépésben a szerkesztőprogram a topológiai modell alapján megkeresi és egy adatállományban eltárolja a hálózat definiált vágányúti start- és célpontjai között lehetséges vágányutakat:

- vonat- és tolatóvágányutak,

- alap- és kerülővágányutak,
- elemi és összetett vágányutak.

A kereső algoritmus teljesítőképségeinek bemutatásaként megemlítem, hogy az összetett vágányutakat befolyásoló jelző-attribútumok (vonat- /tolatóvágányútban átnyomható igen/nem feltétel) hibás tervezési adatai következtében egy adott hálózaton több mint egymillió lehetséges vágányutat találtunk. Ilyen mennyiségű vágányúti lehetőség tervezése természetesen értelmetlen. E fenti eset példázza a bemutatott szimulációs rendszer tervezési segédeszközként való alkalmazhatóságát is.

Helyes működés esetén persze a program automatikusan korlátozó feltételekkel él, melyen túl saját szűrőfeltételek futtatásával is segíthetjük a szükséges vágányutak megtalálását. A vágányút-keresést követően lehetőség van a talált vágányutak további szerkesztésére is. Ezen belül lehetséges a talált vágányút megtartása (aktív), elvetése (inaktív), illetve jellemzőinek (prioritás, megcsúszási jellemzők, vágányúti sebesség, sebességlépcsőzés, stb.) szerkesztése.

Leegyszerűsítve elemi vágányútnak nevezzük az adott jelzőtől az azt követő – ugyanolyan típusú – jelzőig tartó vágányutat. Amennyiben például állomások átmenő fővágányán a bejárat jelzőtől a kijárat jelzőig, illetve tovább a blokkba egy állítással szeretnénk vágányutat felépíteni, akkor érdemes ún. átnyomott vágányutakat létrehozni, így két egymást követő állítás helyett eggyel is célt érünk. Több jelzön átfutó, ún. többszörösen átnyomott vágányutak beállítása is lehetséges ugyan, ám a MÁV-szimulátorban erre nincs példa. A harmadik típus a tolató vágányút, tolató menetek számára.

A pálya és a vágányutak felvétele után a szimulátor tulajdonképpen „felállt”. Mindezek után már csak apróbb beállítások (pl. váltók alapállása) szükségesek ahhoz, hogy a szimulátort elindíthassuk. A bevitt adatok folyamatosan ellenőrizhetők a különféle algoritmusok segítségével, így a szimulátor igen sok hibát észrevesz, melyekről informálja a felhasználót.

Természetesen további kiegészítő funkciók is elérhetőek. Ilyen például az automatikus vágányútállítás. Ennek beállítása után bizonyos vágányszakasz foglalttá válása esetén az automatikusan vágányutat állít az adott jelzőtől, ha lehetséges és arra be van kapcsolva ez az opció. Jelenleg tervezés alatt lévő funkció a vonatszám általi vágányútállítás is, mely lehetővé tenné, hogy a szimulátort magára hagyva, az önmagától levezényelje a forgalmat. Ezáltal például egy egész éjszakán, vagy akár több napon át zajló teszt is gond nélkül lebonyolítható lesz.

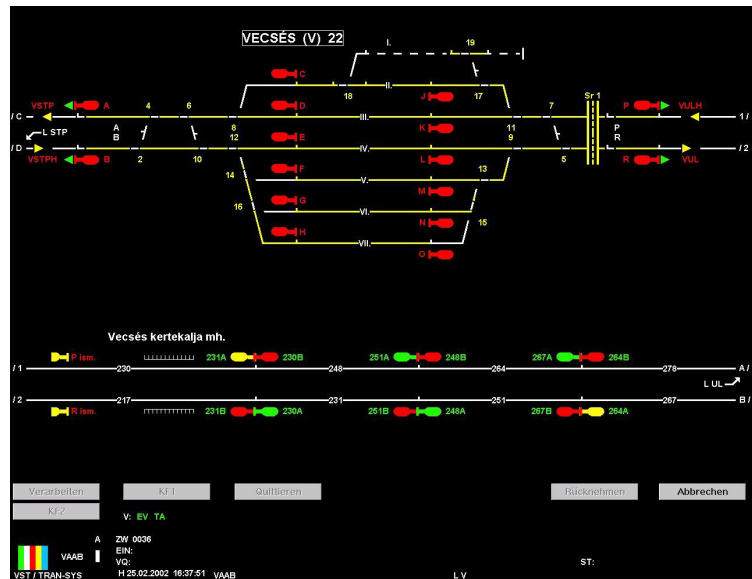
2.1.3. Üzem módok

A pályaeditor, két módban indítható. Lupe-editor üzemmódban a lupeképek, Berü-editor üzemmódban az áttekintőképek (berü) hozhatók létre. A lupekép (**3. kép**) olyan monitorkép, mely a vonalszakasz egy kisebb részét ábrázolja, általában egy állomást és az azt körülvevő térségi szakaszok egy részét. Bár kisebb területet láthatunk csak rajta, az adatok éppen ezért sokkal részletesebb képet mutatnak. Az ún. különleges (nehezített) kezelések csak lupeképeken adhatók ki.

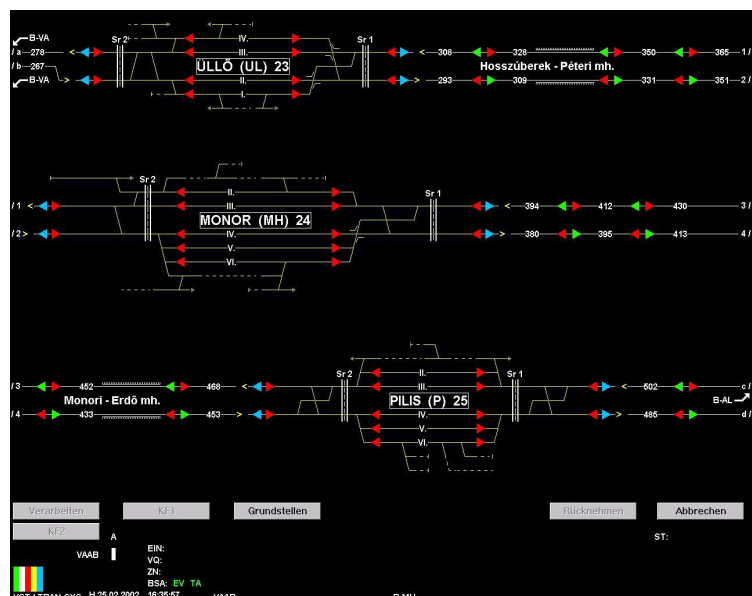
A 3. kép Vecsés állomás lupeképét mutatja. Látható rajta az állomás neve és kódja (V), az állomás vágányhálózata (vékony vonalhálóval), a jelzők (piros-sárga-zöld képekkel), illetve egy közúti átjáró az állomás jobb oldalán. Az állomás alatti rész a Vecséstől Szolnok felé tartó vonal térszakszait ábrázolja Vecsés-kertekalja megállóhelyel. A kép legalsó részén a szürke kezelőgombok, a többszínű kontrollkijelző és a különböző megjegyzések, üzenetmezők láthatók.

Az áttekintő kép (**4. kép**) a vonalszakaszból ennél jóval nagyobb részletet mutat. Ez általában több kisebb állomást jelent, vagy pedig egy nagyobb állomás teljes képét ábrázolja. A 4. kép az MH jelű áttekintő képet mutatja Üllő, Monor és Pilis állomásokkal, illetve a közöttük lévő térszakszakkal.

Míg az áttekintő képeken folyik a tulajdonképpeni forgalomlebonyolítás (vágányútállítás, forga-



3. kép - Vecsés lupe



4. kép - MH berü

lomfigyelés), addig a lupeképeken a különleges kezelésekre nyílik lehetőség. Ilyenek a különféle zavaroldások, kényszerkezelések

Minden parancsot a „verarbeiten” gombra történő kattintással kell jóváhagyni. A nehezített kezelések a „KF1” és „KF2” gombokra rövid időn belül történő kattintással adhatók ki.

2.2. A menetrededitor

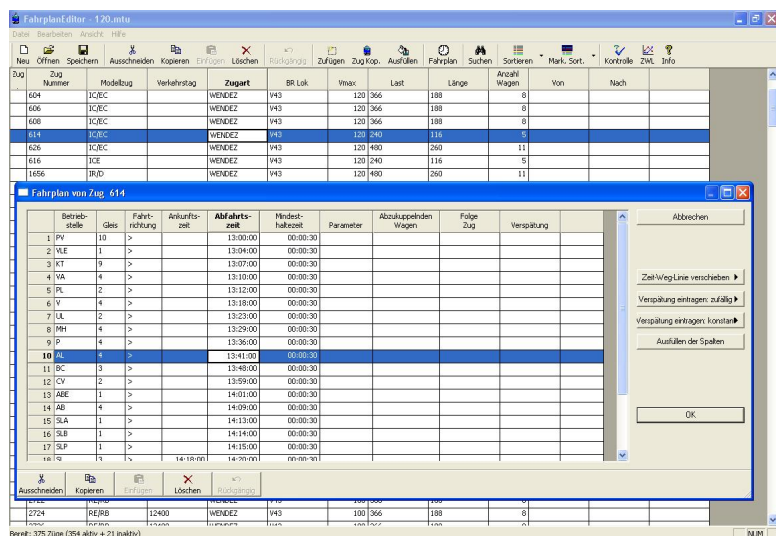
A menetrend bevitelére szintén külön program áll rendelkezésre (5. kép) [5]. Ugyancsak Windows alapú, másolási, keresési, időeltolási, többszörözési, szűrő és sorrendezési funkciókkal. A menetrendi editor segítségével az adatok akár on-line, a szimuláció során is módosíthatók.

Megadandó a vonatszám, kiválasztható a vonat típusa, bevihetők a vonat tömeg- és hosszadatai, valamint a járműszám és a maximális sebesség.

Ami az időadatokat illeti, bevihetők az indulási, érkezési és minimális állomási tartózkodási idők az állomásokra, ahol a vonatnak menetrend szerint meg kell állnia. Igény szerint megadhatók késési idők is a menetrendi zavarok generálásához.

A vágányszámok a vonat generálásakor szükségesek. A vonat keletkezésekor erre a vágányra kerül a szerelvény. Információval rendelkezik a program az induló- és célállomásról is, valamint egyszerűen inaktívvá tehető ideiglenesen tetszőleges vonat. Előre definiált kódokkal a vonat közlekedési időadatai is felvehetők, azaz, hogy mely napokon közlekedik, és melyeken nem. Megadható továbbá, hogy adott vonat a végállomásán milyen vonattá módosuljon, mely által a forduló is hűen modellezhető.

A menetrend kimenthető textfájlba, így adatai feldolgozhatóak például Excelben is. Az adatbevitelt könnyíti az időeltolás opció, mely különösen az ütemes menetrendek esetén hasznos.



5. kép – Menetrededitor

A szimulátor azután az itt bevitt adatokból szerzi azokat az információkat, melyekkel az egyes vonatokat közlekedtetni.

2.3. Vonatszámleptetés

A pályaeditorban bevitt vágányhálózat elemein (térszakaszok, állomási vágányok) található az ún. vonatszámoptika. Ebben jelenik meg annak a vonatnak az azonosítója, mely azon közlekedik. Ennek az azonosítónak a leptetési logikáját írja le a „zn fájl”. Ez egy olyan textfájl, mely tab-bal elválasztott oszlopokból áll. Meghatározza, hogy az adott vonatszámoptikában lévő azonosítót milyen feltételek mellett (pl. milyen beállított vágányút esetén, mely szakasz foglalttá válása vagy jelző visszaesése esetén, milyen menetiránynál) mely másik vonatszámoptikába „dobja át”. Szerkesztésére jelenleg nincs program, bevitele hagyományos szövegszerkesztővel manuálisan történik.

A vonatszámok leptetése kétféle módon lett megvalósítva. A vonali vonatszámok leptetését másik vonali optikákba a kiindulási szakaszt a mentiránynak megfelelően követő szakasz foglalttá válása idézi elő. Ha a kiindulási szakasz a modellezett körzet határán van, a vonatszám a rendszerből törlődik.

Az állomási vonatmozgások vonatszám leptetéseit a vágányutakat fedező főjelzők jelzéseinek a továbbhaladást engedélyező jelzésből az azt tiltó állásba való átmenete idézi elő. Míg a nyíltvonalon a céloptika egyértelmű, addig az állomásokon azt meg kell keresni. A vágányúti cél megkeresése a beállított (hívófénynél esetleg a be nem állított) vágányúti elemeken való végighaladással valósul meg. A célszakasz felderíthetőségének a feltétele a vágányút eldöntő váltóinak a végállása, mely nélkül a célkeresés elakad, a vonatszám pedig nem lép tovább. A vágányúti célok megkeresése a vágányutat fedező jelző szabadra állását követően megy végbe, és sikeres felderítés esetén a fedezőjelzőhöz kapcsoltan letárolódik. Amikor tehát a jelző visszaesik, a vonatszám áthelyeződik a letárolt célszakasznak megfelelő optikába.

2.4. A szimulátor működése

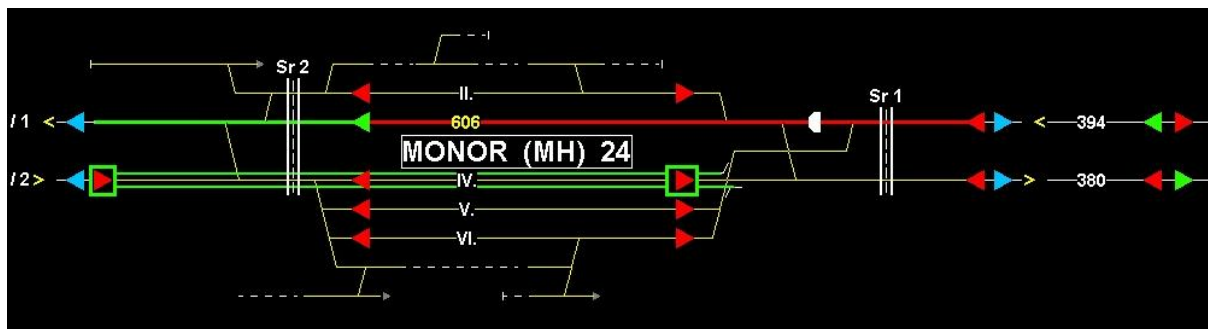
A szimulátor indításakor ki kell választani a pályaadatbázist (dat fájl) [8]. Ezen túl választhatunk, hogy menetrenddel, vagy anélkül indítjuk-e, valamint, hogy mely napon, milyen időpontban kívánunk szimulációt végezni. Ezen opciók segítségével tetszőleges helyzet szimulálható, így például hétvégi, vagy hét utolsó munkanapja is.

Ha menetrend nélkül indítottuk a szimulátort, akkor tetszőleges helyen tetszőleges vonat(ok) generálható(ak). Ez természetesen menetrenddel történő indításkor is lehetséges, de

ekkor figyelmeztető üzenetet kapunk, ha a generált vonat nem szerepel a menetrendben. Egyébként a vonatok a szimulátor indítását követően a menetrendben meghatározott helyen és időben szépen sorban generálódnak a pálya különböző pontjaira. Erre csak menetrendben szereplő helyeken kerülhet sor, azon a vágányon, mely a menetrendeditorban meg lett adva. Az idő előrehaladtával már csak a két végponton jelennek meg vonatok, kivéve persze azokat, melyeknek a valóságban is egy közbelső állomás az indulóállomása. A jelenlegi két szélső generálási pont Kőbány-teherpályaudvar (KT) és Szolnok A-elágazás (SLA) (2. számú melléklet), melyek végtelen forrásként és végtelen nyelőként működnek, azaz kapacitásuk nem korlátozhatja a forgalmat.

2.4.1. A vonat- és tolatómenetek mozgás-szimulációja

A generálódott vonatok az állomásokon álló helyzetben jelennek meg, kivéve, ha a kezelő előtte már állított vágányutat. Ekkor ugyanis a vonatok „repülőrajttal” generálódnak az áthaladó állomásra, azaz közel maximális sebességgel érkeznek a pályára. Az álló vonat számára utólag kell vágányutat állítani. Ez a startjelzőre, majd a célpontra (céljelző, vagy „célpontgrafika”) történő kattintással történik. A szimulátor két zöld csíkkal övezi a kijelölt és érvényes (aktív) vágányutat, melyet a „verarbeiten” gombbal kell érvényesíteni (6. kép).



6. kép – Kijelölt, lezárt vágányutak és áthaladó vonat (MH-berü részlete)

Ezután indul a vágányút tényleges felépülése, a váltók szükség esetén történő átállása, lezárása, védőváltók keresése, állomási sorompók zárása, stb., ami után a vágányutat alkotó vágányszakaszok színe zöldre vált. Ha a vágányút sikeresen felépült, akkor a jelző(k) színe is zöldre vált, a vonat elindulhat. Megjegyzem, hogy a jelzőgrafika zöld színe nem feltétlen egyezik meg a ténylegesen kivezért jelzési képpel, csupán arról tájékoztat, hogy a jelző továbbhaladást engedélyező állapotban van. A jelzőállapotot az adott jelző lehívható menüjében lehet lekérdezni. A vonat által foglalt pályaszakasz vörös színű.

A vonat sebességét a mozdony gyorsulási adatai (vonóerő görbe) illetve végsebessége, a pályasebesség, az esetleges lassújelek és a jelzők engedélyezett sebességei együttesen

határozzák meg, természetesen ezek közül a mindenkori legkisebb a mértékadó. A szimulátor a menetrendben szereplő összes adatot figyelembe veszi a vonat mozgásának modellezésekor. Így a vonattömeget, a kocsiszámot, hosszt, stb. A vonatok és a tolatómenetek a jelzők állásának megfelelően automatikusan indulnak, gyorsítanak, kifuttatnak, fékeznek és megállnak, de lehetőség van manuális, kezelői parancsra történő manőverekre is. Fékezésnél a fékgörbe alapján számítja a szükséges fékllassulást. A fékezésnél vonattípusonként kétféle fékezési mód (üzemi és vészfék) alkalmazására van lehetőség. Jelenleg nincs (még) beépítve olyan kiegészítő szempont, mint az aerodinamika, vagy például a járulékos tömegek ellenállása. A vonat megállása történhet vörös jelzőnél, illetve olyan megállótáblánál például, amelyik vonatkozik az adott vonattípusra, és az adott állomás szerepel megállóhelyként a vonat menetrendjében.

A szimulációs rendszer háromféle vonاتفajtát különböztet meg:

1. normál vonat,
2. ingavonat,
3. tolatómenet.

A normál és az ingavonat fajtán belül többféle vonattípus megkülönböztetésére van lehetőség (pl. Eurocity [EC], Intercity[IC], gyorssteher[ICG/SG], ROLA, stb.- *3. számú melléklet*). Az egyes vonattípusok számára azon túlmenően, hogy különböző üzemi, illetve default paraméterekkel (maximális sebesség, fékllassulás, tömeg, stb.) rendelkeznek, különleges üzemi viselkedést is lehet definiálni (például ROLA-vonat kitérőbeli maximális sebessége). Vonattípustól függően vezérelhető például az állomások egyes vágányain való megállás vagy áthaladás (ha a menetrend másként nem írja elő).

A kezelőnek más dolga nincs, minthogy az aktuális menetrendi és forgalmi adatokra támaszkodva levezényelje a vonatokat. A különféle elemekre kattintva az egér jobb gombjával az adott elemre vonatkozó menüpont jelenik meg. Ebben lehet kiválasztani a végrehajtandó utasítást. Jelzőelemnél például lehet ez „azonnali Megállj!” parancs kiadása, vagy hívójelzés kiadása, sorompóelemnél kézi lezárás vagy nyitás, zavarba küldés, stb.

2.4.2. Zavarszimuláció

A forgalmi, technológiai vizsgálatokhoz hozzá kell, hogy tartozzon a műszaki és a forgalmi zavarok, vágányzárak hatásának vizsgálata is. E tekintetben a szimulációs rendszer a következő lehetőségeket ajánlja fel:

2.4.2.1. Műszaki zavarok

Minden egyes objektumhoz hozzárendelhető a műszaki zavaroknak egész sora (például jelzőhiba, blokkhiba, váltóhibák, stb), amely a biztosítóberendezés normálistól eltérő

működését eredményezi, és ezáltal akadályozza a menetrend, illetve a technológiai terv szerinti forgalom-lebonyolítást. Ezen műszaki zavarok beállításával vizsgálhatók a zavarok hatásai, illetve stratégiák dolgozhatók ki a zavarok hatásának minimalizálására.

2.4.2.2. Forgalmi zavarok

A forgalmi zavarokat a szimulációs rendszer kiegészítő késések beépítésével hozza létre. A késés megadása történhet konkrét értékkel vagy véletlenszerűen képzett értékkel. E célra kétféle lehetőség áll rendelkezésre:

- késés definiálása egy adott vonat számára egy adott állomáson; ez esetben a vonat számára az adott állomáson előírt minimális tartózkodási idő hosszabbodik meg a menetrendi adatállományban megadott értékkel,
- késés definiálása egy adott állomás adott vágányára; ez esetben az adott vágányon közlekedő összes vonat előírt minimális tartózkodási ideje hosszabbodik meg a megadott értékkel.

2.4.2.3. Vágányzárak

A programban lehetőség van vágányzárak definiálására is. Amellett, hogy egy megvalósított biztosítóberendezési funkció figyelmeztet a vágányzár irányába történő vágányút beállítási tilalmára, a vonatgenerálások átirányításával lehetőség van a vágányzári korlátozások figyelembe vételére. A vágányzárak definiálása mellett vizsgálható azok hatása, illetve értékelhetők a forgalomátszervezési variánsok is.

2.4.2.4. Vontatójármű zavarok

Vontatójármű zavarok a következők lehetnek:

- teljesítmény csökkenés,
- fekvé maradás,
- fékhatás csökkenés (megcsúszás „Megállj!” állású jelzőnél).

