



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI ÉS JÁRMŰMÉRNÖKI KAR  
KÖZLEKEDÉS- ÉS JÁRMŰIRÁNYÍTÁSI TANSZÉK

# DIPLOMATERV

Optimalizálási feladatok megoldása vasúti  
biztosítóberendezések tervezése során

*Boldis Bálint*  
*A35MRR*

2018

## Absztrakt

A vasúti biztosítóberendezések tervezése során a függőségi táblázatok, tervek előállítása hagyományosan manuális módszerekkel történik. A manuális tervezés időigényessége és pontatlansága miatt merült fel az igény az olyan tervezőeszközök bevezetésére, mint a Bi-Logik Kft. „FEDIT” nevű programja. Bár a program képes a függőségi tervek előállítására, bizonyos optimalizálási feladatok megoldása – egységes tervezési irányelvek és módszertan hiányában – továbbra is manuálisan történik. A dolgozat célja két, jelenleg még egyedi tervezést igénylő funkció algoritmizálásának megoldása.

Az első feladat az alapvágányút-meghatározás automatizálása. A vágányútváltozatok rangsorolására két eltérő megközelítést alkalmazó módszer képezi a vizsgálatok tárgyát. A dolgozat javaslatot tesz az útvonalak összehasonlításánál alkalmazandó alapirány-kiválasztási szempontokra is. Ezen felül bemutatásra kerülnek az összetett vágányutakhoz és tolatóvágányutakhoz kapcsolódó sajátosságok, illetve a kerülőgomb-elhelyezés automatizálásának egy lehetséges módszertana is.

A második fő témakör a megcsúszások optimalizálása, azaz a megcsúszási függőségek olyan „átrendezése”, amely lehető legkevesebb felesleges megkötés mellett biztosítja valamennyi veszélyes menet kizárását. Első lépésben a megcsúszási célpontok átrendezése történik meg olyan módon, amely a lehető legkevesebb említett megkötést eredményezi. Második lépésben annak módszere kerül bemutatásra, hogy megcsúszási oldalvédelmek előírásával hogyan lehet ötvözni a megcsúszási vágányutak és a megcsúszási távolságok előnyeit.

**Kulcsszavak:** *vasúti biztosítóberendezések, tervezés, optimalizálás, algoritmus, alapvágányút, kerülővágányút, megcsúszás*

**Tanszéki konzulens:** Farkas Balázs

**Ipari konzulens:** Székely Béla, Bi-Logik Kft.

# Tartalom

1. Bevezető.....	5
2. Elméleti háttér.....	6
2.1. Vasúti biztosítóberendezések tervezésének alapjai.....	6
2.1.1. Berendezés szerkesztési elvek.....	6
2.1.2. Függőségi tervek.....	10
2.2. Alap- és kerülővágányutak.....	14
2.2.1. Alap- és kerülővágányutak elmélete.....	15
2.2.2. Az alapirány-meghatározás általános szempontjai.....	16
2.2.3. Kerülővágányutak kizárásának megvalósítása egyes berendezéstípusok esetén.....	20
2.3. Megcsúszások.....	26
2.3.1. Megcsúszások elmélete.....	27
2.3.2. Megcsúszás-optimalizálási alapelvek.....	31
2.3.3. Megcsúszások kezelése egyes berendezéstípusok esetén.....	35
2.4. A FEDIT tervezőeszköz.....	39
2.4.1. Objektumok.....	40
2.4.2. Függőségi tervek előállítása.....	44
2.4.3. Kerülővágányutak kezelése.....	46
2.4.4. Megcsúszás-optimalizálás.....	48
3. Optimalizálási feladatok megoldása.....	49
3.1. Alapvágányút-keresés automatizálása.....	49
3.1.1. Vágányútváltozatok rangsorolása.....	49
3.1.2. Kerülőgombok elhelyezésének optimalizálása.....	62
3.1.3. Összetett vágányutak sajátosságai.....	69
3.1.4. Tolatévágányutak sajátosságai.....	74

3.2. Megcsúszások optimalizálásának módszertana.....	76
3.2.1. Általános megfontolások.....	76
3.2.2. Megcsúszási célok áthelyezése.....	77
3.2.3. Optimalizálás oldalvédelem segítségével.....	82
4. Összefoglalás.....	88
5. Ábrajegyzék.....	89
6. Táblázatjegyzék.....	91
7. Felhasznált irodalom.....	92
8. Mellékletek.....	94

# 1. Bevezető

A vasúti biztosítóberendezések tervezése során a függőségi táblázatok, tervek előállítása hagyományosan manuális módszerekkel történik. A manuális tervezés azonban a bonyolultabb vágányhálózati topológiák esetében meglehetősen időigényes, és sok hibalehetőséget rejt magában. Különösen igaz ez a táblázatos szerkesztési elvű biztosítóberendezések tervezésére, ahol a függőségi táblázatok átlátása nagyobb vágányhálózatok esetén igen nehézkes.

Az említett nehézségek miatt felmerült az igény a manuális tervezés segítségét, helyettesítését célzó tervezőeszközök rendszeresítésére. Ezek a tervezőeszközök képesek lehetnek számos tervezési lépés kiváltására, akár a függőségi tervek teljesen automatikus generálására a vágányhálózati topológia ismeretében. Ilyen tervezőeszköz a Bi-Logik Kft. „FEDIT” nevű programja is, amely számos manuális tervezési lépést kiváltva, a vágányhálózatot leképező objektum-kapcsolatrendszerből képes a különböző táblázatos és grafikus függőségi tervek előállításra. A program azonban néhány funkciójának megfelelő működéséhez bizonyos esetekben továbbra is igényel manuális projektálási teendőket.

Az első komolyabb manuális tervezést igénylő feladat az alapvágányutak és kerülővágányutak meghatározása, a megengedett útvonalak projektálása különböző útvonalkizárások segítségével. A dolgozat egyik fő célja egy, az alapvágányutak kijelölését és a kerülőútvonalak rangsorolását automatikusan megvalósítani képes algoritmus megalkotása. Az algoritmus képes felfedezni a nem egyértelmű útvonalakat, és a jelenleg a manuális tervezésnél alkalmazott optimum-kritériumokat figyelembe véve képes felállítani egy rangsort az egyes vágányútváltozatok között.

A másik fő feladat, amely jelenleg nagymértékű manuális tervezési ráfordítást igényel, a megcsúszások optimalizálása, azaz a megcsúszási függőségek olyan „átrendezése”, amely valamennyi szükséges kizárás biztosítása mellett a lehető legkevesebb megkötést (nem feltétlenül szükséges menetkizárások, váltólezárások) eredményezi. A FEDIT eszköz jelenleg alapszinten képes elvégezni a megcsúszások optimalizálását, azonban még nem a kellő mértékben fedi le az előforduló eseteket. A dolgozatban egy olyan, a megcsúszások optimalizálására alkalmas algoritmus kerül kidolgozásra, mely általánosan alkalmazható.

Az ismertetett algoritmusok elősorban a tervezés automatizálását segíthetik, de akár manuális tervezés támogatására is alkalmasak lehetnek. A bemutatott módszerek elősorban elektronikus berendezések függőségi terveinek előállításához nyújtanak segítséget.

A dolgozat mellékleteként megtalálhatóak az egyes algoritmusokhoz tartozó főbb folyamatábrák, mind az alapvágányútkeresés, mind a megcsúszás optimalizálásához kapcsolódóan. Az algoritmusok nem kapcsolódnak szorosan a FEDIT tervezőeszköz logikájához, azok általános javaslatokat tartalmaznak.

## 2. Elméleti háttér

A két fő témakör, a vágányútváltozatok és megcsúszások optimalizálásának megoldásához figyelembe kell venni a jelenleg alkalmazott manuális tervezési módszereket, szempontokat és esetlegesen a tervezett berendezés sajátosságait is. Ebben a fejezetben – kiváltképp a két fő témakörhöz kapcsolódóan – bemutatásra kerülnek a különböző elméleti megfontolások, jelenlegi tervezési gyakorlatok. A dolgozat elsősorban a hazai követelményekkel, berendezésekkel foglalkozik, olyan funkciókra nem tér ki, melyek a hazai vasutak gyakorlatában nem terjedtek el.