2.4.3. Futási feltételek

Fontos megérteni, hogy a szimulátor egy speciális program, melyet szakemberek használnak, speciális munkaállomásokon. A MÁV-projekt szimulátora nem használható kényelmesen egy hagyományos személyi számítógépen, hiszen ez egyetlen képernyőre szűkítené az ábrázolást. Jóllehet a képernyőn tetszőlegesen kapcsolhatók a különböző lupe- és

berüképek, de példának okáért a Kőbány-teher – Szolnok-A-elágazás vonal önmagában négy berüképből és további tizenöt lupeképből áll. Éppen ezért a szimulátor futtatásához legalább négy monitorral rendelkező munkaállomás ajánlott, de egy nyolc monitorral rendelkező számítógépen kezelhető és követhető nyomon kényelmesen a forgalom. A szimulátor hardverszükségletéhez bőven elég egy a jelenleg piacon kapható közepkategóriájú gép. Egyedüli komoly beruházási igényt a több monitor, illetve az ezeket vezérlő kártyák jelentenek.

2.5. Információgyűjtési lehetőségek

A világon igen sokféle szimulátor létezik. Ezek kinézete éppúgy változó, mint az általuk nyújtott lehetőségek, s közös jellemzőjük, hogy leképezik ugyan a vizsgált hálózatrész, vonalszakasz topológiáját, a vonatok térbeli és időbeli elkülönítéséből adódó korlátokat, nem számolnak azonban a biztosítóberendezés és az irányító rendszer adta korlátokkal, illetve kapacitásnövelő tényezőkkel, továbbá nem kalkulálnak az irányító személyzet tevékenységével sem, azaz makroszintű szimulációt valósítanak meg.

A vizsgálatok minél valóságosabb elvégzése, az eredmények pontosítása érdekében szükség van mikroszintű szimulációs vizsgálatokra is, amelyekbe be van építve mind a műszaki berendezések teljes körű funkcionalitása, mind pedig az ember (irányító személyzet) tevékenysége is.

S hogy miért van még szükség erre? Elsődlegesen persze ez esetben is a bevezetőben említett okok emelhetők ki. Manapság már pontosan tudjuk, hogy minden egyes állomási vágány és az azokban elhelyezkedő váltók fenntartása egyenként is forint milliókat visz el évente. A kérdés tehát az, hogy egy adott vonalon, az adott körülmények között, a meglévő biztosítóberendezéssel együtt milyen infrastruktúra szükséges a lebonyolítandó forgalomhoz, illetve például egy pálya felújítás, vagy egy biztosítóberendezés-csere esetén szükséges-e a teljes rendszert újraépíteni, vagy sem. Persze nem teljes állomások leépítéséről folyik a vita, hanem például egy-két váltó biztosítóberendezés alól történő kivonásáról, esetleg néhány állomási vágány megszüntetéséről. Az óriási költségek miatt azonban – sok kicsi sokra megy alapon – ezek is fontos kérdéssé lépnek elő.

A szimulátor ebben jelenthet a közeljövőben nagy előrelépést. Segítségével tetszőleges pályán, tetszőleges forgalmat lehet modellezni. Így nem csak egy vizsgálati eredményt kapunk, hanem egy kellően felkészített programmal vizsgálatok halmazával lehet dolgozni, s a kapott eredmények összehasonlítása után az optimális tervet megvalósítani. Nagy általánosságban azonban az mondható el, hogy eleddig egyetlen szimulátor sem rendelkezett *mikroszintű* vizsgálati módszerekkel, széles körű adatgyűjtési lehetőségekkel, pláne nem

olyannal, amellyel a vizsgált pályaszakasz teljes egészében és főleg komplexen vizsgálható [4].

S egy jól felkészített szimulátor joggal kerülhet a jövőben a szakemberek tervezőasztalára. Ráadásul egyszerre nyújthat hasznos információkat mind a pályát, mind a biztosítóberendezést, mind a forgalmat tervező szakemberek számára.

A cél tehát adott, azonban az odavezető utat eddig még senki nem járta végig.

Megfogalmazódott a kérdés, hogy egy jó szimulátornak milyen adatokat kell gyűjtenie? Milyen információkkal kell rendelkeznie, azokat hogyan tárolja, hogy később is feldolgozhatóak legyenek, s mely adatok milyen módon kerüljenek ábrázolásra. És az idő előrehaladtával a kérdések csak sokasodtak. A sok kérdés után nézzük meg a Tran-SYS Kft-nél elért eredményeket.

A szimulátor jelenleg több módon gyűjti a különböző adatokat. A most következő alfejezetek az egyes adatgyűjtési és ábrázolási lehetőségeket vázolják fel, míg azok alkalmazására példát a III. fő fejezetben mutatok.

2.5.1. Szövegfájl

A legegyszerűbb adatgyűjtési lehetőség az adatok textfájlba íratása, hátránya ugyanakkor a szemléletesség és a könnyű kezelhetőség hiánya. Jelenleg a következő szövegfájlok íródnak a szimuláció futása közben:

- a)* ~stat_train_run.srn → Vonatfutási idő
- b)* ~stat_train_sig_stop_left_dir.shs → Jelző előtti állási idők (Szolnok → Budapest irány)
- c)* ~stat_train_sig_stop_right_dir.shs → Jelző előtti állási idők (Budapest → Szolnok irány)
- d)* ~stat_rel_train_delay.svp → Relatív állomási eltérési idők induláskor
- e)* ~stat_abs_train_delay.svp → Abszolút állomási késési idők induláskor
- f)* ~stat_act_train_delay.tvp → Aktuális vonatkésési idők
- g)* ~stat_abs_train_arrival_delay.avp → Abszolút eltérések állomásra érkezéskor
- h)* ~stat_unit_info.soc → Pályaelem információk

a) Vonatfutási idők

Ebbe az egyszerű textfájlba az kerül kiíratásra, hogy az egyes vonatknál mennyi idő telt el a generálódásuktól a törlődésükig, azaz tulajdonképpen a vonalhálózaton töltött

idejüket mutatja meg. Az első oszlop a vonattípust a vonatszámmal tartalmazza, a második pedig az időadatot, másodpercben.

Mivel minden vonattípusra elvégeztem egy mérést, mely megmutatja, hogy akadályoztatás nélkül mennyi idő alatt haladna át a teljes vonalszakaszon, ezért e fájl segítségével könnyen lemérhető, ha a szimuláció során egy vonat ezt jelentősen túllépi. Ezenkívül összehasonlítási lehetőségeket is megenged a különböző típusok között, valamint leszűrhetők a vonalat hosszú időn át terhelő vonatok.

b) és c) Jelző előtti állási idők

Minthogy a vörös jelző előtti megállás valószínűleg késéshez vezet, ezért érdemes lehet megnézni, hogy a vonatok mely jelzőknél mennyi ideig tartózkodtak. A táblázatban alap helyzetben mindenhol zérus szerepel, más érték akkor kerül be, ha a vonat nem menetrendi okból áll vörös jelző előtt, hanem „akadályoztatva van” a továbbhaladásban. Az értékek szintén másodpercben jelennek meg.

Segítségével egyszerűen kimutathatók a jelző miatti késések, azok pontos helye és mértéke. Valamint egy egyszerű Excel diagramban – mint később látni is fogjuk – szemléletesen látszik, ha egy adott jelző több vonatot is akadályozott. Ekkor további vizsgálatok válhatnak szükségessé az ok(ok) pontos kiderítésére.

A két irány külön fájlba írását az tette szükségessé, hogy a pályán található összes jelző darabszáma olyan nagy, hogy Excellel történő feldolgozása egy fájl esetén akadályokba ütközne.

d) Relatív állomási késési idők

A fájl az egyes vonatok állomási megállótábláknál elszenvedett késéseit tartalmazza másodpercben. Relatív időadat, ami azt jelenti, hogy csak az adott megállónál pluszban összeszedett késéseket számolja, a vonat addig magával hozott késéseit nem tartalmazza.

Például x állomásra egy vonat 10 perces késéssel érkezik, s ott még – például forgalmi okból – újabb 2 perc késést elszenved, akkor az adott megállóhelyre vonatkozó érték ebben a fájlban 120 [sec] ($2\text{perc} \cdot 60$) lesz.

Eltérően az eddigi fájlaktól ebben negatív időadat is megjelenhet, ebben az esetben az előző állomási adathoz viszonyítva a vonat behozott addigi késéséből.

Hasonlóan a jelzőkhöz, itt is a kritikus állomási vágányokat lehet észrevenni, illetve egy kiválasztott vonat számára kritikus helyeket.

e) Abszolút állomási késési idők

Az előző fájlból annyiban tér el, hogy a vonat megállóhelyeken mért abszolút késéseit tartalmazza – másodpercben. Azaz tulajdonképpen az adott megállóhelyre vonatkozó menetrendi időadattól való eltérést.

Az előző példát folytatva, a vonat ugyanazon megállótáblánál szereplő adata ebben a fájlban 720 [sec] (12perc*60) lesz.

A fájl csak azokban az esetekben tartalmazhat negatív időadatot, ha az adott állomás csupán áthaladó állomása a vonatnak, hiszen egyéb esetben a vonat nem mehet el előbb a menetrendben előírtnál.

Az értékek megfelelő feldolgozás után jól mutatják egy vonat késési dinamikáját, azt, hogy hol mekkora késést szenvedett el, s mely szakaszokon tudott ebből ledolgozni.

f) Aktuális vonatkésési idők

A fájl percenkénti mintavétellel íródik jelenleg 200 percen keresztül. Minden percben minden – a vonalon jelen lévő – vonathoz hozzárendeli annak aktuálisan ismert késését másodpercben. Viszonyítási adatok a menetrendben szereplő időadatok.

Segítségével ugyancsak a vonat késési dinamikáját lehet nyomon követni, valamint a vonatonkénti összegzéssel a futási idő alatt jelentkező kritikus időszakok mutathatók ki.

g) Abszolút eltérési idők állomásra érkezéskor

Az állomásokról történő indulási idő menetrendi indulási időtől való eltérése mellett érdemes azt is figyelemmel kísérni, hogy egy vonat a menetrendben előírt érkezési idő helyett mikor érkezett ténylegesen az állomásra. Ezt rögzíti az avp fájl. Így ebben a fájlban is szerepelhetnek egyaránt pozitív és negatív számok.

Legszembetűnőbb eredménye lehet a fájl feldolgozott adatainak a menetrendi lazaságok kimutatása.

h) Pályaelem információk

A legösszetettebb szövegfájl. Minden vágányszakaszra – a váltókat is beleértve – hat adatot gyűjt a teljes futási időhöz mérten (mely adatot szintén tartalmazza). Ezek a következők:

- Foglaltsági idő (sec)
- Foglaltsági idő (%)
- Lezárási idő (sec)
- Lezárási idő (%)
- Áthaladó vonatok száma (db)
- Lezárások száma (db)

A fájl tulajdonképpen a grafikus statisztika adatforrása (lásd később), annak inkább részletesebb adathalmaza. Ha a grafikus statisztikában valamely vágányelem felkelti a figyelmet, akkor annak pontos adatait ebből a fájlból lehet kinyerni. Felépíthető továbbá például az állomásokra egy olyan grafikon, mely segítségével a kapacitásvizsgálatokhoz nyerhetünk fontos információkat.

-----○-----

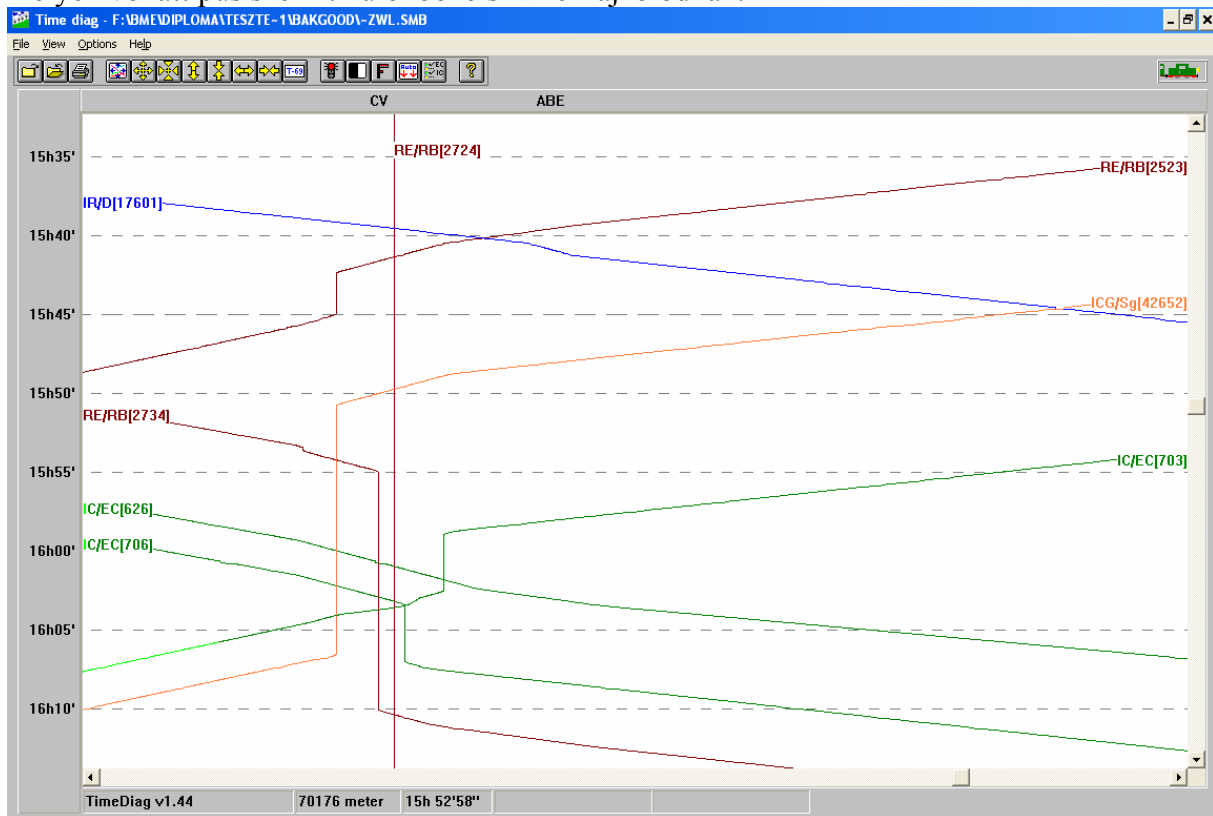
Ahogy már említettem a szövegfájlok átláthatóság és kezelhetőség szempontjából korántsem a legjobb, viszont egyszerűen gyűjthetők és kiírhatók az adatok ebben a formában. Feldolgozásukat kétféleképpen segítetttem elő. Az adatok írása úgy történik, hogy az egyes oszlopokat tabulátor vagy vessző választja el, így beolvasásuk végtelenül egyszerű az Office programok bármelyikével. Így válik lehetővé, hogy a különféle szimulációk során keletkező szövegfájlok adatait importálhassuk például az Access vagy az Excel programmal¹. Az adatbázis-kezelő program segítségével egyszerűen rendezhetjük a más-más időpontban és más-más körülmények között futtatott szimulációk eredményeit, azok között kereshetünk, és tetszőleges lekérdezések is futtathatók. Az Excel program pedig hathatós segítséget nyújt – mint azt később látni is fogjuk – az adatok szemléletes ábrázolásában.

A szövegfájlok így nyernek értelmet, s így válhatnak használhatatlan adattömegből értékes információkat nyújtó adatbázissá.

¹ Az Office programok alkalmazására konkrét példákat a III. fejezetben mutatok

2.5.2. Idődiagram

A program neve angolul *TimeDiag*. Tulajdonképpen egy Windows alapú út-idő diagramot rajzoló programról van szó. Egy mintakép látható róla a **7. képen**. Függőleges tengelyén felülről lefelé halad az idő, vízszintes tengelyén tetszőlegesen kapcsolhatók a jelzők, az állomásnevek, vagy éppen a távolságadatok. A vékony vonalak az egyes vonatok, melyek vonattípus szerint különböző színel rajzolódnak.



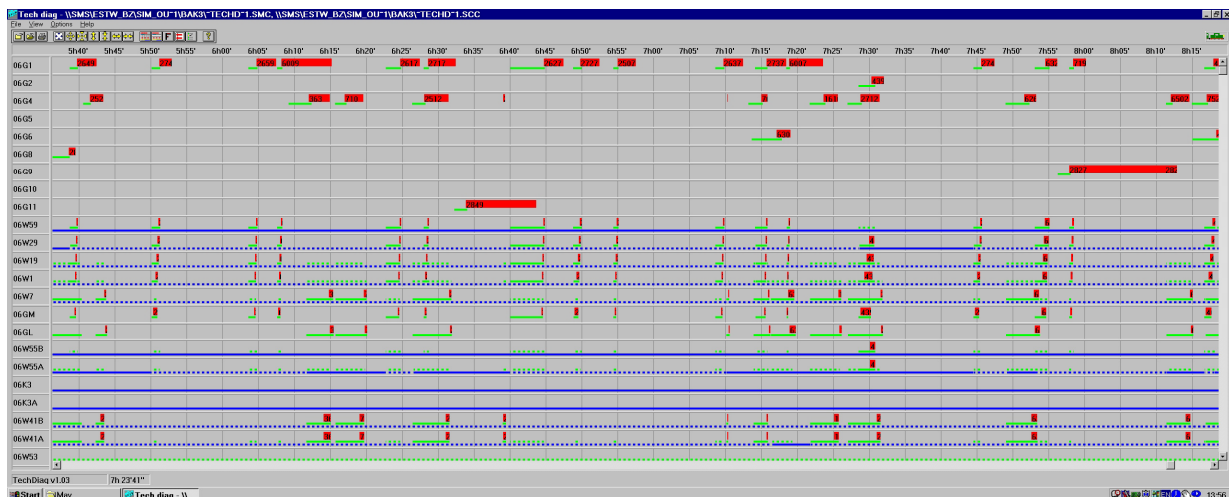
7. kép – Idődiagram

A program több funkcióval rendelkezik. A diagram minden irányban széthúzható, nagyítható, s gombnyomásra felkapcsolható az összes jelző állapotleíró csíkja is. További nagy előnye, hogy a szimulációval együtt haladva folyamatosan rajzolódik, így aközben is nyomon követhető (online). Természetesen korábbi futtatások eredményei is betölthetők (offline). Rendkívül szemléletes, jól láthatók a vonatok menetdinamikái, állomási tartózkodási idejük, és adott korátok között nyomon követhető a vonatok egymásra hatása is.

A program háttere fekete és fehér színekben jeleníthető meg, mely az átláthatóságot, illetve a nyomtatást segíti. Adott vonatra kattintva az arra vonatkozó jelzők állapotleíró csíkjai jelennek meg.

2.5.3. Technológiai diagram

A program neve *TechDiag*. Szintén Windows alapú program, mely az egyes pályaelemről szolgáltat ugyancsak szemléletesen nagyon fontos információkat (**8. kép**). Állomási és nyíltvonali vágányok, a különféle jelzőtípusok, váltók állapotai tartoznak ide. Ezek tetszőleges variációkban kapcsolhatók ki-be, így csak a felhasználó számára fontos elemekről ad tájékoztatást.



8. kép – Technológiai diagram

A *jelzők* sebességi képei három módon jelenhetnek meg. Vörös vonal jelzi a Megállj! jelzést, zöld a szabad maximális sebességgel jelzést, szaggatott zöld pedig a csökkentett sebességi jelzést.

Vágányok esetén zöld csík jelzi, ha a vágány lezárt vágányútban fekszik, míg az e vonal feletti vastagabb vörös sáv jelzi, amíg az adott vágányszakaszon vonat tartózkodik. Ebben a sávban kerül kijelzésre a vonatszám is.

E két adat a *váltók* esetén is kijelzésre kerül, kiegészítve egy kék vonallal is, mely a váltó állását hivatott mutatni. A szaggatott állapot a jobb állást, a folyamatos a váltó bal állását mutatja – csúcs felől nézve.

A technológiai diagram látványosan ábrázolja az egyes pályaelemek állapotváltozásait, használati gyakoriságukat, a használat tartósságát, vagy éppen a változás teljes hiányát, hogy csak a legfontosabbakat említsem. Ezen kívül utólag is nyomon követhető általa egy vonat teljes útja a vonalszakaszon, akár pályaelemről pályaelemre.

A program szintén rendelkezik széthúzási, nagyítási funkciókkal, s gombnyomásra egy listából egyszerűen kiválaszthatók a látni kívánt pályaelem típusok. Ugyancsak a szimulátor futásával egyidejűleg dinamikusan frissítve rajzolja az állapotokat leíró sávokat.

2.5.4. Grafikus statisztika

A grafikus statisztika a Tran-SYS Kft egyik legújabb fejlesztése. A szimulátor futása alatt a „Sim.Stop” menüpontra kattintva a szimulátor futása időlegesen leáll (pause funkció). Ekkor mind a vonatmozgások, mind az adatgyűjtések felfüggesztődnek. A képernyőkön is változás történik, ugyanis a forgalmi adatok eltűnnek, s csak a pályaadatok maradnak meg, azok is egyszínű sötétszürkére változnak. Megjelenik ugyanakkor egy ablak, választható menüpontokkal.

Ily módon nyílik lehetőség arra, hogy akár menet közben információt kapjunk a forgalomról. A statisztika lényege, hogy különböző menüpontokra kattintva százalékban kifejezett adatokat kapjunk a lezárásokról, foglaltságokról, vonatszámokról, azaz az infrastruktúra kihasználtságát mutató jellemzőkről. A statisztika további előnye, hogy a berü- és lupeképek továbbra is tetszőlegesen kapcsolhatók, így mindig a vonal általunk kívánt részei vizsgálhatóak.

A statisztika koncepciójának megfogalmazásakor legfontosabb kérdés az volt, hogy milyen adatokat jelenítsen meg, és azokat milyen módon!

A jelenleg megjeleníthető adatok a következők:

1. Foglaltság a szimulátor futási idejéhez viszonyítva,
2. Foglaltság a maximális foglaltsági időhöz viszonyítva,
3. Vonatszám a maximális vonatszámhoz viszonyítva,
4. Lezárási idő a szimulátor futási idejéhez viszonyítva,
5. Lezárási idő a maximális lezárási időhöz viszonyítva,
6. Lezárások száma a maximális lezárási számhoz viszonyítva.

Az egyes menüpontokra kattintva a teljes vonalhálózaton minden vágányelem a rá jellemző terheltségnek megfelelő színnel színeződik ki. A kapott eredmény rendkívül szemléletes.

Ad.1. Ha futási időhöz viszonyítjuk az egyes pályaelemek foglaltságát, akkor általában nem kapunk a felső tartományokban szereplő értékeket. Mégis igen szemléletesen elkülönülnek egy hosszabb teszt során a rendszeresen használt elemek az alig vagy egyáltalán nem használt elemektől.