### 2.1. Vasúti biztosítóberendezések tervezésének alapjai

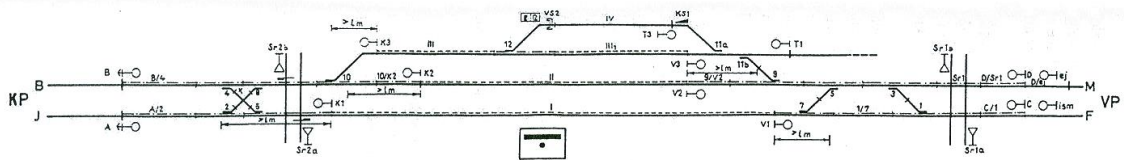
A vasúti biztosítóberendezések tervezésének célja az egyes berendezések adott telepítési helyszínhez kapcsolódó specifikus függőségeinek meghatározása. Az egyes berendezések különböző szerkesztési elveket követhetnek, amik a függőségi rendszer megvalósítását nagyban befolyásolják. A különböző függések kialakítása a függőségi tervek alapján történik.

#### 2.1.1. Berendezés szerkesztési elvek

A biztosítóberendezések a vágányúti logika leképezése alapján két fő csoportra bonthatók: a táblázatos és nyomvonalelves berendezésekre. A táblázatos szerkesztési elven belül is meg lehet különböztetni kaszkád és vágányutas logikájú berendezéseket, azonban előbbi a hazai gyakorlatban nem terjedt el, így csak utóbbi ismertetésére kerül sor.

##### Táblázatos elv

A vágányutas vagy koordinátaelvű logikában két fő táblázatba lehet rendezni a különböző függőségeket. Az elzárási terv sorait az egyes vágányutak alkotják. Minden vágányúthoz hozzá vannak rendelve az érintett és oldalvédelemben lezárandó elemek a lezárás irányával, illetve a behaladási sebességből adódó lehetséges jelzési képek. A menetterv az egymást – akár közvetlenül, akár megcsúszásban – veszélyeztető vágányutak közötti kizárásokat adja meg mátrixszerűen. Két vágányút egyszerű kizárással, azaz az elzárási terv alapján (érintett vagy oldalvédelemben igényelt váltót ellenkező állásában zárnának le) vagy különleges kizárások alapján (egyéb menettervi kizárások) is kizárhatja egymást. (1. ábra) [1]



	KEZDŐPONT				VÉGPONT				JELZÉSI KÉP				
	JOBB		BAL		FŐVONAL		MELLÉKVONAL		⊕	⊙	⊗	⊘	
	BEJÁRAT	KIJÁRAT	BEJÁRAT	KIJÁRAT	BEJÁRAT	KIJÁRAT	BEJÁRAT	KIJÁRAT	⊕	⊙	⊗	⊘	
KEZDŐPONT	JOBB	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III
	BAL	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III
	FŐVONAL	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III
	MELLÉKVONAL	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III

- Menettev**
- Nem lehetséges vágányút
  - Kizárt vágányút
  - Megengedett vágányút
  - Sárga
  - Villógó sárga
  - Zöld

	VÁLTÓK										EGYÉB				VESZÉLYES MEGKÖZELÍTÉST KIZÁRÓ SZAKASZ			
	2	4	6	8	10	12	13	5	7	9	11	a	b	Sr		T1	T2	T3
KEZDŐPONT	JOBB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	BAL	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	FŐVONAL	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	MELLÉKVONAL	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

- Elzárási terv**
- Egyenes } állásban lezárt érintett váltó
  - Kitérő } állásban lezárt védőváltó
  - Egyenes } állásban lezárt védőváltó
  - Kitérő } állásban lezárt védőváltó
  - Sorompó lezárva
  - Kulcsszekrényben rögzített kulcs
  - (Kijárat esetén védőváltóként) lezárt közbelső váltó
- Vágányhálózat**
- 75 Hz-es sínáramkör
  - Sugárzó kábel
  - Kisiklasztó saru
  - Vágányzáró sorompó
  - Külső mérő kulcsszekrény

**1. ábra:** Menettev (balra) és elzárási terv (jobbra) (forrás: [2])

A vágányutas szerkesztési elv jól leképezi a mechanikus biztosítóberendezések működési logikáját: az állítóközponti készülék elzárási szekrényében az elzárási tervi függések, az irodai berendezésben pedig a menetteri kizárások valósulnak meg.

A vágányutas elv a többszöri generációváltás ellenére a mai korszerű elektronikus biztosítóberendezések egy részére is jellemző. Ennek oka, hogy a táblázatos, mátrixszerűen megadott függőségeket a számítógépek könnyen kezelik. Az elektronikus biztosítóberendezések függőségi tervei jellemzően már nem követik az elzárási terv – menetteri kizárások ilyenkor úgy valósulnak meg, hogy ha egy vágányút egy másik által már igénybe vett (lezárt) szakaszt szintén fel kívánna használni, az automatikusan kizárásra kerül. (Az egyszerű, elzárási tervi függőségek megvalósítása változatlan.) Az alap lezárási táblázatok jellemzően csak a vágányutak céljáig terjednek, a célon túli (megcsúszási) függőségeket külön táblázat tartalmazza, ami szorosan kapcsolódik a lezárási táblázathoz, együtt megadva valamennyi menetteri kizárást.

A táblázatos szerkesztési elvű berendezések közé tartoznak a különböző mechanikus biztosítóberendezések, a szabadkapcsolású Integra típusú jelfogós berendezés, vagy a SIMIS IS elektronikus biztosítóberendezés.

A vágányutas logika előnye, hogy a táblázatos függőségeket könnyen le lehet képezni mechanikus, jelfogós vagy elektronikus technológiával is, így egyszerűbb belső logikai felépítést tesznek lehetővé. Ezen felül rugalmasan kezelhetők a különböző egyedi függőségek: tetszőleges elem lezárását vagy menetkizárást hozzá lehet programozni egy vágányúthoz, melyet a berendezés végrehajt.

A táblázatos szerkesztési elvű berendezések manuális tervezése azonban egy bizonyos állomásméret felett meglehetősen nehézkesé válik. A vágányutas elv hátránya, hogy a vágányhálózat növekedésével a függőségi táblázatokat méretüknél fogva már nehezebb átlátni, ami mind a tervezésre, mind a tervek alkalmazására és jóváhagyására negatív hatással van. Emiatt a táblázatos elvű berendezések bővítése, módosítása – különösen nagyobb állomások esetén – körülményes feladat, hiszen a függőségi táblázatokat újra kell generálni, ami gyakorlatilag egyenértékű egy új berendezés tervezésével.

Figyelembe véve azonban, hogy a vágányutas szerkesztési elv – különösen elektronikusan megvalósított függőségi logika esetén – egyszerűbb belső logikai felépítést tesz lehetővé, összetettebb vágányhálózati topológia esetében is megfontolandó ilyen berendezések használata. Ehhez azonban egy megfelelő tervezőeszközre van szükség, amely a vágányhálózat alapján a függőségi táblázatokat képes automatikusan generálni. [3] [4]

## Nyomvonalelv

A táblázatos logika mellett a másik fontos szerkesztési elv a geográfikus vágányúti logika vagy nyomvonalelv. Ebben az esetben nincs egy központi helyen eltárolva az egyes vágányutakhoz tartozóan a különböző elemek kívánt állapota, csupán a tipizált objektumok kapcsolatrendszere adott (2. ábra). A start és cél közötti útvonal és a hozzá tartozó objektumok a kapcsolatrendszer alapján automatikusan megkeresésre kerülnek, a váltók ennek megfelelően fognak a kívánt állásba vezérlődni és lezáródni.