Ad.2. Ha a maximális foglaltsági időhöz viszonyítunk, akkor legalább egy 100%-os elem lesz, a többi pedig ehhez képest színeződik ki a megfelelő színnel. Ez esetben – egy hosszabb teszt során – a teljes színskála megjelenik az eredményekben. Fontos megemlíteni azonban,

hogy egy, a többihez képest kiugróan hosszan foglalt elem kissé torzíthatja a tényleges arányokat, éppen ezért fontos tisztában lenni a mindenkor vizsgált eset körülményeivel.

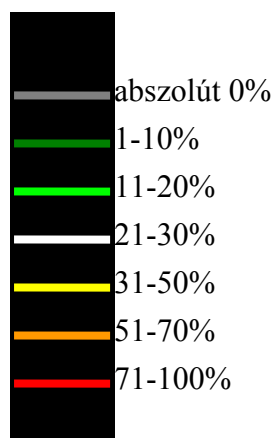
Ad.3. Ha vesszük azt az elemet, melyen a legtöbb vonat haladt keresztül, és ehhez viszonyítjuk a többit, akkor szintén érdekes információkat kaphatunk. Ez az opció rendkívül szemléletesen emelheti ki a „fő csapásirányokat”, azokat az irányokat a vonalon, ahol a fő forgalom bonyolódik. A vizsgált vonalszakaszon például szépen látszik Cegléd elágazó állomás szerepe. Hiszen miután Ceglédnél a szegedi irány leválik a vonalról, az Abony felé tartó vágányok terheltsége valamennyivel visszaesik.

Ad.4. A teljes futási időhöz viszonyított lezárási idő tulajdonsága az egyes pontéhoz hasonló. Kiugró értékek általában nem szerepelnek, mégis jól látszanak a forgalom szempontjából fontos elemek.

Ad.5. A maximális lezárási időhöz viszonyítva ugyancsak a kategóriák minden szintje megjelenik. A vizsgálódásokat érdemes lehet a két végre összpontosítani, azaz a hosszan lezárt, illetve a lezárt állapotba egyáltalán nem került elemekre.

Ad.6. A lezárások száma jól jellemzi az adott elemen bonyolódó forgalom nagyságát, s jó összehasonlítási alapot nyújthat az egyes elemek között.

A terheltség megjelenítése esetében a skálabeosztás kitalálása volt az elsődleges szempont. Jelenleg a skálabeosztás a következő:

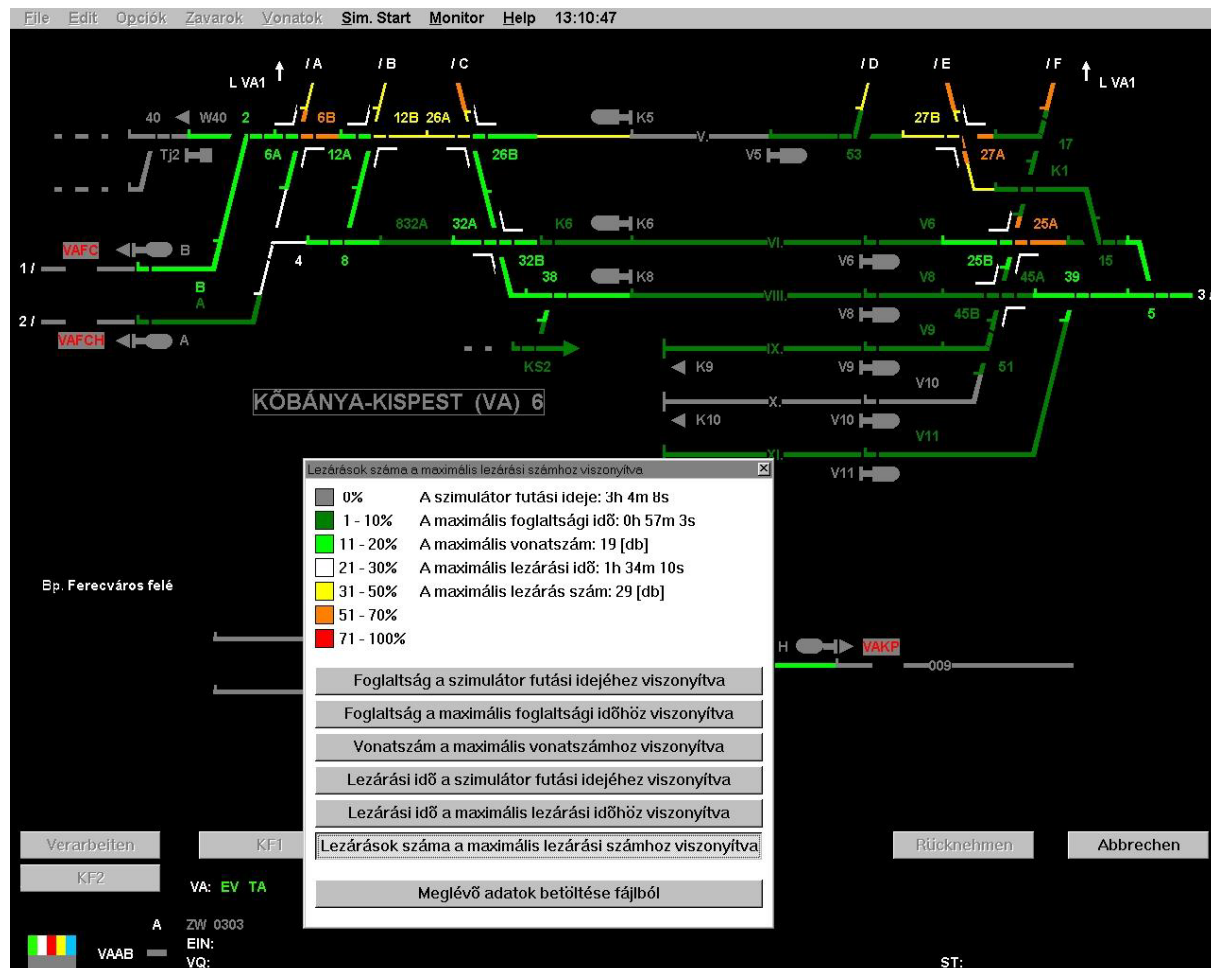


A sötétszürke tartomány az abszolút nulla. Azaz az ebben a tartományban szereplő elemeken forgalom egyáltalán nem bonyolódott.

A többihez képest széles tartományt felölelő 71%-tól 100%-ig tartó sávot az indokolja, hogy a vasúti forgalomban a 70%-os mértéket meghaladó terheltség már a kihasználtság legfelső tartománya, e fölött a vonalon egy esetlegesen bekövetkező hiba a forgalom zavartalan lebonyolítását már valószínűleg nem teszi lehetővé. Így ez a tartomány már a kritikus tartománynak nevezhető.

Az adatok értelmezéséhez szükséges viszonyítási adatokat (pl. szimulátor futási ideje, maximális vonatszám, stb.) a program automatikusan kiírja a színskálával együtt a megjelenő ablakban, melyben a menüpontokkal váltogathatjuk a kielemezendő képeket (**9. kép**). Az utolsó funkció segítségével régebbi szimulációk elmentett statisztikai adatai hívhatók be. Ha a

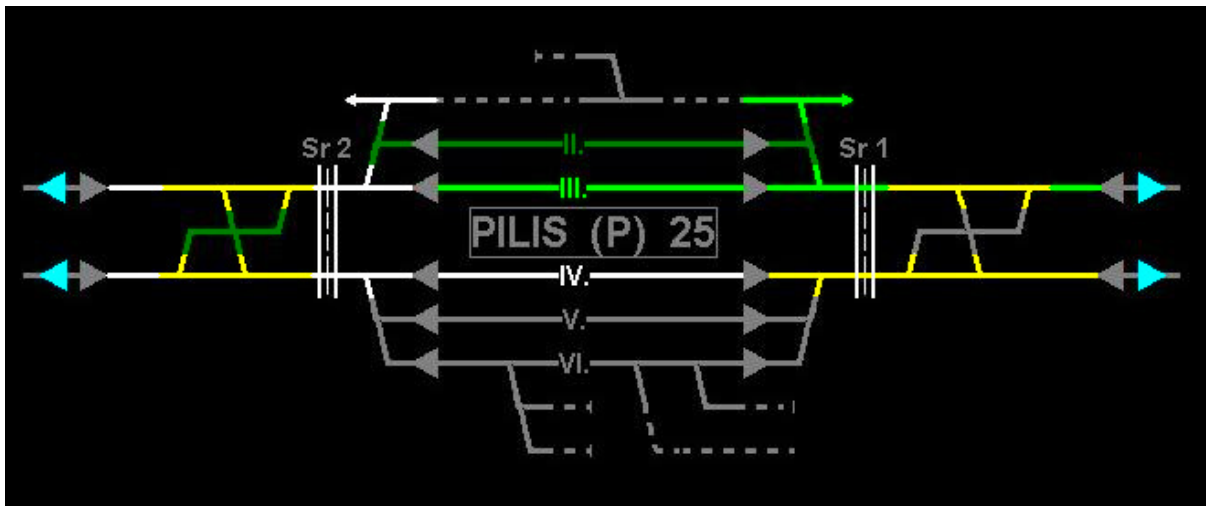
kívánt adatokat megnéztük, a „Sim.Start” menüre kattintva a statisztika eltűnik, és a megállítás előtti forgalmi helyzet jelenik meg, s folytatódik a szimuláció és az adatgyűjtés. Megjegyzem, hogy a szimulátort menetrend nélkül indítva az elmentett statisztikai adatok bármikor kényelmesen behívhatók.



9. kép – Grafikus statisztika (Kőbánya-Kispest részlettel)

Ezeket túl is igen sok kérdés várt válaszra a tervezés során. Egy érdekes példa erre a lezárások esete. A 10. képen Pilis állomás elemeinek lezárási idői láthatók a teljes futási időhöz képest, egy több mint két órás teszt során.

Kitűnik, hogy az állomási átmenő fővágányok az alsó-közép kategóriákba tartoznak (világoszöld/fehér), míg a többi állomási vágány alig (sötétzöld), vagy egyáltalán nem használt (szürke). Vizsgáljuk meg a felsőbb (sárga, fehér) kategóriákba került elemeket. Az I. vágány mindkét végén egyértelműen az oldalsó védelem került rendszeresen a csonka vágány váltóihoz. Itt ez okozza a kiugró értékeket. Az átmenő fővágányok keresztjeinél szintén az történt, hogy minden áthaladó menet oldalsó védelmet a másik vágány váltóin talált, így azokat egyenes állásban lezárta. A kérdés az, hogy hogyan kezeljük ezt. Ebben az esetben ugyanis a párhuzamos áthaladó menet is beállítható, hiszen az is oldalsó védelmet talál a másik – már



10. kép – Pilis állomás vágányelemeinek lezárási idői

beállított – vágányútban fekvő váltókon. Mivel e két gyakran beállított vágányút nem zárja ki egymást, ezért érdemes lehet ezekben az esetekben az oldalvédelmi lezárásokat különválasztani. Kár lenne ugyanis a fenti ábrából azt a következtetést levonni, hogy a sárga szakaszok már oly mértékben túlterheltek, hogy további forgalmat nem bírnának el. Hiszen az állomás két szélén lévő váltókon ugyanakkora forgalom bonyolódott, mint a hozzá tartozó állomási vágányokon, amik korántsem olyan kihasználtak.

-----○-----

Ebben a fejezetben megismerkedtünk a szimulátorral, annak alapvető kezelési funkcióival, illetve felsorolás szintjén végignéztük, hogy milyen információkat gyűjt a futtatás során.

A diplomatervezés fél évében folyamatosan végeztem a szimulátorral általában két, két és fél órás teszteket. Ezek mellett, hogy segítettek a hibák feltárásában, a problémák megtalálásában, lehetőséget nyújtottak arra is, hogy igen sok tapasztalatot szerezzek abban, hogy hogyan lehet a kapott adatokból minél kézzel foghatóbb eredményeket kinyerni. Emellett további sikerként lehet elkönyvelni, hogy a sok teszttel eltöltött idő bebizonyította számomra, hogy a szimulátort és annak minden lehetőségét és eredményét felhasználva megbízható, pontos és főként rendkívül hasznos információkat lehet megtudni egy adott vonalról, annak forgalmáról, és az infrastruktúra kapacitását meghatározó tényezőkről.

A következő fejezetben ezeket a lehetőségeket szeretném az eddigiekre támaszkodva részletesebben is bemutatni, megismertetni.

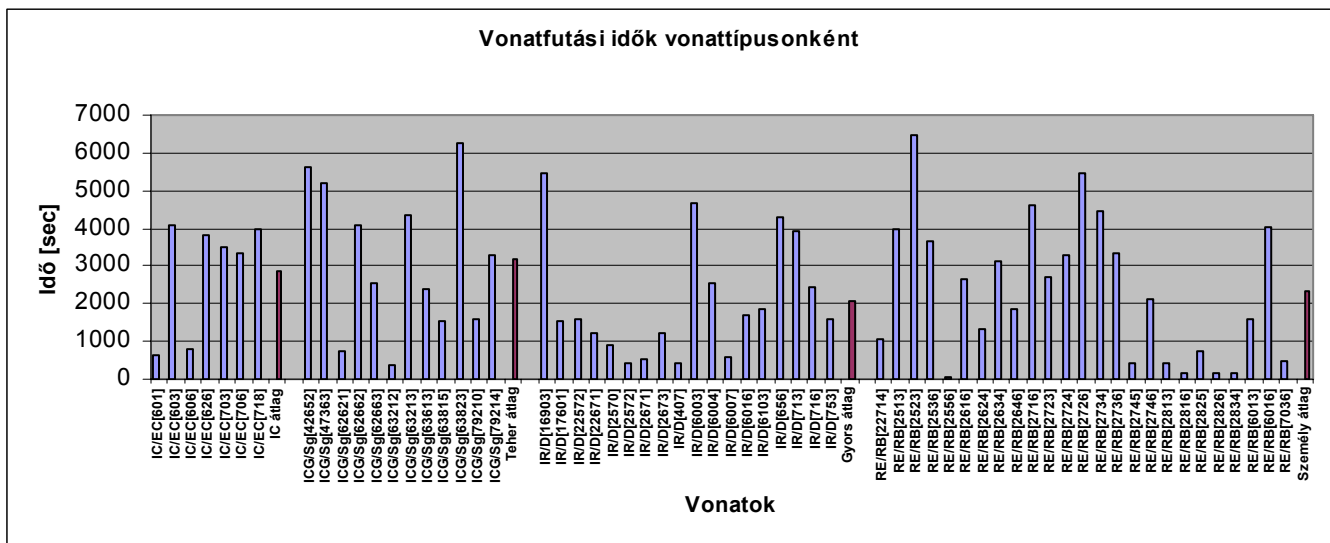
3. Tesztesetek

A fejezet elején egy egyszerű futtatás eredményeinek bemutatására kerül sor. Az előző fejezetben említett adatgyűjtési és ábrázolási lehetőségeket felhasználva bemutatom, hogy melyik vizsgálati eset milyen kérdésekre adhat választ. Ennek megértése után következhet a bonyolultabb tesztesetek vizsgálata, azok eredményeinek összehasonlítása, a konzekvenciák levonása.

3.1. Egyszerű tesztesetek

A példaként kiválasztott teszteset a következő. A MÁV 2001-ben érvényben lévő menetrendje alapján 14.40-től 17.20-ig tartó időszak vizsgálata a teljes Kőbánya-teherpu – Szolnok A-elágazás vonalon.

A szövegfájlokból egyértelműen kiderül, hogy az adott időszakban 62 vonat közlekedett a vonalon. A vonatfutási időket tartalmazó (srn) szövegfájl Excelben feldolgozott eredményei láthatók a **2. ábrán**:

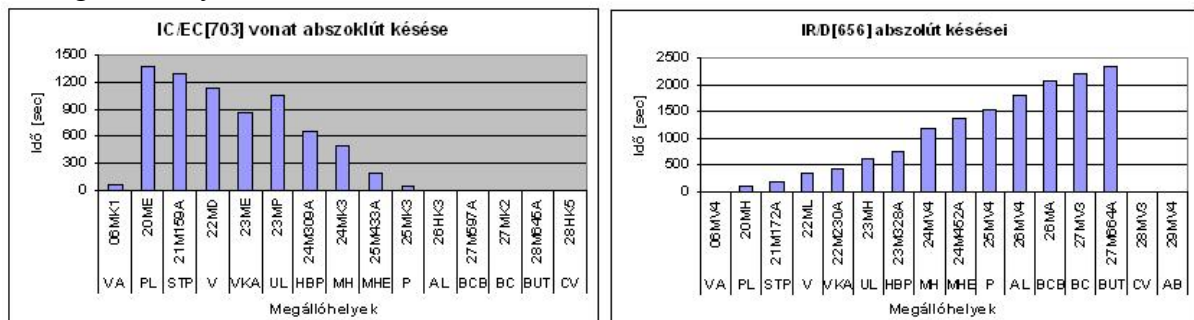


2. ábra – Vonatfutási idők

Vonatcsoportok szerint látható, hogy melyik vonat mennyi idő töltött a vonalon. A sötétbordo vonal jelzi a csoport átlagát. Az ábra pontos megértéséhez elengedhetetlen a vonatok menetrendjének ismerete. Példának okáért a hét Intercity összehasonlításában tudni kell, hogy a 6xx jelűek Budapest-Szolnok, míg a 7xx jelűek Budapest-Szeged viszonylatban közlekednek. A különféle csoportok esetében a nagyon kis értékkel szereplő vonatok nem mentek végig a pályán a vizsgált időszakban, így ez okozza a nagy különbségeket.

Általánosságban a következők mondhatók el. Minél hosszabb egy teszt, annál jobban közelítik az átlagot a vonatok. A diagram mindenesetre hasznos információkat szolgáltat a vonalat hosszú időn át terhelő vonatokról.

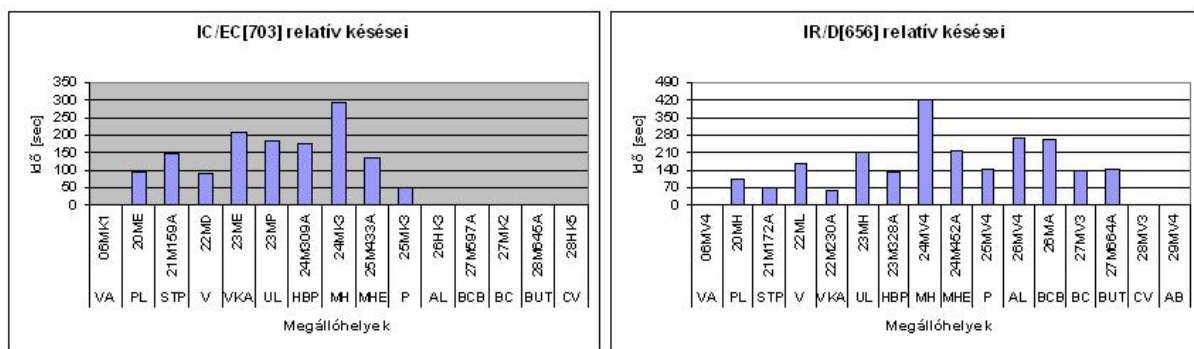
A következő szövegfájl már ennél jóval nagyobb adathalmazt tartalmaz. A megállóabláknál elszenvedett abszolút késési időket mutatja vonatonkénti és megállóablánkénti lebontásban (svp(abs)). Ennek adataiból készített diagram szemléletesen ábrázolja egy vonat abszolút késéseinek dinamikáját, annak változását. Kideríthető, hogy mely két pont között szedett össze késést a vonat, illetőleg, hogy mely szakaszokon tudott esetleg a hátrányából behozni.



3. ábra – Abszolút késési idő-diagram

Jelen esetben az IC703-as Szolnok felől érkező folyamatosan szedte össze a késéseket, akárcsak a Budapestről Szolnok felé tartó 656-os vonat is (3. ábra).

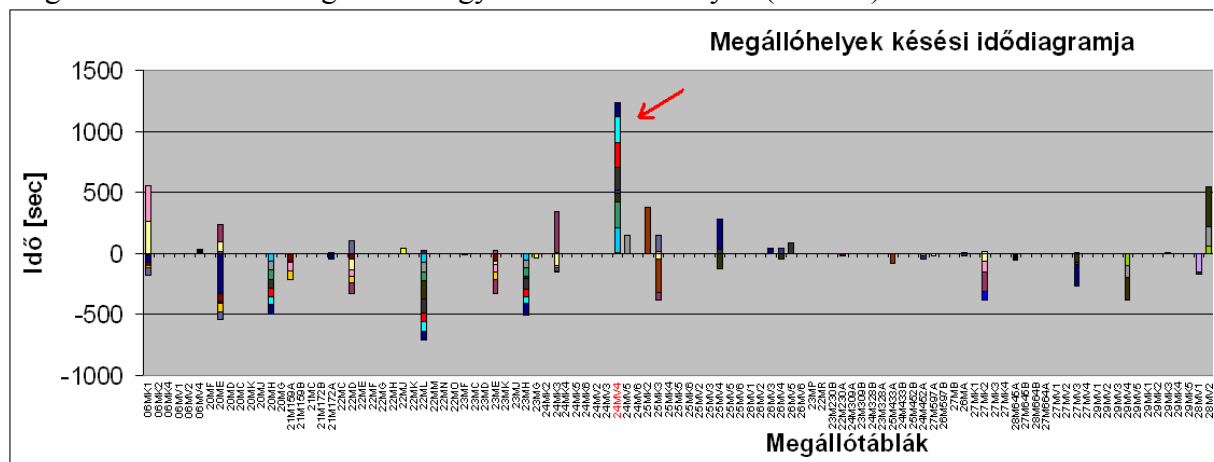
Ugyanezen megállóablákra rendelkezésre állnak a relatív késési idők is az svp(rel) fájlban. Ezek megmutatják, hogy az adott megállóabláknál – az eddigieken túl – mekkora késést szedett össze a vonat:



4. ábra – Relatív késési idő-diagram

Hasonlóan az előző két vonat adatait láthatjuk a két diagramon (4. ábra). Az adatok lehetnek negatívak is, ennek jelentése, hogy a vonat behozott a késéséből.