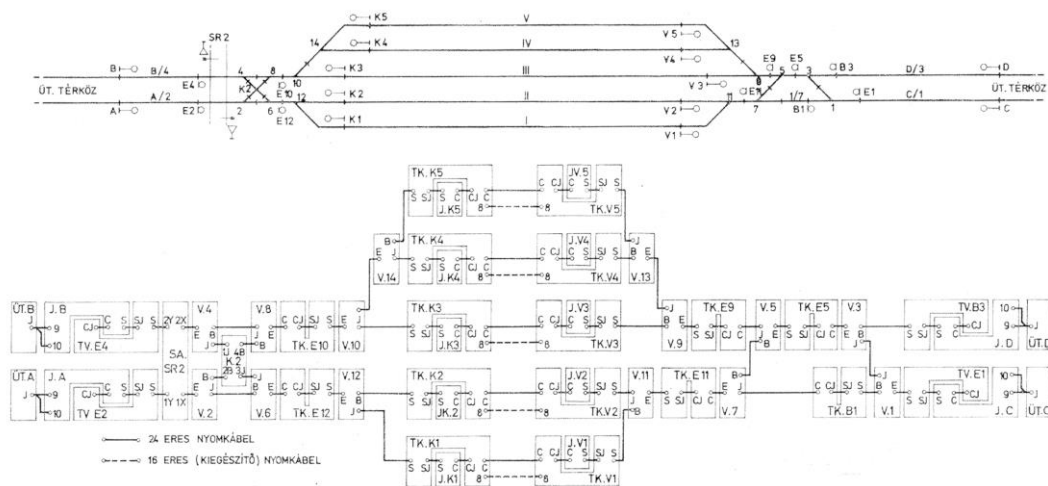
Az oldalvédelmi függőségek sincsenek előre eltárolva, az érintett váltók igénybe nem vett szárai oldalvédelmet adni képes elemet (váltó, kisiklasztó saru, vágányzáró sorompó, jelző stb.) keresnek maguknak a megadott kapcsolatrendszernek megfelelően. A vágányút csak akkor építhető fel, ha a vágányútban érintett és oldalvédelmet kérő elem számára az oldalvédelem nyugtázva lett.

A menettervi függőségek is az elemek kapcsolatrendszerének megfelelően kerülnek megvalósításra. A vágányutak a start és cél között megtalált objektumokat lefoglalják (lezárják) maguknak. Két vágányút kizárja egymást, ha egy elemet mindkettő igénybe vennének, vagy egy oldalvédelmi elemet különböző állásban használnának. Amennyiben a start és cél közötti valamennyi objektum lezárása megtörtént, a teljes vágányút is rögzítésre kerül.



A nyomvonalalves berendezések esetén az objektumok önálló belső logika szerint, autonóm módon működnek. Minden objektumtípus belső logikáját előre definiálni kell, pl. hogy viselkedjen oldalvédelmi kérés érkezésekor, milyen útvonalban milyen állást vegyen fel, mikor legyen feloldható, stb. Ennek következménye, hogy a nyomvonalalves berendezésekben egyedi függőségek megadása nehezebb, hiszen a vágányút felépítés-feloldás folyamata az objektumok belső logikája alapján kötött, az csak körülményesen módosítható. A geografikus szerkesztési elv hátránya, hogy elektronikus biztosítóberendezések belső logikájával az egyszerű táblázatos leírásnál nehezebben kezelhető, az elemek kapcsolatrendszerének és az objektumok belső logikájának megfelelő működést kell biztosítani, szemben a táblázatos logika egyszerű mátrix alapú kizáráslistájával. Az elemek belső logikájára vonatkozó előírások vasutanként eltérhetnek, ami nagyméretű implementációs feladatot jelent.

Nyomvonalalves logika mentén épül fel a Dominó 70 típusú jelfogós berendezés, illetve az Elektra típusú elektronikus berendezések különböző generációi.



**2. ábra:** Jelfogóegységek közötti geografikus nyomkábelezés (D70) (forrás: [5])

A nyomvonalas szerkesztési elv azonban a táblázatos elvvel szemben nagyméretű vágányhálózat esetén is könnyen kezelhető, a vágányhálózati topológiának megfelelően lépcsőzetesen építhető fel a teljes kapcsolatrendszer. A geografikus logika további előnye, hogy a biztosítóberendezési függőségek a vágányhálózat változásait rugalmasan képesek lekövetni, a berendezés tetszőlegesen bővíthető. [3] [4]

A vágányutas (táblázatos) és nyomvonalas szerkesztési elvek tulajdonságait az 1. táblázat mutatja be.

**1. táblázat:** Berendezés szerkesztési elvek összehasonlítása tervezési szempontból

Szerkesztési elv	Előny	Hátrány
<b>Vágányutas</b>	+ egyszerűen leképezhető, mátrixszerű belső logika; + rugalmasan tervezhető egyedi függőségek	- bizonyos méretű vágányhálózat tervezése esetén nehezen átlátható táblázatok; - a bővítése teljes újratervezést igényelhet
<b>Nyomvonalas</b>	+ vágányhálózat méretétől függetlenül, rugalmasan tervezhető; + rugalmasan bővíthető	- az objektumok bonyolult, nehezen leképezhető belső logikát igényelnek; - rendszeridegen egyedi függőségek

### 2.1.2. Függőségi tervek

A vasúti biztosítóberendezések tervezése az előtervek elkészítésével kezdődik. Az előtervek tartalmazzák mindazon, az adott telepítési helyszíntől függő követelményeket, melyeket a berendezéssel szemben támasztanak. Az előtervek alapján történik a berendezés jóváhagyása, a részletes tervezés ezután kezdődhet meg.