A tábla adatait más módon gyűjtve lehetővé válik a kritikus megállók vizsgálata is. Ha ugyanis a megállóablák szerint összesítjük a késési időadatokat, akkor láthatóvá válnak a kiugróan sok vonatot megkésztető/nagy késést okozó helyek (5. ábra).



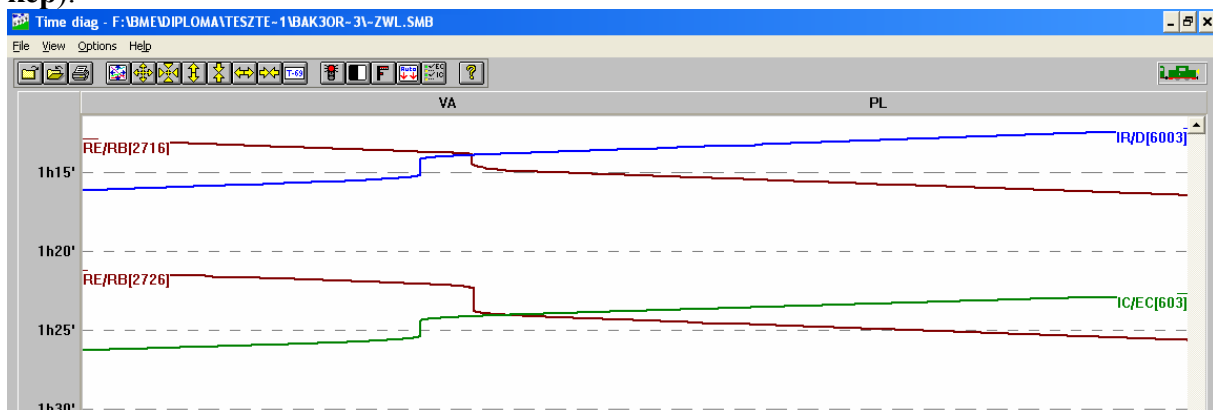
5. ábra – Megállóhelyek késési idődiagramja (részlet)

Ha egy megállóhelyen szinte minden vonat késik, de csak keveset, akkor meg kell vizsgálni, hogy a megálló milyen hatással van a vonal kapacitására. Előfordulhat, hogy a pálya állapota, vagy a biztosítóberendezés fajtája korlátozza ezen a szakaszon a forgalmat. Ha viszont példának okáért csak egy vonat késett az adott helyen, de az sokat, akkor azt kell megvizsgálni, hogy az adott vonat számára miben jelentett korlátot ez a megállóhely. Ebben az esetben valószínűleg forgalmi oka volt a késésnek. Ez lehet kezelői hiba, vagy olyan torlódás, mely az aktuális menetrendre vezethető vissza.

Példának okáért az 5. ábra közepén szembetűnően sok vonat késett az egyik megállóhelyen (nyíl jelöli). Ez a 24MV4-es megállóábla, amely Pilis állomás IV. vágányának kijáratú jelzője előtt található Cegléd irányában. Jelen esetben az ok abban keresendő, hogy – egy programozási hibából kifolyólag – a kijáratú jelző bizonyos szituációban (párhuzamos menetek esetén) vörösbe esett, ami miatt a felé közeledő vonat azelőtt megállt, s meg kellett várnia a vágányútoldást, s csak az újbóli vágányútbeállítást követően haladhatott csak tovább. Bár a hiba azóta természetesen javítva lett, de egy életbeli hasonló eset hatásai is nyomon követhetőek, és elemezhetőek.

Az ún. shs fájlok a jelző előtti állásidőket mutatják. Jól tudjuk, hogy az ideális állapot az lenne, ha vonat vörös jelzöt nem látna, hiszen akkor mindig továbbhaladást engedélyező állapot lenne számára érvényes. Éppen ezért fontos vizsgálni, hogy az egyes vonatok mégis mely jelzők előtt voltak kénytelenek megállni, s mennyi idő múlva indulhattak tovább. E tesztet során az shs fájl szerint a 603-as Intercity vonat például a 06M jelzőnél (Kőbánya-Kispest bejáratú jelzője) 20 másodpercet, a 28K5 jelzőnél (Cegléd V. vágányának kijáratú jelzője) 36 másodpercet állt. Bár egy ilyen mértékű állásidő – a fékezési/gyorsítási időket is

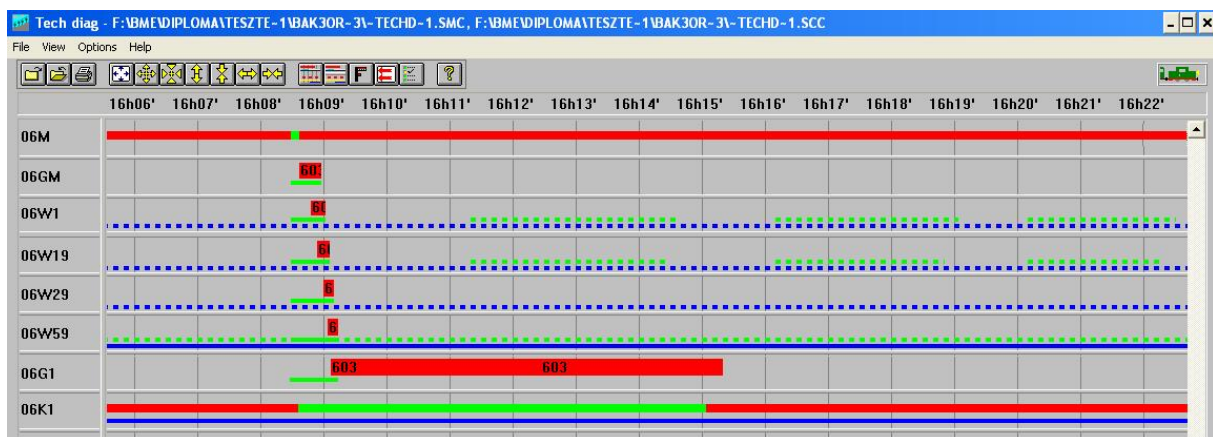
beleszámolva – nem okoz behozhatatlan késést, mégis járjunk utána, hogy mi okozhatta. A kiragadott TimeDiag képrészlet a Kőbánya-Kispest részt mutatja a vizsgált időpontban (**11. kép**).



11. kép – Az IC603-as vonat Kőbánya-Kispesten

Mint látható, a jobbról érkező IC603-as előtt a 6003-as gyorsvonat ment el, jó tíz perccel korábban. A 2726-os személy sem zavarhatta a jelző szabadra állását, mert ellentétes irányban haladt, és nem kizáró menet.

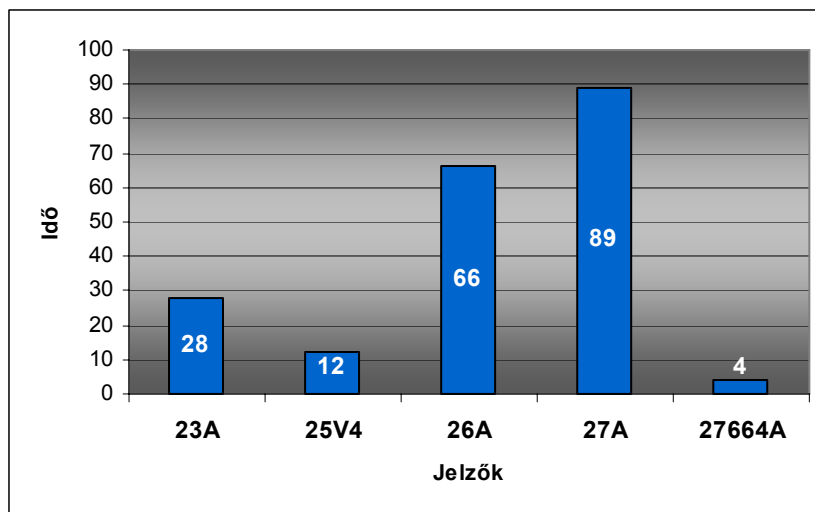
A **12. képen** látható Tech-Diag részleten szépen nyomon követhető a 603-as behaladása az állomásra. Jól látszik, ahogy a vizsgált 06M jelző a 06GM-...-06G1 bejárati vágányút beállítását követően szabadra áll, majd azt a vonat elhaladásakor visszajéti. Az ezt követő váltóelemek is lezárt állapotba kerülnek, majd a vonat áthalad rajtuk a 06G1-es állomási vágányra.



12. kép – Az IC603-as vonat behaladása Kőbánya-Kispesten

Ismerve az állomás topológiáját biztosan kijelenthetem, hogy a kezelő (azaz én) vétettem annyit, hogy nem állítottam megfelelő időben bejáratot az IC-nek, mely így kénytelen volt lassítani a 06M jelző előtt, majd rövid időre megállt. Azután a beállított vágányúton behaladt az állomásra, és ott egy perccig állt menetrendszerűen, ahogy ez a TimeDiag ábráján is jól látszik (függőleges része a menetvonalnak).

Az IC626-os sorában több adat is szerepel (6. ábra), ez jelzi, hogy a vonat több helyen is késést szenvedett jelzőknél.



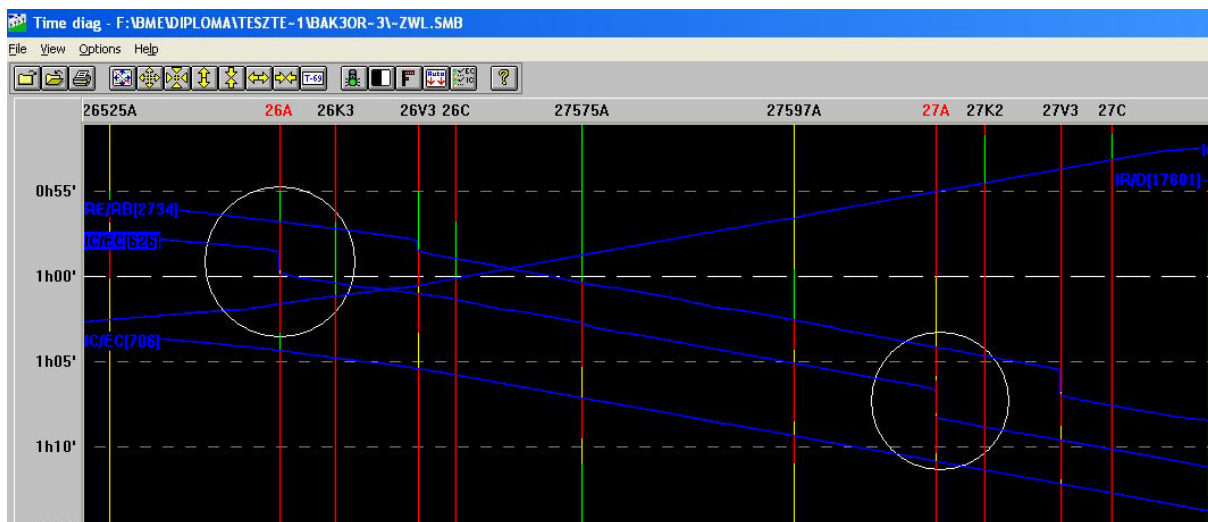
6. ábra – IC 626-os vonat jelző előtti késései

23A-Üllő bejárati jelzője
 25V4-Pilis kijárati jelzője
 26A-Albertirsa bejárati jelzője
 27A-Ceglédbercel-Cserő
 bejárati jelzője
 27664A-Budai úti megálló-
 helyet követő térközbj.

Kiugróan magas értékek szerepelnek Albertirsa és Ceglédbercel-Cserő bejárati jelzőinél.

Úgy tűnik, hogy valamilyen oknál fogva az állomás

nem tudta fogadni a 626-os Intercity-t. Nézzük meg itt mit mutat a TimeDiag (13. kép):



13. kép – TimeDiag részlet a vizsgált helyzetről

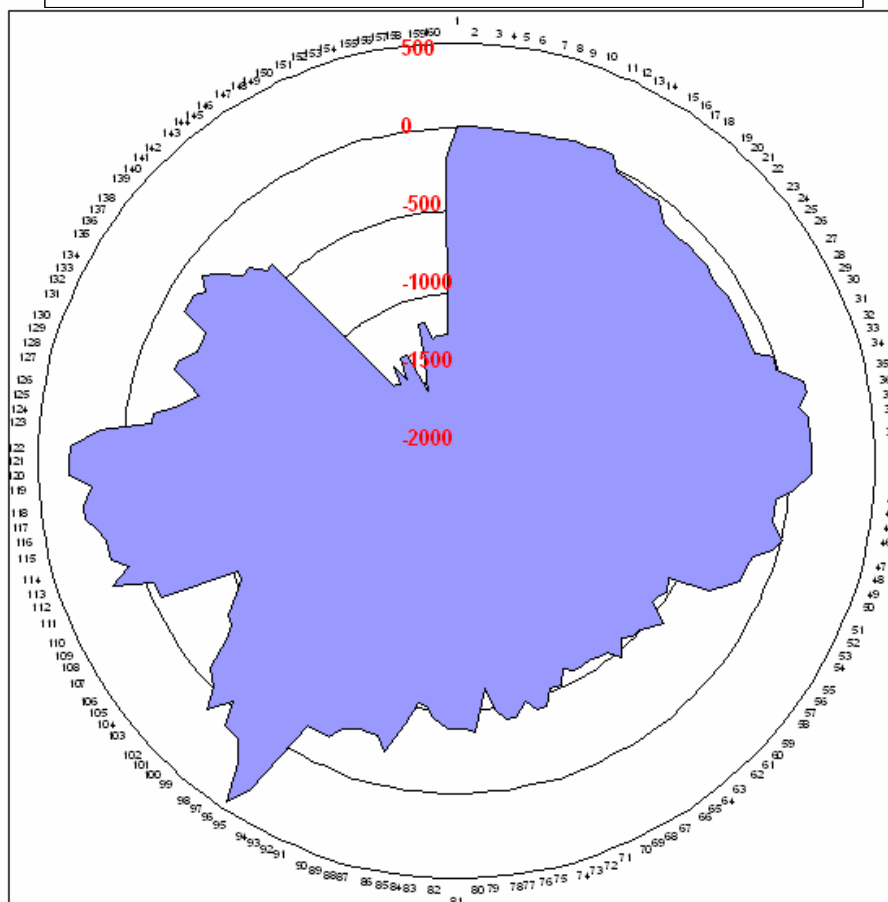
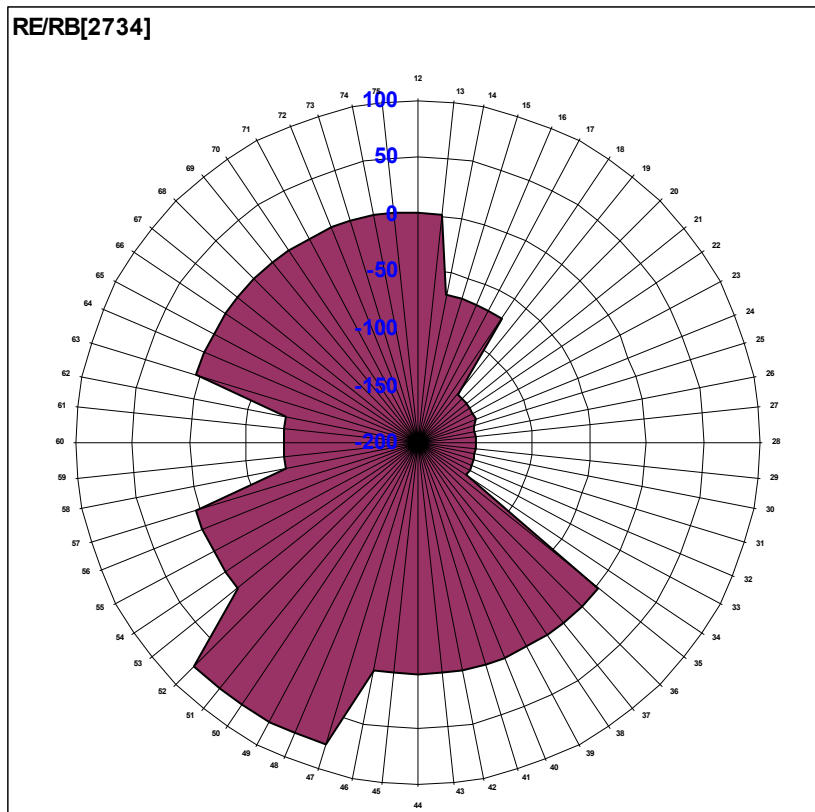
A két, nevében pirossal jelölt jelzőről van tehát szó, konkrétan pedig a fehér körökben szereplő eseményekről. A kiemelt 626-os mindkét esetben egyértelműen arra vár, hogy az előtte haladó 2734-es személy kihaladjon az állomásról. Korai azonban azt a következtetést levonni, hogy ez menetrendjének pontos betartásában akadályozta az Intercityt. Hiszen menetrendjét figyelve az derül ki, hogy az IC mindkét esetben pontosan az előírt időpontban haladt át a két állomáson. Így ebben a két esetben arról van szó, hogy a 626-os túl hamar ért a jelzőkhöz, és emiatt érte utol a személyvonatot. Azt persze érdemes megfontolni, hogy az IC menetrendje nem túl laza-e, s nem ez okozta-e a kialakult szituációt.

Az shs fájlok még egy érdekes diagram készítésére adnak lehetőséget. Ha az egyes jelzőkre – az 5. ábrához hasonlóan – halmozottan kirajzoljuk azt, hogy mely vonatok mennyi időt álltak előtte, akkor kimutathatók a kiugróan sok késést okozó jelzők.

A typ fájl a futási idő alatt minden percben, minden vonathoz hozzárendeli az aktuálisan ismert késési időadatát. Segítségével nyomon követhető egy vonat késésének változása, illetve az adatokat összesítve kimutathatók a kritikus időszakok, amikor a vonatok jelentős késéssel tartózkodnak a vonalon. A fájl adatait egy a szokásos diagrammoktól eltérő formában jelenítettem meg. Az alábbiakban bemutatott két kördiagram legfontosabb viszonyítási alapját a 0 értéket jelölő kör mutatja. Amennyiben a színezett terület az origó és a nulla kör között halad, akkor sietési tartományt ábrázol, míg ha a nulla körön túlnyúlik, akkor késési tartományban vizsgálódunk. Az egyes körszeletek az egyes perceket ábrázolják a szimuláció futása alatt.

A **7/a ábra** a 2734-es személyvonat adatait ábrázolja. Ez a vonat a szimuláció 12 percében adott először menetrendre vonatkozó információt – ekkor érkezett meg (menetrend szerint, pontosan) Kőbánya-Kispestre. Mivel a vonat következő megállóhelye Monor állomás, ezért addig a vonat a mindenkor engedélyezett legnagyobb sebességgel közlekedhetett. Mint látható sem forgalmi, sem kezelői okból késedelmet nem szenvedett, sőt Monorra mintegy 150 másodperces előnnyel érkezett meg. Innen a menetrendben előírt időpontban indult el, az érték ennek megfelelően visszaugrott a 0 érték közelébe (a szimuláció 35. perce = 15:14). A következő említésre érdemes esemény a 47. percben (15:26) történt, ekkor ugyanis 75 másodperces késésről ad információt a vonat, és valóban, Pilis állomásról 15:25-kor el kellett volna mennie menetrend szerint. A további események hasonló módon kinyerhetőek a typ fájl segítségével. A grafikon szemléletesen mutatja a késési-sietési arányokat, mely mellett a vonat számára kritikus szakaszok is kimutathatóak.

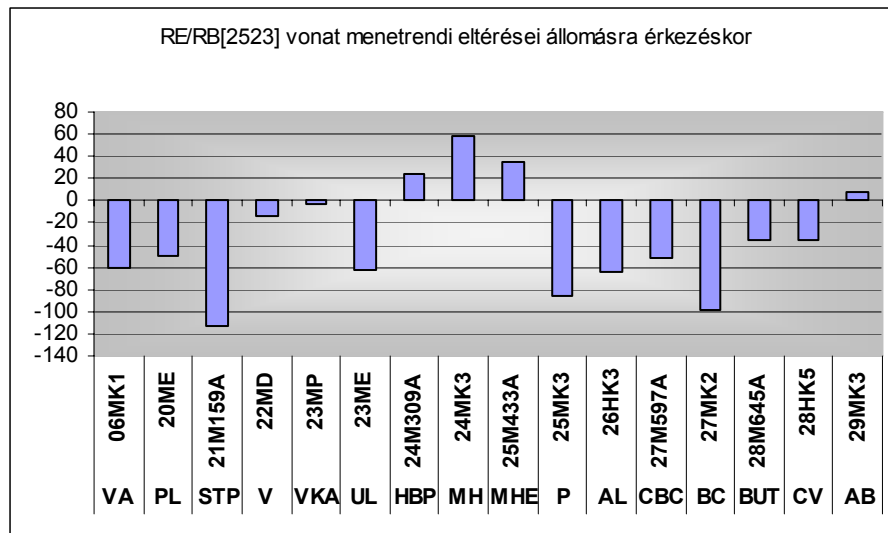
A **7/b ábrán** a percenként (előjelesen) összesített menetrendi eltérések láthatók. Bár az ábrát a különleges esetek torzíthatják, mégis pont ezeknek az elemzésében segíthet. Jól nyomon követhető egy esetleges forgalmi torlódás elhúzódó hatása, megkereshető az az időpont, amikor a vonalon úgymond helyreállt a rend, jelentős késésekkel vonatok már nem terhelik azt. Arányaiban jól mutatja a túlterhelt időszakok mennyiségét a modellezett időszakban. Például a jelenlegi esetben is látszik, amit én kezelőként is tapasztaltam, azaz, hogy kb. 110 perccel a szimulátor indulása után (16.30 körül) jelentős forgalom bonyolódik a pályán, melynek kezelése során érezhetően késések keletkeztek a vonalon. S ahogy az ábra is mutatja, ettől az időtől kezdve egy darabig újra a késési tartományba kúszik a színezett terület.



7/a ábra (fent) – 2734-es vonat
percenkénti menetrendi eltérései

7/b ábra (lent) – Összesített
menetrendi eltérések

Az érkezési menetrendi eltéréseket leíró avp fájl azáltal segíti a vizsgálatokat, hogy információval szolgál arról, ha egy vonat egy megállóhelyére nem a menetrendben előírt időpontban érkezik meg. Nem csak az jelenthet ugyanis problémát, ha egy vonat késve érkezik, ugyanilyen gond lehet a túl laza menetrend. Egy optimális vonatközlekedési tervben ez szintén kiküszöbölendő.



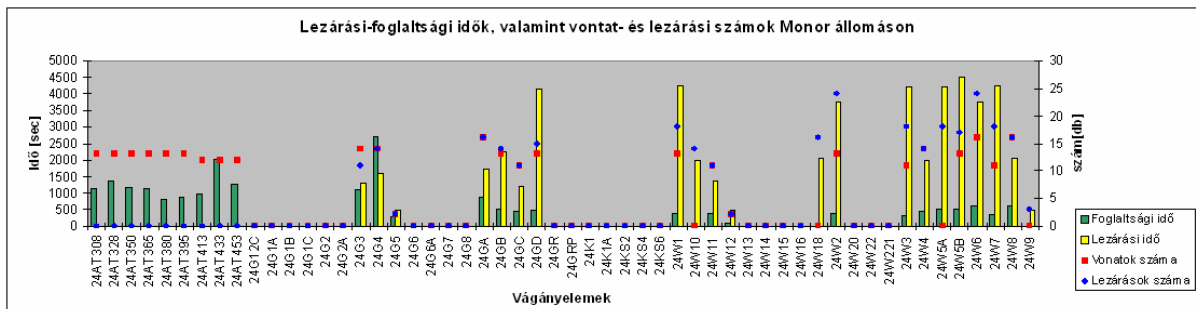
8. ábra – A 2523-as vonat érkezési időeltérései

A **8. ábrán** nyomon követhető a 2523-as személyvonat állomásra érkezési időinek menetrendtől való eltérése. A vonat Abony felől haladt Budapest felé. Abonyra még jelentéktelennek mondható késéssel érkezett meg, majd egészen Pilisig rendszeresen hamarabb érkezett meg az állomásokra az előírtnál átlagosan kb. egy perccel. Mivel Pilis állomáson menetrend szerint előzi őt a 703-as Intercity, ezért félreáll. A teszt során viszont a 703-as késve érkezett Pilisre, mely így kihatott a 2523-as személyvonatra is. E hátrányát küzdi le azután Üllőig, ahová már ismételten egy perccel korábban érkezik az előírtnál.

A fájl így képes pontos képet mutatni arról, hogy hol laza a menetrend, hol vannak tartalékok, illetve hol keletkeztek mégis olyan forgalmi vagy egyéb szituációk, melyek jelentősen kihatottak a vizsgált vonat pontosságára. Az indulási adatokat tartalmazó fájlokkal együtt komplexen vizsgálható a vonatok menetrendhez való viszonya.

Utolsóként nézzük meg, milyen információkkal szolgál a soc fájl. Tartalmazza egyrészt a pályaelem információkat, s ahogy már említettem ez a grafikus statisztika szövegfájl változata. A bemutatott grafikon Monor állomás pályaelemeiről nyújt értékes információkat (**9. ábra**).

Bár első ránézésre kissé zsúfolt az ábra, mégis érdemes lehet mind a négy információt egy grafikonban ábrázolni. Ennek oka a szoros összefüggés az egyes adatok között.

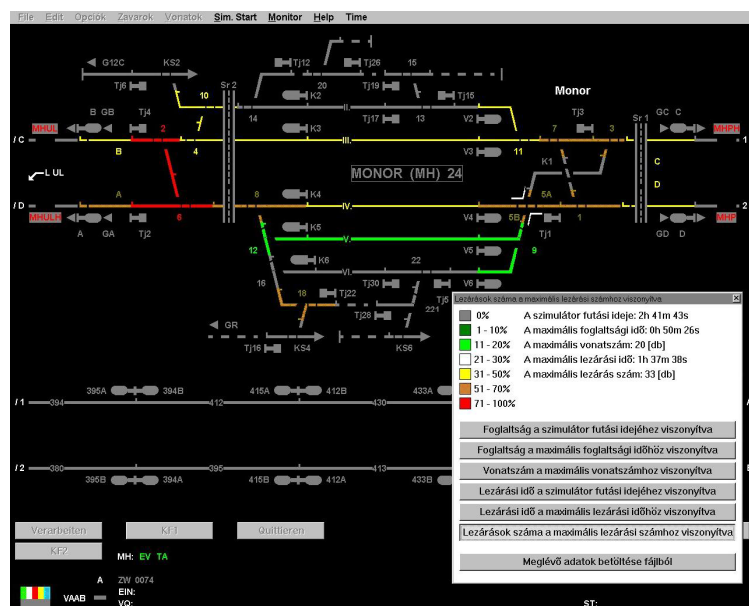


9. ábra – Monor állomás terheltségi diagramja

Minden pályaelemhez két oszlop tartozik. A zöld a foglaltság idejét mutatja a több, mint 2 órás teszt során másodpercben, míg a sárga oszlop a lezárás időtartamát. Ezen értékekhez tartozó skálabeosztás a grafikon bal oldalán lévő időtengely. Az első elemek „csak” foglaltak voltak, melynek oka abban keresendő, hogy ezek az állomás határán lévő térközszakaszok, melyek lezárásra nem kerülnek. Ellentétes esetben – pl. 24w18 váltónál – az oldalvédelmi szerep kizárólagosságát jelzi, hogy bár a váltó lezárt állapotban volt, rajta vonat egyáltalán nem közlekedett, hiszen foglaltsági ideje zérus, emellett alátámasztja ezt a piros négyzet is, mely szerint vonat nem haladt át a váltón. A kék csúcsára állított négyzet pedig tájékoztatást nyújt az oldalvédelmi szerep gyakoriságáról. A jobb oldali tengelyről leolvasható, hogy a 18-as váltó tizenhatszor volt lezárva a vizsgált időszakban.

További vizsgálatok tárgyát képezhetik azok a szakaszok és váltók, melyek esetében mind a négy adat zérus. Egyszerűen persze nem jelenthető ki, hogy ezek szükségtelenek, következésképpen elbonthatók, hiszen e teszt jelenleg csak egy kisebb időszak vizsgálatát tűzte ki célul, mely egyáltalán nem biztos, hogy e szempontból mérvadó. Mindenesetre egy állomási rekonstrukció esetében egy megfelelő szempontok szerinti szimuláció kijelölheti azon elemek szűkebb halmazát, melyek között a további vizsgálatok után megtalálhatók a felesleges kapacitást jelentők.

Érdeemes a grafikus statisztikát is megnézni. Mivel magára a pályára építi fel az információt, ezért rendkívül könnyen érthető, szemléletes (14. kép).



14. kép – Monor állomás a grafikus statisztikán

3.2. Maximális terheléses vizsgálat

3.2.1. Vizsgálati szempontok

Az előbbi fejezetben olyan *abszolút* elemzést végeztünk, amelyben egy konkrét menetrend alapján vizsgálódunk, s arra vonatkozóan vontunk le következtetéseket. Más a helyzet azonban, ha nem annyira egy lebonyolítani kívánt forgalom szempontjából közelítjük meg a problémát, hanem kifejezetten az infrastruktúra gyenge pontjaira vagyunk kíváncsiak. A már említett német cikk [4] írójához hasonlóan mi is arra a következtetésre jutottunk, hogy ez esetben a vonatokat nem menetrend szerint kell a vonalra engedni, hanem ún. maximális terhelés vizsgálatot kell végezni. Ezt a vizsgálatot pedig *relatív* módon kell elvégezni, azaz több szempont alapján lefuttatni bizonyos teszteseteket, és azokat összehasonlítani.

A maximális terheléses vizsgálat abból áll, hogy a vonal két végpontján – amelyek továbbra is végtelen forrásként és nyelőként működnek – egymás után generálódnak a vonatok. A követési időköz kiválasztható, de jelen esetben amint a generálási szakasz kiürül, már megjelenik a következő vonat, és így tovább. Ezt az ún. várakozó sor segítségével végzi a szimulátor.

A vonatok mintacsoportját úgy választottam ki, hogy az jól jellemezze a MÁV mostani forgalom-összetételét a vizsgált vonalon. Ez azt jelenti, hogy az egyes vonattípusok egymáshoz viszonyított aránya nem változott, ezen kívül figyelembe vett tényezők a vonatok követési sorrendje, és a maximális sebességük voltak még.

A mintacsoport 31 vonatból áll mindkét irányban. A mintaelemek a következők:

Vonattípus	V _{max} [km/h]	Tömeg [t]	Hossz [m]	Járműszám [db]	Prioritás	Arány
Intercity	120	366	188	8	1.	7,34%
Gyorsvonat1	120	366	188	8	2.	25,14%
Gyorsvonat2	100	366	188	8	3.	
Személy	100	366	188	8	5.	34,46%
Mozdonyvonat	100	80	20	1	7.	2,26%
Gyorsteher	100	1350	372	23	4.	30,80%
Teher	90	1750	484	30	6.	
Lassúteher1	75	2200	596	37	8.	
Lassúteher2	60	2200	596	37	9.	

1. táblázat – Mintavonatok

Azon megfontolásból, hogy csak a már terhelt vonalra belépő és azon teljes hosszában végig is menő vonatok adatai kerüljenek feldolgozásra, a belépő első tíz, és a kilépő utolsó tíz vonatot nem vesszük figyelembe. Emiatt a 31 mintavonat előtt a 31-es minta utolsó tíz vonata, utána pedig a 31 első tíz vonata halad (*4. számú melléklet*). Így 51 vonat fut a szimuláción, de pontosan a vizsgálni kívánt 31-re el lehet mondani, hogy már terhelt vonalra érkeztek, és teljes egészében végig is mentek rajta a szimuláció leállításáig. A tesztek bizonyították be,

hogy erre a kiegészítő tíz-tíz vonatra valóban szükség volt! A mellékelt cd-n megtalálható eredménylistában jól látszik, hogy az első tíz vonat sokkal gyorsabban haladt végig a vizsgált szakaszon, mint a sor közepén haladók. Főként igaz ez a magas prioritású vonatokra. Ennek oka az, hogy terheletlen pályán haladtak, gyakorlatilag senki nem állta útjukat, és a lassabbakat is csak kevesen érték be. Ugyanez mutatkozik meg az utolsó tíz vonat esetében is, hiszen utánuk újabb vonatok már nem generálódtak, így nem volt aki beérje azokat, s esetleg félre kelljen állni egy magasabb prioritású vonat elől. Utóbbi esetben ezért a kisebb prioritású vonatok is sokkal hamarabb végimentek a pályán. E fent említett okok miatt nem vesszük figyelembe ezt a tíz-tíz vonatot egyik irányban sem.

A cél tehát az, hogy különböző feltételek mellett vizsgáljuk, és főleg összehasonlítsuk a kapott eredményeket. A vizsgálatba bevont három fő szempont:

- mai állapot/ korszerű biztosítóberendezés feltételezése,
- lassújelek/lassújelek megszüntetése,
- utasvédelem kérdése.

Az *első* esetben a mai állapot (sokféle és nagyszámú elavult biztosítóberendezés) és egy a teljes vonalat érintő biztosítóberendezés-felújítás állítható szembe egymással. A szimuláció során a különféle biztosítóberendezések az összeszigetelésekkel, a váltóállítólánc aktiválásával, az állítási időkkal, illetve az oldási tulajdonságokkal, stb. modellezhetőek. *Második* esetben értelemszerűen ugyancsak a mai állapot, és egy teljes pályafelújítás áll szemben. Ez egyszerűen a korlátozó lassújelek kivételével modellezhető, illetve a vonali sebességek egyöntetű 120 km/h-ra emelésével. A váltók kitérőirányban továbbra is 40 km/h-val járhatóak. A *harmadik* esetben pedig a mostani állapot, és a MÁV jelenlegi terveiben is szereplő állomás-felújításokkal egybekötött aluljárók megépítése kerül szembe egymással. Az utasvédelem modellezését külön algoritmus segíti a szimulátorban (5. számú melléklet). Ezek az esetek persze egymással majdhogynem tetszőleges variációkban is tesztelhetők (2. táblázat).

A táblázatban a 0-s állapot azt jelenti, hogy *nem szükséges utasvédelemmel* foglalkozni vonatfogadáskor, mert az alul-és/vagy felüljárók megléte ezt szükségtelemmé teszi; *nincsenek lassújelek* a pályán; illetve *nincs korszerű*

Sorszám	Utasvédelem	Lassújelek	Korszerű biz.ber.	Megjegyzés
1.	0	0	0	
2.	0	0	1	Ideális állapot
3.	0	1	0	Mai+állomásrekonstr.
4.	0	1	1	
5.	1	0	0	Mai+pályafelújítás
6.	1	0	1	
7.	1	1	0	Mai állapot
8.	1	1	1	Mai+bizt.ber.rekonstr.

2. táblázat – Vizsgálható tesztesetek variációi

biztosítóberendezés telepítve. Az egyes állapot értelemszerűen ezek ellentétét jelölik. A szimulátorral ezek az opciók tetszőlegesen kapcsolhatók, így lehetővé válik az egyes szituációk tesztelése után az összehasonlító vizsgálatok elvégzése, s a konzekvenciák levonása.

A táblázatban kék sorszámmal szereplő esetek futtatására került sor. Kiemelném a másodikat, mely az ideális esetet modellezi. Ez esetben feltételezzük, hogy minden állomás rendelkezik alul- és/vagy felüljárókkal, azaz nincs szükség utasvédelmi kizárásokra. Ezen túl a pályán a váltók kitérőirányú sebességkorlátozásán kívül nem található olyan pályaszakasz, mely csak 120 km/h alatti sebességgel lenne járható. Az ideális tesztesetnél a korszerű biztosítóberendezések modellezésére is sor került a vonal valamennyi állomásán.

Az összehasonlítási alapot tehát ez a négy kiemelt teszteset szolgáltatja². Felmerült a kérdés, vajon a lassújelek, az elavult biztosítóberendezések, vagy éppen az utasvédelem-e az a pont, amelyik a legnagyobb hatással van a kapacitásra, a forgalomra, s leginkább az eljutási időre? Az összehasonlító vizsgálatok során azt elemeztem, hogy melyik az a terület, amely a legkritikusabb ezen a vonalon, s hogyan lehetne – az anyagi korlátokat figyelembe véve – a legoptimálisabban elvégezni az esedékes fejlesztéseket, hogy a lehető legnagyobb mértékben javuljanak az utazási feltételek, csökkenjenek az eljutási idők, javuljanak a kihasználtsági mutatók.

Összehasonlítási esetek:

a) (2-3): Az ideális második, és a harmadik teszteset összehasonlítása arra mutathat rá, vajon mekkora hatása van annak, ha az infrastruktúra-fejlesztések megtörténnek egy vonalon, azaz felszámolják a lassújeleket és fejlesztik a biztosítóberendezéseket.

b) (2-6): Az ideális és a hatodik eset csupán az utasvédelem kérdésében különbözik. Céлом éppen az, hogy megnézzük, vajon az utasvédelem arányaiban mekkora hatással van a forgalomra.

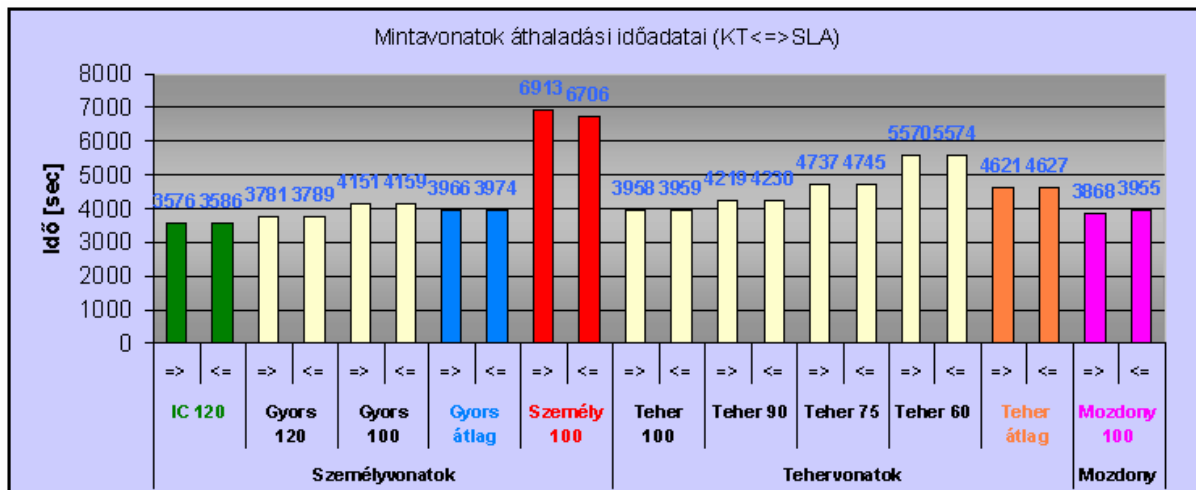
c) (3-6): A harmadik és hatodik eset szembeállításával választ adhat arra a kérdésre, hogy egy rossz infrastruktúra – lassújeleket és korszerűtlen biztosítóberendezést értve ezen – utasvédelem nélkül, vagy egy jó infrastruktúra, de utasvédelmi problémákkal-e a hatékonyabb.

d) (3-4): Az előző ponthoz kapcsolódva felmerülhet a kérdés, hogy a pálya vagy a biztosítóberendezés gondja-e a súlyosabb? Egyes vélemények szerint a lassújelek úgymond a pálya velejárai, így nem is annyira azok megszüntetése kell, hogy cél legyen, hanem annál inkább az állomások biztosítóberendezéseinek fejlesztése. E vélemény szerint ugyanis a korszerű berendezések kiküszöbölik, de legalábbis ellensúlyozzák a lassújelek – forgalmat

² A összehasonlító elemzéseket a IV. fő fejezet foglalja magában.

hátráltató – hatását. Céлом nem feltétlenül a kérdés megválaszolása, inkább a szimulátor adataira támaszkodva bizonyos észrevételek megjegyzése.

Annak érdekében, hogy a vizsgálati eredmények még szemléletesebbek lehessenek, elvégeztem egy mérést, amelyben azt vizsgáltam, hogy jelenlegi állapotban (7. sorszám) az egyes mintavonatok mennyi idő alatt teszik meg a teljes távot, ha semmilyen forgalmi akadály nem lassítja haladásukat. A személyszállító vonatok természetesen a valós életnek megfelelően megálltak az állomásokon. Így például az IC-k Szolnok felé sehoh, visszafelé Kőbánya-Kispesten álltak meg. A gyorsvonatok a Debrecenig menő vonatokat modellezzik, ennek megfelelően megállóhelyeik Kőbánya-Kispest és Cegléd. A személyek a vizsgálatban minden állomáson és megállóhelyen megálltak. Az állomási tartózkodási idő minden állomáson egy perc volt, kivéve Ceglédet, ahol a megálló vonatok két percet tartózkodtak. A mérés során utasvédelmi okból történő késlekedés nem történt. A mért értékeket mutatja be a **10. ábra**. A továbbiakban az összehasonlítás alapjait képező értékek a vonattípusra jellemző színnel lettek kiemelve.



10. ábra – Mintavonatok áthaladási ideje terheletlen pályán

A maximális terheléses vizsgálatok során a vonatok mindig ugyanabban a sorrendben, és ugyanazzal a követési időközzel generálódtak. Amint egy vonat beéri az előtte haladót, az első táblázatban leírt prioritásuk szerint dől el, hogy elengedi-e az elől lévő a következő állomáson a mögötte lévő. Térközi – helytelen vágányon történő – előzés nincs, azaz a kétvágányú pálya két egyvágányúként kerül modellezésre. Szigorú feltétel, hogy generálódáskor a vonatok maximális sebességgel tudjanak menni, de olyan gyorsan kövessék egymást, ahogy csak lehet. Hasonlóan amilyen gyorsan csak lehet, a vonatok mindig érik el a maximális sebességet, és a fékezés is maximális hatásfokkal történjen. A mellékvonalak, kiágazó iparvágányok, stb. nem kerültek modellezésre, a vizsgálat kizárólag a Kőbánya-Kispest – Abony vonalszakaszra korlátozódott. A pályát síknak feltételeztük.

Azon túl, hogy az egyes vonatok különböző átfutási idejét összehasonlítjuk, számoljuk az átlagos utazási időt és az összes utazási időt is. Az átlagos utazási idő az összes vonat áthaladási idejének az átlaga, azaz:

$$t_{\text{átl}} = \frac{\sum_{i=1}^n [t_{\text{vég}}(i) - t_{\text{start}}(i)]}{n},$$

ahol $t_{\text{start}}(i)$ az „i.” vonat belépési ideje, $t_{\text{vég}}(i)$ az „i.” vonat kilépési ideje, n pedig a vizsgálatba vont vonatok száma.

Az összes utazási idő az elsőnek érkező vonat generálódási ideje és az utolsóként pályát elhagyó vonat törlődési idejének különbsége, azaz:

$$t_{\text{össz}} = \max_{i=1}^n (t_{\text{vég}}(i)) - t_{\text{start}}(1)$$

Tehát a pályát elhagyó vonatok közül a legmagasabb időértékű (legkésőbb törlődő) mínusz az elsőnek generálódott vonat keletkezési ideje.

A késések figyelésének e terheléses tesztek során nincs értelme, mivel a forgalom nem valós menetrend alapján bonyolódik. E menetrendek oly mértékben szorosak, hogy ne akadályozzák a feltétlenül szükséges állásidőn túl a vonatok a továbbhaladásban. Így a textfájlok közül az svp, tvp és avp fájlok adatai nem szolgáltatnak használható információt. Mint azonban említettem ez esetben nem is forgalmi-menetrendi tervezési eseteket elemzünk, hanem kifejezetten infrastruktúra és biztosítóberendezési vizsgálatokat végzünk.

Az infrastruktúra kihasználtsági adatait rögzítő (soc) fájl viszont fontos információkat szolgáltat arról, hogy az egyes esetekben hogyan alakultak a foglaltsági és a lezárási tényezők. Remélhetőleg pontos képet kapunk arról, hogy adott feltételek mellett lefuttatott tesztesetek közül melyik milyen mértékben terhelte az infrastruktúrát, illetve milyen irányban keletkezett a legnagyobb eltolódás az adatokban.

A jelző előtti állásidők alakulása is hordozhat magában olyan információkat, amellyekkel a vonal szűk keresztmetszetei mutathatók ki, illetve az adott tesztesetre jellemző kiugró értékek vizsgálata is lehetővé válik.