Az előtervek a következő fő részekből épülnek fel:

- a vágányhálózat léptékhelyes helyszínrajza;
- a vágányhálózat torz helyszínrajza;
- a berendezés függőségi tervei;
- a berendezés kezelőfelületének tervrajza;
- a berendezés műszaki leírása.

A biztosítóberendezés működési logikájának leírását a különböző függőségi tervek tartalmazzák. [2]

A következőkben elsősorban az elektronikus berendezések tervezéséhez szükséges függőségi tervek tartalma kerül bemutatásra.

## Táblázatos függőségi tervek

Elektronikus biztosítóberendezések esetén már nem jellemző az elzárási terv-menet-terv (lásd: 2.1.1.) alapján felépülő kettős függőségi rendszer, helyettük egy lezárási táblázat (2. táblázat) látja el ugyanazokat a feladatokat. A lezárási tervben az elzárási tervhez hasonlóan valamennyi lehetséges vágányút tételesen fel van sorolva. A táblázat első részében az érintett és védőállapotban lezárandó váltók (ill. egyéb oldalvédelmet adó elemek) a lezárás irányával vannak feltüntetve. Emellett minden lehetséges vágányúthoz meg vannak határozva mind az igénybe veendő, mind az oldalvédelemben ellenőrizendő foglaltsági szakaszok is.

Ezen felül minden vágányúthoz hozzá vannak rendelve az oldalvédelemben lezárandó, valamint a célkizárást igénylő jelzők is. A vágányút felépülésekor a startjelzőn lehetséges jelzési fogalmak is szerepelnek a táblázatban.

A lezárási táblázat alapján az egymást veszélyeztető menetek úgy állapíthatók meg, hogy ha két vágányút ugyanazon elem (pl. váltó vagy jelző) különböző állapotát igényelné, vagy közös szakaszt venne igénybe, akkor kölcsönösen kizárják egymást.

**2. táblázat:** A lezárási táblázat egy részlete (SIMIS IS) *(forrás: [7])*

Start start	Cél destination	Kerülő vágányút deviation	Isiklasztó saruk points.				Tengelyszámlálás szakaszok axle counter													
			2	4	6	8	2	4	6	8	A/4	B/2	2/8	C/6	D/8	FEBT1	FEJT1	FABT1	FAJT1	
A	cC	-	Bo	B	J	Jo	-	Fl	Fl	-	Fl	-	-	Fl	-	-	-	-	-	Fl
A	cD	-	BoK	B	B	B	Fo	Fl	Fl	Fl	Fl	Fo	Fo	Fo	Fo	Fl	-	-	-	Fl
B	cC	-	J	J	J	JoK	Fl	Fl	Fl	Fo	Fo	Fl	Fo	Fl	Fo	-	-	-	-	Fl
B	cD	-	B	Bo	Jo	J	Fl	-	-	Fl	-	Fl	Fl	-	Fl	-	-	-	-	Fl
B	cD	(4/8)	Jo;J	J	B	Bo;B	Fl	Fl	Fl	Fl	Fo	Fl	Fo	Fo	Fl	-	-	-	-	Fl
C	cA	-	Bo	B	J	Jo	-	Fl	Fl	-	Fl	-	-	Fl	-	-	-	-	-	Fl
C	cB	-	J	J	J	JoK	Fl	Fl	Fl	Fo	Fo	Fl	Fo	Fl	Fo	Fl	-	-	-	-
D	cA	-	BoK	B	B	B	Fo	Fl	Fl	Fl	Fl	Fo	Fo	Fo	Fl	-	-	-	-	Fl
D	cB	-	B	Bo	Jo	J	Fl	-	-	Fl	-	Fl	Fl	-	Fl	Fl	-	-	-	-
D	cB	(4/8)	Jo;J	J	B	Bo;B	Fl	Fl	Fl	Fl	Fo	Fl	Fo	Fo	Fl	Fl	-	-	-	-

Számolni kell azzal a lehetőséggel, hogy a menet a céljelző előtt valamilyen oknál fogva pontosan megállni nem képes, a jelzőn túl fog csúszni. Emiatt a céljelzőn túl is biztosítani kell a szabad utat egy megadott hosszon, az ún. indirekt (megcsúszó menet általi) veszélyeztetés kezelése érdekében. [6] A megcsúszási függőségek hagyományosan a menetterv részei, elektronikus berendezések esetén azonban külön függőségi táblában szerepelnek.