3.2.2. Vizsgálati eredmények

Következzék az eredmények bemutatása a négy vizsgált tesztesetre. Először az átfutási időket, majd az infrastruktúra kihasználtsági adatait, végül a jelzőinformációkat sorolom fel a négy – vizsgált – tesztesetre.

3.2.2.1. Vonatfutási idők

a) Teszt N0

A mintavonatok futása tartozik ebbe a tesztesetbe.

Mintavonatok			VA=>AB irány		VA<=AB irány		Átlagos utazási idő		Összes utazási idő
			érték(sec)		érték(sec)		VA=>AB	VA<=AB	
IC/EC	Intercity		3576		3586				
ICG/SG	Teher		4621		4627				
IR/D	Gyors		3966		3974		4588,8	4569,6	n/a
LZ	Mozdony		3868		3955				
RE/RB	Személy		6913		6706				

3. táblázat – Teszt N0 futtatás eredményei

A 3. táblázatban láthatók a futtatás legfontosabb adatai. A táblázat üres cellái a későbbiekben tárgyalt tesztesetek összehasonlító adatainak helyei. Az összes utazási idő itt nem mérhető, mivel a mintavonatok teljesen terheletlen pályán egyenként kerültek lefuttatásra. A két irány átfutási idejének vonattípusonkénti átlaga és az ezekből képzett átlagos utazási időadatok képezik az összehasonlítások alapjait.

Általánosságban megjegyezhető, hogy a Szolnok felé haladó vonatok időadatai – ha csak kevéssel is, de – kisebbek a Budapest felé tartó vonatokénál. Ennek oka egyrészt abban keresendő, hogy a két irányban nem teljesen ugyanolyan lassújelek kerültek lehelyezésre – a valós életnek megfelelően –, másrészt a terheléses teszteknel szerepet játszik az a tény, hogy a modellezett szakasz budapesti oldalán az első állomás Kőbánya-Kispest, mely több vonatot is képes fogadni, s a következő állomások is sűrűn követik egymást. Ezzel szemben a vonal szolnoki végén a vonatok Abonyig egy hosszú állomásközben sorakoztak fel nagy forgalom esetén, s Abony sem tud egyszerre olyan sok vonatot fogadni. Ráadásul Ceglédig, mely már ismét egy nagy befogadóállomás még egy hosszú nyíltvonal szakaszon kell a vonatoknak egymás mögött végighaladni. Így, ha a sorban akár egy lassabb teher is halad, akkor az Ceglédig visszafogja a mögötte haladó gyorsabb vonatokat is.

Az értékek mindenesetre jól mutatják a maximális sebességnek és a megállóhelyek számának megfelelő áthaladási idő növekedését. Míg az Intercity vonatok pontosan egy óra alatt (3600 sec) „száguldottak” végig a vonalon, addig ez egy személyvonatnak majd két órájába került.

A két irányt összegezve az átlagos utazási idő 1 óra 16 percre adódott.

b) Teszt N2

Ez az ideális eset. Utasvédelmi kizárásokkal nem számolunk, lassújelek a pályán nincsenek – kivétel a váltók kitérő iránya, és a vonal minden állomására korszerű biztosítóberendezést feltételezünk.

A teszteset hossza négy óra negyvenöt perc. Ez az érték az első vonat generálódásától az utolsó vonat törlődéséig tartott, így megegyezik az összes utazási idővel ($t_{össz}$).

Teszt N2			VA=>AB irány		VA<=AB irány		Átlagos utazási idő		Összes utazási idő
			érték(sec)	növekm.	érték(sec)	növekm.	VA=>AB	VA<=AB	
	IC/EC	Intercity	6071	169,8%	6293	175,5%			
	ICG/SG	Teher	6981	151,1%	7504	162,2%			
	IR/D	Gyors	6028	152,0%	6683	168,2%	6684,4	7031,4	4h45min
	LZ	Mozdony	5356	138,5%	5763	145,7%	145,7%	153,9%	
	RE/RB	Személy	8986	130,0%	8914	132,9%			

4. táblázat – Teszt N2 futtatás eredményei

Az előző táblázathoz képest ez már kiegészült az összehasonlító adatokkal. A növekmény oszlopokban az látható, hogy mennyire növekedett az egyes vonattípusok átfutási ideje. Ez azonban még nem nyújt önmagában hasznos információt, hiszen a mintavonatok nem terheléses teszten futottak.

Az azonban észrevehető, hogy az ideális eset maximális terhelés vizsgálat esetén elmarad a mintavonatok mai állapotú vonalon kapott eredményeitől. Valamint itt már szembeötlő az előző pontban említett eltérés a két irány adatai között.

Az adatok ez esetben tehát átlagosan másfélszeres növekedést mutatnak. A leglassabban haladó vonatokat érte a legkisebb hátrány, míg a gyorsabbak mutatják a legnagyobb visszaesést. Ez természetesen abból adódik, hogy az állandó utolérések, és félreállítások akadályozták a gyorsabb haladást.

Ez esetben a két irányt összegezve az átlagos utazási idő 1 óra 54 percre adódott.

Eddig az adatok azt támasztják alá, amit vártunk: az átfutási idő jelentős növekedését terheléses teszt során.

c) Teszt N3

E teszteset a mai állapotot lépteti előrébb azzal, hogy feltételezi az utasvédelmi problémák megoldását, azaz a teljes vonali állomásrekonstrukciót.

Teszt N3			VA=>AB irány		VA<=AB irány		Átlagos utazási idő		Összes utazási idő
			érték(sec)	növekm.	érték(sec)	növekm.	VA=>AB	VA<=AB	
	IC/EC	Intercity	7300	204,1%	7657	213,5%			
ICG/SG	Teher	8020	173,6%	7842	169,5%				
IR/D	Gyors	7067	178,2%	7488	188,4%	7819,4	7843,0	5h22min	
LZ	Mozdony	7123	184,2%	6779	171,4%	170,4%	171,6%		
RE/RB	Személy	9587	138,7%	9449	140,9%				

5. táblázat – Teszt N3 futtatás eredményei

A teszt 13%-kal hosszabb, mint az ideális állapot, azaz ennyivel nőtt az összes utazási idő. Önmagában ennyit jelent, hogy bekerültek a lassújelek, és visszakerültek a mai állapotnak megfelelő biztosítóberendezési tulajdonságok. Ugyanakkor a tendencia tovább folytatódik. Az átlagérték itt már a mintavonatok 1,7-szeresére ugrott, s továbbra is érvényes, hogy a legkisebb hátrányt a leglassabb személyvonatok szenvedték el. Ugyanis míg ezek mindössze +8%-kal haladtak lassabban az előzőhöz képest, addig az IC-k átlagosan +35% késedelmet voltak kénytelenek elkönyvelni.

A két irányt összegezve az átlagos utazási idő most 2 óra 11 percre adódott.

d) Teszt N4

A hármas eset továbbléptetése azáltal, hogy a lassújelek megléte mellett feltételezzük a teljes vonali biztosítóberendezés-felújítást. A kapott eredmények a következők:

Teszt N4			VA=>AB irány		VA<=AB irány		Átlagos utazási idő		Összes utazási idő
			érték(sec)	növekm.	érték(sec)	növekm.	VA=>AB	VA<=AB	
	IC/EC	Intercity	6257	175,0%	7058	196,8%			
ICG/SG	Teher	7945	171,9%	8135	175,8%				
IR/D	Gyors	6948	175,2%	7285	183,3%	7241,0	7550,0	5h18min	
LZ	Mozdony	6005	155,2%	6279	158,8%	157,8%	165,2%		
RE/RB	Személy	9050	130,9%	8993	134,1%				

6. táblázat – Teszt N4 futtatás eredményei

Amellett, hogy a teszt futási ideje alig csökkent az előzőhöz képest, feltűnik, hogy az értékek kb. 10%-kal kisebbek. Így az átlagos utazási idő is 170%-ról 160% körüli értékre állt be. Az adatok önmagukban mégis azt a feltevést látszanak alátámasztani, hogy a korszerű biztosítóberendezés önmagában nem ellensúlyozza kellőképpen a lassújelek forgalomlassító hatását.

A két irányt összegezve az átlagos utazási idő 2 óra 3 perc.

e) Teszt N6

Aktív utasvédelmi logikával futtatott teszetet. Az érintett állomások: Pestlőrinc, Vecsés, Üllő, Monor és Pilis.

Teszt N6			VA=>AB irány		VA<=AB irány		Átlagos utazási idő		Összes utazási idő
			érték(sec)	növekm.	érték(sec)	növekm.	VA=>AB	VA<=AB	
	IC/EC	Intercity	6583	184,1%	6540	182,4%			
	ICG/SG	Teher	7412	160,4%	7756	167,6%			
	IR/D	Gyors	6737	169,9%	7540	189,7%	7445,4	7882,8	5h20min
	LZ	Mozdony	7126	184,2%	7659	193,7%	162,3%	172,5%	
	RE/RB	Személy	9369	135,5%	9919	147,9%			

7. táblázat – Teszt N6 futtatás eredményei

A futtatás hossza gyakorlatilag megegyezik az előző kettőével. A növekmények nagy általánosságban a harmadik teszetet eredményeihez hasonlítanak leginkább. Márpedig az pontosan ennek a teszetetnek a „negáltja” – lásd 2. táblázat. Ez azt mutatja, hogy a pálya- és állomásfelújítások csak együttesen voltak képesek az utasvédelem okozta hátrányokat ellensúlyozni.

A két irányt összegezve az átlagos utazási idő 2 óra 8 percre adódott.

Általánosságban elmondható, hogy a négy eset közül az N3-as eredményei a legrosszabbak.

3.2.2.2. Infrastruktúra kihasználtság

Ezek után az infrastruktúra kihasználtsági adatait egy összefoglaló táblázatban közlöm:

	Használt elem	Foglaltsági idő			Lezárási idő			Vonatszám	Lez.szám
		Összes	%	Átlag	Összes	%	Átlag	Átlag	Átlag
TesztN2	483	270,1h	11,36	33,6min	460,4h	19,69	57,2min	33	35
TesztN3	482	324,6h	12,11	40,4min	563,1h	21,4	70,1min	28	34
TesztN4	475	300h	11,46	37,9min	540,5h	21,06	68,28min	33	35
TesztN6	460	281,7h	11,64	38,3min	483,3h	20,1	63,71min	32	35

8. táblázat – Kihasználtsági adatok a futtatások során

Az első oszlop a teszetet során vonat által foglalt vagy lezárt (vagy mindkettő) elemek számát mutatja, az összesen 707 elemből. A fennmaradó elemek semmilyen formában nem voltak használatban. A többi oszlop már csak a „használt” elemek adataira épül.

A foglaltsági idők első adata az összes elem foglaltsági idejének az összege. A *százalékos* adat azt mutatja, hogy a teljes futásidőhöz viszonyítva átlagosan annak hány százalékában voltak foglaltak az elemek. Az *átlag* adat pedig egy elem átlagos foglaltsági idejét mutatja a teljes futási időben. A lezárási időkre hasonlóan épül fel e három oszlop,

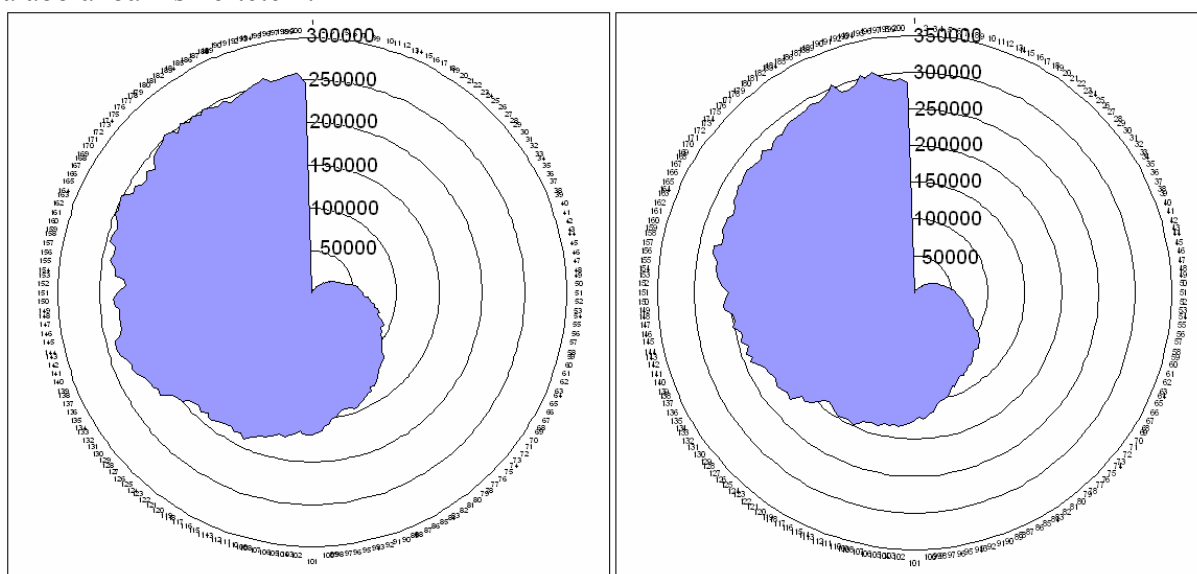
		VA<==AB irány																									
		STP	V	UL	24-		MH	P	AL	BC	CV		29-					AB									
		21-	23-	24-	24-	24K2	24C	25C	26C	27C	28-	28E	28K	29-	29-	29-	29-	29-	29-	29-	30-	30-	30-	30-			
		173A	22P	231A	23M	309A	331A	24K2	24C	25C	26C	27C	665A	28E	28K	757A	777A	797A	819A	841A	29K3	29K2	29C	903A	921A	939A	950A
TesztN2																											
TesztN3																											
TesztN4																											
TesztN6																											

11. ábra – 65 percnél több késést okozó jelzők

Szintén az összehasonlító vizsgálatoknál lesz szerepe a táblázatoknak. Megelőlegezve érdemes arra felhívnom a figyelmet, hogy a második (ideális körülményeket szimuláló) esetben volt a legkevesebb kritikus értéket meghaladó jelző.

A következő fejezetben az itt bemutatott adatok összehasonlító elemzésén keresztül próbálok meg a vonal kapacitására, jellemzőire, sajátosságaira rámutatni, illetve bizonyítani a szimulátor komplex alkalmazhatóságát a különféle vizsgálatokban.

E fejezet zárásaként megemlítem, hogy a vizsgálatához szorosan nem kapcsolódóan elkészítettem a tesztesetek 200 percen át rögzített menetrendi eltéréseinek (tvp) fájljaiból a 7. ábrából ismert késési kördiagramokat. Jóllehet korábban megállapítottuk, hogy késést a nem valós menetrend miatt nem érdemes vizsgálni, ráadásul a 200 perces határidőből is kifut a fájl egy ötórás teszt során, azonban a menetrend mind a négy esetben ugyanaz, így összehasonlítási alapot végül is képezhet, a 200 perc alatt pedig az első vonatok már végigmentek a pályán, így a generálódás és törlődés egyensúlya ekkorra már beállt. S mivel nem is konkrét késésre vagyunk kíváncsiak, hanem inkább tendenciára, elképzelhetőnek tartottam, hogy információval szolgálhat a torlódott forgalom alakulásáról. Az eredményt az alábbiakban ismertetem.



12. ábra – Percenkénti késési időadatok teszt N2 (balról) és teszt N3 (jobbról) esetén

Ahogy említettem a lényeg a tendenciában keresendő. Ahogy azt a **12. ábrán** látjuk, az ideális második futtatás során (baloldali ábra) hamar felkúszik az összesített menetrendi eltérés 250 000 (sec) értékét jelölő vonal alá, majd ott stagnál a 200. perc leteltéig. A lassújelekkel és korszerűtlen biztosítóberendezéssel futtatott harmadik esetben az érték a 300 000-et közelíti. Érzékeltetésként: az 50 000 másodperces különbség azt jelenti, hogy adott percben a vonalon tartózkodó összes vonat átlagosan **15 perccel** később érkezik a pálya végére a hármas esetben, mint az ideális tesztnél, ennyivel nő az átlagos utazási idő is (vesd össze 4-5. táblázat).

4. Összehasonlító vizsgálatok

Következzen hát a kapott eredmények érdemi összehasonlító vizsgálata. Három alfejezetben keresem a választ a kérdésekre. Az elsőben az infrastruktúra problémái kerülnek terítkre, a másodikban a biztosítóberendezési fejlesztések körül kialakult véleménykülönbségek tisztázása történhet meg, míg a harmadik alfejezet az utasvédelem hatását vizsgálja.

4.1. Az infrastuktúra – 2-es kontra 3-as eset

A vizsgált esetek:

Sorszám	Utasvédelem	Lassújelek	Korszerű biz.ber.	Megjegyzés
2.	0	0	1	Ideális állapot
3.	0	1	0	Mai+állomásrekonstr.

A két esetben az utasvédelem tekintetében nincs különbség, viszont a lassújeleket és a biztosítóberendezést tekintve egymás ellentétei. A lassújelek megszüntetésével a vonatok egyértelműen gyorsabban tudnak haladni, ugyanakkor nyilvánvaló az is, hogy a gyorsabb vonatok előnyüket jobban kihasználhatják, így gyakoribbá válhatnak az utolérések. A biztosítóberendezés korszerűsítése viszont segíthet az állomásokon pont ezen előztetések gyorsabb lebonyolításában, a vágányutak gyorsabb beállításával és gyorsabb – elemenkénti – oldódásával. Megemlítem, hogy ezen előnyök jobb kihasználása mindenképpen a – bevezetőben már említett – diszpozíciós irányítás bevezetésével válna lehetővé.

Nézzük mit mondanak az eredmények!

Utazási idők:

Teszt N2			VA=>AB irány		VA<=AB irány		Átlagos utazási idő		Összes utazási idő
			érték(sec)	növekm.	érték(sec)	növekm.	VA=>AB	VA<=AB	
	IC/EC	Intercity	6071	169,8%	6293	175,5%			
	ICG/SG	Teher	6981	151,1%	7504	162,2%			
	IR/D	Gyors	6028	152,0%	6683	168,2%	6684,4	7031,4	4h45min
	LZ	Mozdony	5356	138,5%	5763	145,7%	145,7%	153,9%	
	RE/RB	Személy	8986	130,0%	8914	132,9%			

Teszt N3			VA=>AB irány		VA<=AB irány		Átlagos utazási idő		Összes utazási idő
			érték(sec)	növekm.	érték(sec)	növekm.	VA=>AB	VA<=AB	
	IC/EC	Intercity	7300	204,1%	7657	213,5%			
	ICG/SG	Teher	8020	173,6%	7842	169,5%			
	IR/D	Gyors	7067	178,2%	7488	188,4%	7819,4	7843,0	5h22min
	LZ	Mozdony	7123	184,2%	6779	171,4%	170,4%	171,6%	
	RE/RB	Személy	9587	138,7%	9449	140,9%			

A két eset között jól érzékelhető a különbség. Felhívom újra a figyelmet arra, hogy a rossz infrastruktúrára a távolsági gyors vonatok a legérzékenyebbek (Intercity-k, expresszvonatok, gyorstehervonatok). Ezek körülbelül 30%-kal lassabban értek végig a harmadik esetben, mint a másodikban. Az átlagos utazási idő növekedése:

$$\frac{7819,4 + 7843}{2} - \frac{6684,4 + 7031,4}{2} = 973 \text{ sec} \Rightarrow 16,2 \text{ min.}$$

Csak az IC-knél ez 21,6 perc többletet jelentett!

Infrastruktúra kihasználtság:

	Használt elem	Foglaltsági idő			Lezárási idő			Vonatszám	Lez.szám
		Összes	%	Átlag	Összes	%	Átlag	Átlag	Átlag
TesztN2	483	270,1h	11,36	33,6min	460,4h	19,69	57,2min	33	35
TesztN3	482	324,6h	12,11	40,4min	563,1h	21,4	70,1min	28	34

A használt elemszámban gyakorlatilag nincs különbség. Nem szabad azonban azt hinnünk, hogy lényegi különbség akkor már nem is lehet a két eset között. Ha megnézzük az *átlagos vonatszám* oszlopot, akkor már szembeötlő, hogy az ideális esetben a forgalom jóval kisebb pályarészre összpontosult. Azaz továbbra is mindenhol történtek félreállások az állomásokon, ám a „derékhad” a főirányokat, az átmenő fővágányokat terhelte. A harmadik esetben a rossz infrastruktúra miatt a félreálló vágányok, a kerülőirányok terheltsége megnőtt, a forgalom „szétterült”. Ilyen értelemben azonban nem szabad büszkének lenni a „jobb” kihasználtsági mutatókra.

A foglaltsági és lezárási időadatok is szemléletesen mutatják a terhelés drasztikus növekedését, ami az átlagot tekintve több mint 20%-os többletet jelent a harmadik esetben.

Jelző okozta várakozások:

	VA->AB irány				VA<-AB irány			
	Összes állásidő	Érintett jelző	Átlagos állásidő	Átlagos állásidő	Összes állásidő	Érintett jelző	Átlagos állásidő	Átlagos állásidő
	[óra]	[db]	[min/jelző]	[min/vonat]	[óra]	[db]	[min/jelző]	[min/vonat]
TesztN2	32,6	71	27,5	38	34,3	71	29	40
TesztN3	39,5	69	34,4	46,5	40,6	68	35,9	47,8

A táblázatrészlet azt mutatja, hogy mindkét irányban átlagosan 8 perccel több jelző előtti várakozás jutott minden vonatnak osztályrészül a harmadik teszt során. Akárcsak az előző pontban, itt is egy 20% körüli növekedést mutatnak az adatok.

A jelző előtti állásnak több okozója lehet. Például nem kaphat állomáson szabad jelzést, mert az állomást követő blokk még foglalt, vagy be kell várnia és elengednie az őt követő vonatot. Állomásközben pedig a térközök túlterheltsége jelenthet akadályt, vagy a következő állomás nem tud még fogadni valamilyen okból (telített, kizáró vágányút, stb.).

Vizsgáljuk meg mely jelzők váltak kritikussá a két teszt során:

		VA==>AB irány																							
		KT	VA						PL		STP	UL			MH		P	AL			BC		CV		
		04C	06C	06E	06V2	06V4	06V5	06V6	06V8	20A	20G	20H	21158A	23A	23G	23350A	24A	24V5	25A	26A	26574A	26596A	27A	27V4	28A
TesztN2																									
TesztN3																									

		VA<==AB irány																									
		STP	V		UL			MH		P	AL	BC			CV		AB										
		21-		23-		24-	24-							28-		29-	29-	29-	29-	29-				30-	30-	30-	30-
		173A	22P	231A	23M	309A	331A	24K2	24C	25C	26C	27C	665A	28E	28K	757A	777A	797A	819A	841A	29K3	29K2	29C	903A	921A	939A	950A
TesztN2																											
TesztN3																											

A hármas tesztnél 2,5-3-szor annyi jelző érte el a 65 perces határt. Az ideális esetenél az figyelhető meg, hogy mindkét irányban a két nagy fogadó-indító állomás utáni szakaszok terheltsége fokozódott annyira, hogy a következő állomások nem bírták kapacitással. Azonban két-három állomás után a rend úgymond helyreállt, további jelentős torlódások már nem keletkeztek. A másik esetben Cegléd felé Kőbánya-Kispest terheltsége nagymértékben fokozódott, amit csak súlyosbított, hogy az azt követő vonalszakasz kapacitása sem tudta mérsékelni a torlódást. Budapest felé szintén a két nagy állomás – Cegléd és Kőbánya-Kispest – előtti szakaszokon torlódott fel a forgalom.

Összességében elmondható, hogy egy vonalon az infrastruktúra szerepe annál fontosabb, minél nagyobb és összetettebb forgalom bonyolódik rajta. Közvetlen és jelentős kihatással van mind a pálya, mind a biztosítóberendezés fejlettsége és állapota az eljutási időkre. Ha a cél az, hogy egy vonalon csökkentsük a menetidőket, felszámoljuk a torlódások miatti késlekedéseket, mindemellett növeljük a kapacitást és a kihasználtságot a főirányokon, akkor ehhez a pálya és a biztosítóberendezés fejlesztésén keresztül vezet az út.

Az, hogy melyiknek mekkora szerepe van, arra a következő fejezet adhat választ.

4.2. A biztosítóberendezés – 3-as kontra 4-es eset

A vizsgált esetek:

Sorszám	Utassvédelem	Lassújelek	Korszerű biz.ber.	Megjegyzés
3.	0	1	0	Mai+állomásrekonstr.
4.	0	1	1	

Vizsgálati szempontunk alapját ez esetben az képezi, hogy vajon mire lehetnek képesek egy lassújelekkel továbbra is teletűzdelt vonalon a korszerűsített biztosítóberendezések.

Utazási idők:

Teszt N3			VA=>AB irány		VA<=AB irány		Átlagos utazási idő		Összes utazási idő
			érték(sec)	növekm.	érték(sec)	növekm.	VA=>AB	VA<=AB	
	IC/EC	Intercity	7300	204,1%	7657	213,5%			
ICG/SG	Teher	8020	173,6%	7842	169,5%				
IR/D	Gyors	7067	178,2%	7488	188,4%	7819,4	7843,0	5h22min	
LZ	Mozdony	7123	184,2%	6779	171,4%	170,4%	171,6%		
RE/RB	Személy	9587	138,7%	9449	140,9%				

Teszt N4			VA=>AB irány		VA<=AB irány		Átlagos utazási idő		Összes utazási idő
			érték(sec)	növekm.	érték(sec)	növekm.	VA=>AB	VA<=AB	
	IC/EC	Intercity	6257	175,0%	7058	196,8%			
ICG/SG	Teher	7945	171,9%	8135	175,8%				
IR/D	Gyors	6948	175,2%	7285	183,3%	7241,0	7550,0	5h18min	
LZ	Mozdony	6005	155,2%	6279	158,8%	157,8%	165,2%		
RE/RB	Személy	9050	130,9%	8993	134,1%				

Változás látható a két eset között, ha nem is olyan jelentős, mint az előző két esetben.

Az átlagos utazási idő változása:

$$\frac{7819,4 + 7843}{2} - \frac{7241 + 7550}{2} = 435 \text{ sec} \Rightarrow 7,2 \text{ min.}$$

Az előbbi értéknek (16,2min) ez körülbelül a 44%-a. S az egyes vonatcsoportok eredményeinek összehasonlítása is azt mutatja, hogy önmagában véve a biztosítóberendezések felújítása nem nyújt olyan egyértelmű javulást a vonatok összességét tekintve. A futtatások során szerzett tapasztalataim is azt támasztják alá, hogy amíg egy vonalon 30-40 km/h-s lassújelek vannak áthaladó fővágányokon, addig ez áll az első helyen a felújítási-korszerűsítési listán – mondom én ezt „bizberesként”.

Infrastruktúra kihasználtság:

	Használt elem	Foglaltsági idő			Lezárási idő			Vonatszám	Lez.szám
		Összes	%	Átlag	Összes	%	Átlag	Átlag	Átlag
TesztN3	482	324,6h	12,11	40,4min	563,1h	21,4	70,1min	28	34
TesztN4	475	300h	11,46	37,9min	540,5h	21,06	68,28min	33	35

Az infrastruktúra eredményeinél ellenben ugyanolyan jól látszanak a korszerűsítések előnyei, mint az előbbi összehasonlításban. Jóllehet az átlagos foglaltsági és lezárási idők nem ugrottak akkorát, az egy elemen áthaladó vonatok száma ismét jelentős eltérést mutat. Ezen túl kis csökkenést mutat a használt vágányelemek száma is.

Jelző okozta várakozások:

	VA->AB irány				VA<-AB irány			
	Összes állásidő	Érintett jelző	Átlagos állásidő	Átlagos állásidő	Összes állásidő	Érintett jelző	Átlagos állásidő	Átlagos állásidő
	[óra]	[db]	[min/jelző]	[min/vonat]	[óra]	[db]	[min/jelző]	[min/vonat]
TesztN3	39,5	69	34,4	46,5	40,6	68	35,9	47,8
TesztN4	36,8	69	31,9	43,2	36,8	69	32	43,3

Az állomási biztosítóberendezések korszerűsítésének eredményeként a vonatok átlagosan majd' négy perccel kevesebbet álltak vörös jelző előtt a hármas esethez képest. Az előbbi nyolc perchez viszonyítva továbbra is fennáll a 40 % fölötti részesedése a korszerű biztosítóberendezéseknek az előnyből.

A kérdés az, hogy mely jelzőknél sikerült spórolni? Vajon valóban az állomások áteresztő képessége javult ilyen mértékben? Lássuk a jelzőinformációkat a két esetre!

	VA==>AB irány																								
	KT	VA						PL	STP	UL	MH	P	AL		BC	CV									
	04C	06C	06E	06V2	06V4	06V5	06V6	06V8	20A	20G	20H	21158A	23A	23G	23350A	24A	24V5	25A	26A	26574A	26596A	27A	27V4	28A	
TesztN3																									
TesztN4																									

	VA<==AB irány																										
	STP	V		UL			MH	P	AL	BC		CV				AB											
	21-	22P	23-	23A	23M	309A	331A	24K2	24C	25C	26C	27C	665A	28E	28K	757A	777A	797A	819A	841A	29K3	29K2	29C	903A	921A	939A	950A
TesztN3																											
TesztN4																											

Cegléd irányában egyértelműen megtakarítások (sraffozott területek) keletkeztek a két nagy állomás területén. Kőbánya-Kispestet segítette például az, hogy Pestlőrincen a vágányút állítások és oldódások ideje lecsökkent, hasonlóan Szemeretelep és Vecsés is kevésbé fogta meg a forgalmat. E két állomás felfejlesztésének eredménye hasonlóan kitűnik a visszafele irányon is. Mind a három – előző esetben kritikusan érintett – jelző most alatta maradt ezen értéknek. Az egész vonal áteresztő képessége javult, ennek köszönhetően a Cegléd előtti hosszú blokkszakaszok térközjelzői közül több ugyancsak kikerült a negyedik teszt folyamán a kritikus csoportból.

A végkövetkeztetés talán az lehet, hogy a biztosítóberendezések fejlettségének és állapotának hatása ugyan alatta marad a pályaállapot hatásának, azonban egyértelmű javulás következett be minden téren a vonalon. Optimális persze – nem meglepő módon – az, ha a biztosítóberendezések korszerűsítése a pálya állapotának javításával összehangoltan történik meg. Egyszerűbben fogalmazva: *jó biztosítóberendezést jó pályára érdemes kiépíteni, de hasonlóan: jó pályára jó biztosítóberendezés kell.*

4.3. Az utasvédelem – 2-es, 3-as kontra 6-os eset

4.3.1. A 2-es és 6-os eset

A vizsgált esetek tehát a következők:

Sorszám	Utasvédelem	Lassújelek	Korszerű biz.ber.	Megjegyzés
2.	0	0	1	Ideális állapot
6.	1	0	1	

A két tesztet csak az utasvédelem kérdésében különböztetjük meg. Hogy a tesztet hossza ne térjen el sokkal a többiétől, s hogy más paraméterek ne befolyásolhassák negatív irányban a vizsgálatokat, ezért korszerű infrastruktúra mellett került sor az utasvédelem aktiválására az érintett állomásokon. E fejezetben tehát magának az utasvédelemnek a lassító, torzító hatását vizsgáltam.

Utazási idők:

Az átlagos utazási idő változása:

Teszt N2			VA=>AB irány		VA<=AB irány		Átlagos utazási idő		Összes utazási idő
			érték(sec)	növekm.	érték(sec)	növekm.	VA=>AB	VA<=AB	
IC/EC	Intercity		6071	169,8%	6293	175,5%			
ICG/SG	Teher		6981	151,1%	7504	162,2%			
IR/D	Gyors		6028	152,0%	6683	168,2%	6684,4	7031,4	4h45min
LZ	Mozdony		5356	138,5%	5763	145,7%	145,7%	153,9%	
RE/RB	Személy		8986	130,0%	8914	132,9%			

Teszt N6			VA=>AB irány		VA<=AB irány		Átlagos utazási idő		Összes utazási idő
			érték(sec)	növekm.	érték(sec)	növekm.	VA=>AB	VA<=AB	
IC/EC	Intercity		6583	184,1%	6540	182,4%			
ICG/SG	Teher		7412	160,4%	7756	167,6%			
IR/D	Gyors		6737	169,9%	7540	189,7%	7445,4	7882,8	5h20min
LZ	Mozdony		7126	184,2%	7659	193,7%	162,3%	172,5%	
RE/RB	Személy		9369	135,5%	9919	147,9%			

Azaz majdnem 12%-kal nőtt az eljutási idő egy jó állapotú pályán korszerű biztosítóberendezés mellett. A terheléses teszt éppen arra volt jó, hogy minden eltérést, változást érzékelhető nagyságban mutasson. A hibák, szűk keresztmetszetek, korszerűtlen berendezések hatásai halmozottan jelentkeznek. Jelen esetben önmagában az aktív utasvédelem majdnem olyan mértékű romlást idézett elő, mint ami az infrastruktúra-vizsgálat során keletkezett.

A hatos eset jelző előtti állásidejeit leíró shs fájljainak alaposabb vizsgálata is azt támasztja alá, ami itt is világosan látszik. Az aktív utasvédelem a vonalon az érintett állomások bejáratú jelzőit sorban a kritikus szint fölé emelte, némelyik pedig kiugróan magas értéket is elért. A vonal többi részén gyakorlatilag nem mutatkozott drasztikus változás, egyedül az aktív utasvédelmi állomások közötti térközjelzők némelyike érte el a kritikus értéket, valamint az Abony előtti blokkjelzők, melyeknél a generálódó vonatok felsorakoztak.

Elmondható tehát, hogy az utasvédelem igen komoly gátló tényezőt jelent(het) a közlekedésben, s belegondolva, hogy egy alul- vagy felüljáró megépítése évtizedekre megoldást jelenthet erre a problémára, bizony érdemes az állomárekonstrúciókra is forrásokat biztosítani.

4.3.2. A 3-as és 6-os eset

Az összehasonlítás csupán egy érdekes kiegészítő vizsgálat az eddigiekhez.

A vizsgált esetek:

Sorszám	Utasvédelem	Lassújelek	Korszerű biz.ber.	Megjegyzés
3.	0	1	0	Mai+állomásrekonstr.
6.	1	0	1	

A két eset – azon túl, hogy egymás negáltjai – a következő kérdésre adhat választ: egy rossz infrastruktúra utasvédelmi kizárások nélkül, vagy egy korszerű pálya és biztosítóberendezés-lánc, de utasvédelemmel a hatékonyabb? Vajon okozhat-e önmagában az utasvédelem olyan mértékű romlást a közlekedésben, mint egy leromlott pálya és elavult berendezések együttese? Vagy az utasvédelem kérdése egyáltalán nem olyan kardinális, s a kapcsolódó problémák megoldása nem is olyan égető, sürgető? Lássuk a száraz adatok milyen válaszokat adnak!

Utazási idők:

Teszt N3			VA=>AB irány		VA<=AB irány		Átlagos utazási idő		Összes utazási idő
			érték(sec)	növekm.	érték(sec)	növekm.	VA=>AB	VA<=AB	
	IC/EC	Intercity	7300	204,1%	7657	213,5%			
ICG/SG	Teher	8020	173,6%	7842	169,5%				
IR/D	Gyors	7067	178,2%	7488	188,4%	7819,4	7843,0	5h22min	
LZ	Mozdony	7123	184,2%	6779	171,4%	170,4%	171,6%		
RE/RB	Személy	9587	138,7%	9449	140,9%				

Teszt N6			VA=>AB irány		VA<=AB irány		Átlagos utazási idő		Összes utazási idő
			érték(sec)	növekm.	érték(sec)	növekm.	VA=>AB	VA<=AB	
	IC/EC	Intercity	6583	184,1%	6540	182,4%			
ICG/SG	Teher	7412	160,4%	7756	167,6%				
IR/D	Gyors	6737	169,9%	7540	189,7%	7445,4	7882,8	5h20min	
LZ	Mozdony	7126	184,2%	7659	193,7%	162,3%	172,5%		
RE/RB	Személy	9369	135,5%	9919	147,9%				

Az adatok kevés helyen hibahatáron belül egyezők, többnyire azonban a hármas eset néhány százalékkal magasabb. Valamennyire azért meglepő lehet, hogy az utasvédelmi tesztet önmagában is megközelítette az eddigiekben legrosszabbnak kikiáltott harmadikat. Az mutatható ki továbbá, hogy a lassújelekkel ellentétben az utasvédelem kevésbé válogatott a vonattípusok között, egyaránt hatott mindegyikre, inkább közelítve az egyes típusokat egymáshoz.

Az átlagos utazási idő mindössze 2,5 perccel kevesebb az utasvédelmi tesztnél, mint a hármasnál.

Infrastruktúra kihasználtság:

	Használt elem	Foglaltsági idő			Lezárási idő			Vonatszám	Lez.szám
		Összes	%	Átlag	Összes	%	Átlag	Átlag	Átlag
TesztN3	482	324,6h	12,11	40,4min	563,1h	21,4	70,1min	28	34
TesztN6	460	281,7h	11,64	38,3min	483,3h	20,1	63,71min	32	35

Gyakorlatilag sok újat ez a táblázat nem mutat, hiszen más vizsgálatokban már elemeztük mindegyik sajátosságait. Az összehasonlításban az tűnhet fel, hogy a lezárási idők eltérése jóval nagyobb, mint a foglaltságé. A foglaltság magas értéke a hármas esetben azzal magyarázható, hogy a rossz állapotú infrastruktúra visszafogta a vonatokat, ezáltal tartózkodásuk is hosszabbá vált. Az utasvédelem pedig a bejáratú jelzők előtt, illetve az állomások területén történő várakozások során fejtette ki foglaltsági időt növelő hatását, melyet csak kis mértékben tudott a jó állapotú pálya ellensúlyozni.

Jelző okozta várakozások:

	VA->AB irány				VA<-AB irány			
	Összes állásidő	Érintett jelző	Átlagos állásidő	Átlagos állásidő	Összes állásidő	Érintett jelző	Átlagos állásidő	Átlagos állásidő
	[óra]	[db]	[min/jelző]	[min/vonat]	[óra]	[db]	[min/jelző]	[min/vonat]
TesztN3	39,5	69	34,4	46,5	40,6	68	35,9	47,8
TesztN6	40,2	66	36,5	47,3	42	67	36	49,4

Ugyancsak arra lehet felhívni a figyelmet, hogy az utasvédelmi tesztnél kevesebb jelzőre jutott nagyobb késleltetés.

	VA==>AB irány																							
	KT	VA								PL		STP	UL			MH	P	AL			BC	CV		
	04C	06C	06E	06V2	06V4	06V5	06V6	06V8	20A	20G	20H	21158A	23A	23G	23350A	24A	24V5	25A	26A	26574A	26596A	27A	27V4	28A
TesztN3																								
TesztN6																								

	VA<==AB irány																									
	STP	V		UL			MH	P	AL	BC			CV				AB									
	21-		23-		24-	24-							28-		29-	29-	29-	29-	29-				30-	30-	30-	30-
	173A	22P	231A	23M	309A	331A	24K2	24C	25C	26C	27C	665A	28E	28K	757A	777A	797A	819A	841A	29K3	29K2	29C	903A	921A	939A	950A
TesztN3																										
TesztN6																										

Íme az a két tesztet, ahol szinte „verseny” alakult ki a jelző előtti állásidőket tekintve. Mindkét esetben nagy számú jelző érte el a kritikus szintet, azonban továbbra is kiemelhető a sajátosságuk is. A lassújelek leginkább a két nagyobb állomást és környezetét érintették hátrányosan, az utasvédelemnél a hangsúly az érintett állomások bejáratú jelzőire és az azokat megelőző blokkszakaszok jelzőire helyeződött át.

A már ismert adatok ilyen szemszögből való vizsgálata azt mutatja, hogy az utasvédelem önmagában majdnem elég volt ahhoz, hogy az eredményekben olyan mértékű visszaesést idézzon elő, mint a rossz állapotú pálya és a korszerűtlen biztosítóberendezések együtt. Bár a hangsúly az egyes eseteknél máshol jelentkezett, a hatásukat összességében hasonló módon fejtették ki. A tapasztalatok azt mutatják, hogy nagy forgalmú pályán a menetrend szerint közlekedő vonatoknak is komoly akadályoztatást jelentettek az utasvédelmi problémák, melyek a terheléses tesztek során ráadásul halmozottan jelentkeztek.

5. Összefoglalás

Az adatok önmagukért beszélnek, így itt inkább arra hívnám fel a figyelmet, hogy milyen egyszerűen mutathatók ki a kapott eredményekből a változások, illetve azok hatásai. Nem is annyira a kapott eredmények meglepőek, hiszen természetes velejárója a lassújeleknek az, hogy jelentősen nő az eljutási idő, s nő a pálya igénybevétele is. A vizsgálatok inkább azt igyekeztek bemutatni, hogy a szimulátor segítségével komplexen és rugalmasan vizsgálhatók a legkülönbözőbb esetek úgy, hogy a kapott adatok szépen kiegészítik, s ami a legfontosabb alátámasztják egymást. Nincsenek ellentmondások, elmondhatjuk, hogy a vizsgált vonalszakasz modellezése mind menetrendi formában, mind speciálisan kialakított terheléses tesztek során sikeres és eredményes volt. Ha ez a program olyan szakavatott és értő kezekbe kerül – legyen az egy pályatervező, vagy éppen egy menetrend-tervező munkahely – ahol konkrét, kitűzött célok érdekében kívánnak adott szempontok szerint vizsgálatokat végezni, akkor elmondható, hogy bizonyára sikerrel teszik majd azt, s a kapott eredmények hathatós segítséget nyújtanak abban, hogy a problémákat jobban, mélyebben körüljárva az adott környezetben, az adott feltételek mellett az optimálishoz minél közelebbi megoldás születhessen.

Az elmondottak alátámasztásaként felhívnam a figyelmet néhány – a futtatások eredményeként kapott – fontos értékre, kezdve az *utazási, átfutási időkkel*. Az intercity vonatok a jelenlegi pályán is, ha semmilyen akadályozó tényező nem lépne fel, kevesebb, mint egy óra alatt tennék meg a Kőbánya-teher – Szolnok A elágazás szakaszt. Ez ma menetrend szerint egy óra hat perc. Korszerű pályát és biztosítóberendezést modellezve ehhez képest 20% körüli javulást kaptunk az időeredményekben. Mindezt terhelt, nagy forgalmú pályán. Ha a korszerűséget a menetrendre is kiterjesztjük, akkor bizony a leggyorsabb (legnagyobb prioritású) vonatok menetideje drasztikus mértékben csökkenthető lenne. Az eredmények azt is alátámasztották, hogy minél nagyobb prioritású volt egy vonat, annál inkább „megszenvetde” az elavultságot, de annál jobban ki is tudta használni a korszerűség minden előnyét. Ugyanakkor a leglassabb vonatok sínylették meg legkevésbé a rosszabb állapotokat. Átlagosan négyszer nagyobb hatással volt a gyorsabb vonatokra minden hiba, mint a lassabbakra, s ugyanígy négyszer jobban ki tudták használni az előnyöket is.

A mintavonatok mérése a jelenlegi pályán történt. Akadály nélkül haladhattak, de elavult infrastruktúrán. Ez gyakorlatilag a N3-as teszetnek felelt meg. Ennek futtatása során a mintavonatokhoz képest átlagosan 70% többlet keletkezett az átfutási időkben. Ennyit tett hozzá az, hogy a „maximális terhelés” miatt óriási volt a forgalom. Az előző bekezdéshez kapcsolódva megemlíthető, hogy az infrastruktúra korszerűsítésével e 70%-ból több, mint 15% megtakarítás keletkezett. Ezt gondolatban visszavetítve egy normális terheltségű pályára

elmondható, hogy az előnyök még inkább kihasználhatóak lennének, még nagyobb megtakarítások keletkezhetnének.

Azt tapasztaltuk továbbá, hogy az infrastruktúrán belül a pályának valamelyest nagyobb szerepe volt az eredmények alakulásában (55-60%), mint a biztosítóberendezéseknek (40-45%). A mélyrehatóbb vizsgálatok ugyanakkor azt is kimutatták, hogy e két dolog olyan szoros kapcsolatban van egymással, hogy kölcsönösen erősíthetik, illetve gyengíthetik is egymást. Ezért fogalmaztuk meg azt, hogy: *jó biztosítóberendezést jó pályára érdemes kiépíteni, de hasonlóan: jó pályára jó biztosítóberendezés kell.*

A problémák – nem meglepő módon – az állomások köré összpontosulnak. A korszerűtlen biztosítóberendezés a vágányútállítások, -beállítások és az oldódások hosszabb ideje miatt közvetlenül kihat az áthaladó vonatokra. Jelenleg a legtöbb állomás átmenő fővágányán komoly sebességkorlátozások vannak érvényben. Ehhez még hozzászámíthatjuk az utasvédelmi okok miatt történő késlekedéseket is. S ahogy azt a terheléses vizsgálatokban tapasztalhattuk, az utasvédelem kérdése igenis fontos, hiszen igen komoly változásokat idézett elő az eljutási időkből. Egy nagy forgalmú pályán önmagában képes volt akkora késedelmeket okozni a vonalon (+65%), mint a 40-60 km/h-s lassújelekkel teletűzdelt, korszerűtlen biztosítóberendezésekkel jellemezhető állomások összessége (+70%).

Az *infrastrukturát* tekintve megállapítható, hogy a mai állapothoz képest az ideális esetben 17%-kal kevesebb ideig foglalták a pályát a vonatok. Ugyanakkor azt az elképzelést, miszerint nagyon nagy arányú felesleges pályacapacitás van a vonalon, a szimulátor nem támasztotta alá. A legtöbb esetben azonos nagyságrendű pályaelem került használatba. Azt azonban fontos megjegyezni, hogy a kihasználtságban már jelentős eltérések keletkeztek. Az ideális esetben a forgalom a fő csapásirányokat használta ki jelentős mértékben, s csak kissé terhelte a kerülővágányokat, félreállási lehetőségeket. Jelentős felesleges kapacitás tulajdonképpen csak Cegléd állomáson mutatkozott. Megjegyzendő azonban, hogy ez a nagy forgalmú, terheléses tesztek eredménye. Ha a MÁV a vonalon további jelentősebb forgalomcsökkenést lenne kénytelen elszenvedni, akkor az infrastruktúra felújítása mellett már komolyan foglalkozni kellene nagyszámú állomási vágány hosszú távú sorsával.

A jelzőket tekintve az mondható el, hogy a teszteset jellegétől függően más-más jelzők váltak kritikussá a vonalon. Az utasvédelmi problémák megoldása mindenképpen javítana az állomási bejárati jelzők helyzetén, illetve az azt megelőző térközjelző is kevesebb vonatot állítana meg, s főként rövidebb ideig. A korszerűtlen pálya ezzel szemben főként a két nagy állomás kapacitását fogta vissza. Így itt is megnöttek a jelző előtti állásidők. Érdekes eredménye a futtatásoknak, hogy az ideális eset szinte valamennyi jelzőt a kritikus szint alá tudta vinni. Kivételt jelentett ez alól a két nagy állomás kijárati jelzői – ami azonban betudható a túlterheltségnek – és az őket követő két-három állomás. Ez utóbbiak viszont azt

jelzik, hogy ezek növekvő forgalomnál szűk keresztmetszetet jelenthetnek. Külföldi példákhoz hasonlóan ekkor megfontolandó lenne egy plusz vágány kiépítése a nagyobb állomások kivezető szakaszain. Persze ez a mindenkori forgalom függvényében válhat esedékessé.

Részletekbe menő menetrendi vizsgálatokra a dolgozat nem tért ki, ám a több hónapon át zajló két-három órás programtesztek jórészt ilyen formában kerültek futtatásra. Az általános tapasztalatom az, hogy sok vonat menetrendje laza; minden nap, minden időszakban számos olyan vonat halad a pályán, melynek adatait visszanézve kimutatható a rendszeres és jelentős sietés a menetrendhez képest. A túlzott tartalékok az üzemet feleslegesen terhelik, haszontalanul növelik az eljutási időket. A menetrend problémáit az esedékes felújításokkal összhangban kell megoldani, hasonlóan nagy figyelmet szentelve ezek mellett a forgalom levezénylésére is. Egy jól megtervezett csomóponti rendszer és egy fejlett diszpozitív irányítás kellő alapot nyújthat ahhoz, hogy egy se nem túl laza, se nem túl szoros, ellenben mégis nap mint nap betartható menetrend születhessen.

Kitekintés

A program jelenlegi fázisában is már komoly, mélyreható vizsgálatokat tesz lehetővé, s tág teret ad további fejlesztéseknek, melyek eredményeként a helyzet csak javulhat. A programozó is tudja: lehetetlen feladat nincs, minden csak idő – és mint mindenhol itt is – pénz kérdése.

A diplomaterv a kitűzött célokat elérte, a kiválasztott tesztek futtatása, és elemzése megtörtént. Elmondható azonban, hogy a szimulátor további fontos elemzések elvégzését is előrevetíti. Érdekes lehet a biztosítóberendezés és a pálya kapcsolatának további vizsgálata, vagy például a kurrens váltók kitérőirányú sebességének megemelésével történő futtatás eredményeinek összehasonlító vizsgálata az eddigiekben futtatott esetek adataival.

A tervekben szerepel Cegléd állomás új vágánykiépítésének szimulációs vizsgálata is, melynek eredményeit a jelenlegi vágánystruktúráéval összehasonlíthatva további finomítások, módosítások végezhetők el, még azelőtt, hogy egy síndarabot is lefektettek volna. Kielemezhető az is, hogy a jelenlegi, vagy egy tervezett forgalom hogyan viselkedik az új állomási struktúrán, hozzá kell-e nyúlni a jelenlegi menetrendhez, vagy a módosítások elkerülhetők.

A menetrendhez kapcsolódva megemlítem, hogy a mostani több helyen is igen lazának mutatkozott. További vizsgálatok kideríthetik, hogy hol és hogyan kell hozzányúlni ahhoz, hogy a forgalom gond nélkül bonyolódjon. Létrehozható egy összességében szűkebb menetrend is, s ez esetben megvizsgálható, hogy milyen feloldásokkal érhető el annak betarthatósága – pl. térközkiosztások változtatása.

1. számú melléklet

A diplomaterv utolsó oldalán található meg a mellékelt cd lemez. Behelyezésével automatikusan indul a program (html), ellenkező esetben a gyökérkönyvtárban található html fájl megnyitásával indítható.

A cd további információkkal szolgál azoknak, akiket a dolgozat egyes részei az ott leírtaknál mélyebben is érdekelnek. Szinte valamennyi fejezethez található kiegészítés. Röviden a cd tartalomjegyzéke:

Tartalom
Pályaeditor
Menetrend editor
Vonatszámleptetés
A szimulátor
Szövegfile-ok
Idődiagram
Technológiai diagram
Grafikus statisztika
Adatgyűjtés

2. számú melléklet

Állomásazonosítók:

PV – Budapest-Nyugati pályaudvar [1]
VLE – Városligeti elágazás [2]
RS – Rákosrendező pu. [3]
ZGL – Budapest Zugló mh.
KT – Kőbánya teherpályaudvar [4]
KAL – Kőbánya alsó mh.
FC – Ferencváros [5]
VA – Kőbánya-Kispest [6]
KP – Kispest
PL – Pestszentlőrinc [20]
STP – Szemeretelep mh. [21]
V – Vecsés [22]
VKA – Vecsés-Kertekalja mh.
UL – Üllő [23]
HBP – Hosszúberek-Péteri mh.
MH – Monor [24]
MHE – Monori erdő mh.
P – Pilis [25]
AL – Albertirsa [26]
BCB – Ceglédbercel mh
BC – Ceglédbercel-Cserő [27]
BUT – Budai út mh.
CV – Cegléd [28]
ABE – Abonyi elágazás
NSE – Nyársapáti elágazás
AB – Abony [29]
SLA – Szolnoki A elágazás
SLB – Szolnoki B elágazás
SLP – Paládicspusztai elágazás
SL – Szolnok [31]
SR – Szolnok rendezőpályaudvar
SLE – Szolnok E elágazás
SJ – Szajol [32]
TSE – Törökszentmiklósi elágazás
TS – Törökszentmiklós

3. számú melléklet

Vonat kódok [9]:

ICE – Intercity rapid (InterCity Expressz)
IC/EC – InterCity, EuroCity
IR/D – Gyorsvonat, expresszvonat, Euronight, CityNightLine (InterRegio)
RE/RB – (Regionális) személyvonat (Regional Express, RegionalBahn)
ICg/Sg – Tehervonat, postavonat, Express-Cargo, TransEuroCombi(TEC), InterCargo (InterCargo)
LZ – Mozdonyvonat (Locomotive-Zug)
Ng – Regionális tehervonatok, Regional-Cargo-Zug
Dsts – Különleges vonatok, javító-szerelvények, speciális szerelvényvonatok (műhelybe)

4. számú melléklet

Terheléses vizsgálatok vonatjai

Sorsz.	Típus	Vmax	Tömeg	Hossz	Jármű	Start	Cél
1	RE/RB	100	366	188	8	PV	SL
2	RE/RB	100	366	188	8	PV	SL
3	IR/D	120	366	188	8	PV	SL
4	RE/RB	100	366	188	8	PV	SL
5	IC/EC	120	366	188	8	PV	SL
6	IR/D	120	366	188	8	PV	SL
7	ICG/Sg	75	2200	596	37	PV	SL
8	IR/D	100	366	188	8	PV	SL
9	RE/RB	100	366	188	8	PV	SL
10	IR/D	100	366	188	8	PV	SL
11	Lz	100	80	20	1	PV	SL
12	ICG/Sg	100	1350	372	23	PV	SL
13	IR/D	100	366	188	8	PV	SL
14	RE/RB	100	366	188	8	PV	SL
15	ICG/Sg	60	2200	596	37	PV	SL
16	ICG/Sg	75	2200	596	37	PV	SL
17	RE/RB	100	366	188	8	PV	SL
18	RE/RB	100	366	188	8	PV	SL
19	IR/D	120	366	188	8	PV	SL
20	IC/EC	120	366	188	8	PV	SL
21	ICG/Sg	90	1750	484	30	PV	SL
22	RE/RB	100	366	188	8	PV	SL
23	IR/D	120	366	188	8	PV	SL
24	RE/RB	100	366	188	8	PV	SL
25	IR/D	120	366	188	8	PV	SL
26	ICG/Sg	60	2200	596	37	PV	SL
27	RE/RB	100	366	188	8	PV	SL
28	IC/EC	120	366	188	8	PV	SL
29	RE/RB	100	366	188	8	PV	SL
30	IC/EC	120	366	188	8	PV	SL
31	IR/D	120	366	188	8	PV	SL
32	RE/RB	100	366	188	8	PV	SL
33	RE/RB	100	366	188	8	PV	SL
34	IR/D	120	366	188	8	PV	SL
35	RE/RB	100	366	188	8	PV	SL
36	IC/EC	120	366	188	8	PV	SL
37	IR/D	120	366	188	8	PV	SL
38	ICG/Sg	75	2200	596	37	PV	SL
39	IR/D	100	366	188	8	PV	SL
40	RE/RB	100	366	188	8	PV	SL
41	IR/D	100	366	188	8	PV	SL
42	Lz	100	80	20	1	PV	SL
43	ICG/Sg	100	1350	372	23	PV	SL
44	IR/D	100	366	188	8	PV	SL
45	RE/RB	100	366	188	8	PV	SL
46	ICG/Sg	60	2200	596	37	PV	SL
47	ICG/Sg	75	2200	596	37	PV	SL
48	RE/RB	100	366	188	8	PV	SL
49	RE/RB	100	366	188	8	PV	SL
50	IR/D	120	366	188	8	PV	SL
51	IC/EC	120	366	188	8	PV	SL

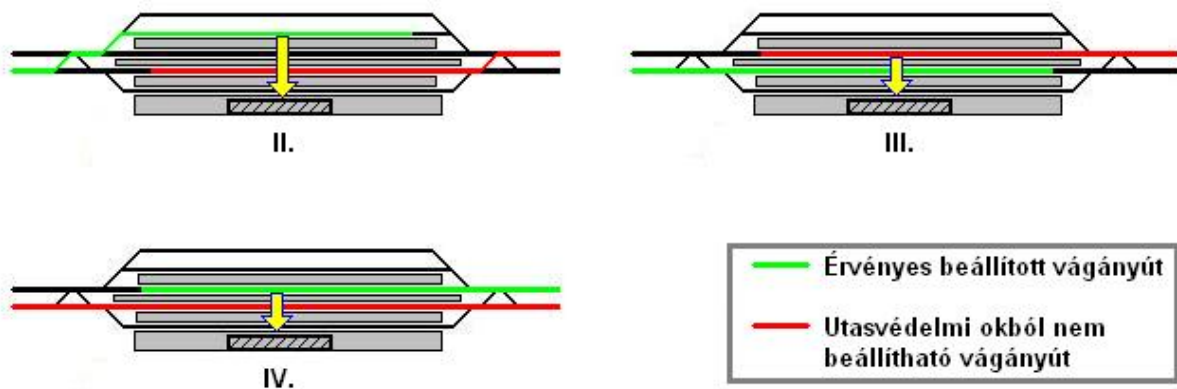
Sorsz.	Típus	Vmax	Tömeg	Hossz	Jármű	Start	Cél
001	IR/D	120	366	188	8	SL	PV
002	RE/RB	100	366	188	8	SL	PV
003	IR/D	120	366	188	8	SL	PV
004	IR/D	120	366	188	8	SL	PV
005	ICG/Sg	75	2200	596	37	SL	PV
006	IR/D	100	366	188	8	SL	PV
007	RE/RB	100	366	188	8	SL	PV
008	ICG/Sg	90	1750	484	30	SL	PV
009	IR/D	100	366	188	8	SL	PV
010	Lz	100	80	20	1	SL	PV
011	ICG/Sg	100	1350	372	23	SL	PV
012	ICG/Sg	75	2200	596	37	SL	PV
013	RE/RB	100	366	188	8	SL	PV
014	IR/D	100	366	188	8	SL	PV
015	RE/RB	100	366	188	8	SL	PV
016	RE/RB	100	366	188	8	SL	PV
017	IR/D	100	366	188	8	SL	PV
018	ICG/Sg	90	1750	484	30	SL	PV
019	IC/EC	120	366	188	8	SL	PV
020	IR/D	100	366	188	8	SL	PV
021	IR/D	100	366	188	8	SL	PV
022	RE/RB	100	366	188	8	SL	PV
023	ICG/Sg	75	2200	596	37	SL	PV
024	IC/EC	120	366	188	8	SL	PV
025	RE/RB	100	366	188	8	SL	PV
026	ICG/Sg	90	1750	484	30	SL	PV
027	IR/D	120	366	188	8	SL	PV
028	RE/RB	100	366	188	8	SL	PV
029	IC/EC	120	366	188	8	SL	PV
030	IR/D	120	366	188	8	SL	PV
031	ICG/Sg	100	1350	372	23	SL	PV
032	IR/D	120	366	188	8	SL	PV
033	RE/RB	100	366	188	8	SL	PV
034	IR/D	120	366	188	8	SL	PV
035	IR/D	120	366	188	8	SL	PV
036	ICG/Sg	75	2200	596	37	SL	PV
037	IR/D	100	366	188	8	SL	PV
038	RE/RB	100	366	188	8	SL	PV
039	ICG/Sg	90	1750	484	30	SL	PV
040	IR/D	100	366	188	8	SL	PV
041	Lz	100	80	20	1	SL	PV
042	ICG/Sg	100	1350	372	23	SL	PV
043	ICG/Sg	75	2200	596	37	SL	PV
044	RE/RB	100	366	188	8	SL	PV
045	IR/D	100	366	188	8	SL	PV
046	RE/RB	100	366	188	8	SL	PV
047	RE/RB	100	366	188	8	SL	PV
048	IR/D	100	366	188	8	SL	PV
049	ICG/Sg	90	1750	484	30	SL	PV
050	IC/EC	120	366	188	8	SL	PV
051	IR/D	100	366	188	8	SL	PV

5. számú melléklet

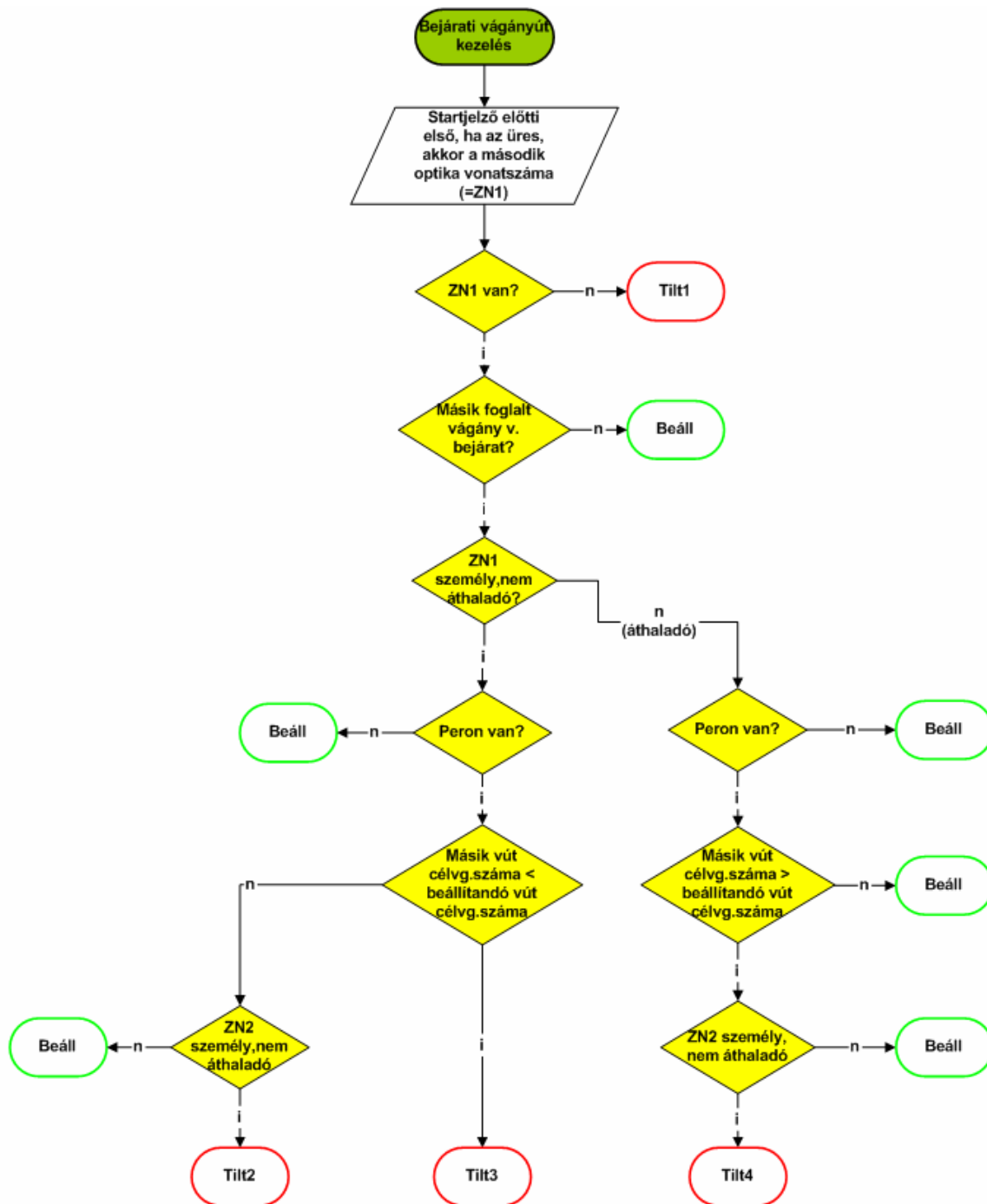
Az utasvédelem

Az utasvédelem modellezéséhez külön algoritmus áll rendelkezésre a szimulátorban, mely minden állomásra külön (is) aktivizálható (**II. ábra**).

Az utasvédelmi logika négy esetben tiltja meg a vágányútállítást (**I. ábra**). Ez a négy eset van a II. ábrán „Tilt” jelöléssel ábrázolva. Az első esetben a túl korai vágányútállítás miatt nem engedi az utasítást végrehajtani. A második esetben egy állomásra behaladni és ott megállni akaró személyvonat vágányútja nem állhat be azért, mert egy magasabb számú vágányra már érvényes vágányútja van egy szintén megállni kívánó személyvonatnak, aminek leszálló utasait védi a logika. A harmadik esetben szintén egy állomásra behaladni és ott megállni akaró személyvonat vágányútja nem állhat be azért, mert közé és az állomás közé egy másik vonatnak már van érvényes vágányútja. Itt a magasabb számú vágányra érkező személyvonat utasait védjük. A negyedik esetben az állítani kívánt vágányút egy áthaladó vonaté, mely egy beérkező és megálló személyvonat és az állomásépület közötti áthaladásával veszélyeztetné az utasokat.



I. ábra – Utasvédelmi vágányút kizárások



Edited with MS Visio 2002 Pro

II. ábra – Utasvédelmi logika egyszerűsített ábrája

Irodalomjegyzék

- [1] Vasúti technika kézikönyve I-II. Műszaki könyvkiadó
- [2] Pachl, J.: Systemtechnik des Schienenverkehrs, B.G. Teubner Stuttgart-Leipzig, 1999.
- [3] Mücke, W.: Betriebsleittechnik im öffentlichen Verkehr, Edition Signal + Draht, 2001.
- [4] Osburg, J.: Untersuchung des Leistungsverhaltens beliebiger Signaltechniken, Signal + Draht, 2002/2.
- [5] Dobrosi, A., Molnár, G., Parádi, F.: Forgalmi, technológiai tervek vizsgálata szimuláció segítségével, különös tekintettel az infrastruktúra kapacitásra, Vezetékek világa, 2001/4.
- [6] Parádi, F., Harder, V.: BEST-Betriebs- und Stellwerkssimulation als Planungs- und Projektierungshilfsmittel für ESTW, Signal + Draht, 1997, Heft 6.
- [7] Parádi, F.: Eine neue Methode der Echtzeitsimulation zur Transportprozess-Modellierung mit Hilfe des Digitalrechners. ETR, 1993, Heft 12.
- [8] Berger, J., Bozsóki, Z., Molnár, G., Parádi, F., Szilva, P. E.: Multifunctional simulation system for Austrian Railways, ITEC2000, Den Haag, 12.April 2000
- [9] [Http://home.arcor.de/bahnseite/zugg02.html](http://home.arcor.de/bahnseite/zugg02.html)