A megcsúszási függőségeket tartalmazó táblázat a lezárási tábla kiegészítéseként értelmezhető. A megcsúszási táblázatokban szerepeltetni kell, hogy az adott célponthoz vezető vágányutak a céljelzőt követően milyen objektumokat milyen állásban zárjanak le (akár megcsúszásban érintett, akár védelmet adó objektum), illetve milyen szakaszok igénybevételével kell számolni. Vonatvágányutak esetén jellemzően a célt követő első szakasz foglaltságát is ellenőrizni kell.

A lezárási táblázat vágányútjaihoz azok célpontjainak megfelelő megcsúszási függőségeit hozzá lehet rendelni, ezzel megadhatóak az indirekt veszélyeztetés miatt kizárt menetek is. A lezárási tervet a megcsúszási függőségekkel kiegészítve tehát megadható valamennyi menettervi kizárás. A megcsúszásokkal bővebben a 2.3. fejezet foglalkozik.

Szintén a lezárási táblázat kiegészítése az ún. kettősterelő váltók táblázata. Előfordul ugyanis, hogy egy váltó mindkét állásában képes oldalvédelmet adni egy-egy menet számára, így a védett menetek függőségei között a váltó eltérő irányú lezárása van előírva. Ha azonban egy adott váltó egy irányban már oldalvédelemben le lett zárva, a terelőirányból érkező oldalvédelmi kérésnek nem tud eleget tenni. Így, ha a két védelmet kérő menet egyidejű beállíthatóságát biztosítani szükséges, az egyik oldalvédelmi kérést tovább kell adni a váltó csúcsa felé. A kettősterelő váltók függőségei között meg kell határozni, hogy ha kettős oldalvédelmi kérés érkezik, a védelmet mely objektumok tudják átvenni a váltótól. Továbbadott védelmet további váltó védőállása vagy jelző oldalvédelemben való lezárása nyújthat.

Ha a két irányból érkező oldalvédelmi kérés más-más vágányúttól származik, a váltó valódi kettősterelő, ha ugyanazon vágányúttól származik a kérés, a váltó ún. saját kettősterelő. Szükség esetén tervezhető, hogy a váltó az egyik irányból érkező kérésnek feltétel nélkül eleget tegyen, akár úgyis, hogy az alárendelt irányból érkező kérést minden esetben tovább is adja. Utóbbi esetben a váltó funkcionálisan nem kettősterelő, mert csak egyik irányban adhat oldalvédelmet.

Az egyszerű vágányutak mellett meg vannak adva az összetett vágányutakra vonatkozó függőségek is. Az összetett vágányutak táblázatában szerepelnek az olyan start-cél relációk, amelyek közbenső jelző érintése nélkül nem, de több egyszerű vágányútból folytatólagosan felépíthetők.

Egy startjelző-céljelző párhoz csak egy összetett útvonal tartozhat, amelyik a start-cél kezelés hatására alapértelmezetten beáll. A táblázatban szerepel(nek) az érintett közbenső céljelző(k), amely(ek)en át az összetett vágányút felépül. Az érintett jelzők között mindig az alapvágányút áll be. A táblázat nem hordoz biztonságreleváns információkat, valamennyi ilyen függőség az érintett jelzők közötti egyszerű vágányutakhoz van hozzárendelve.

További függőségi táblák vannak fenntartva a kényszeroldás közelítési szakaszok, a váltók függőségei (közbezárás-kizárás, ráfutási függőség, sorrendi függőségek), az ön-működő jelzőüzem beállításai, és az állomási (valamint állomási indítású vonali) sorompók számára. [7]

## Grafikus függőségi terv

A lezárási táblázat (azaz ugyan így az elzárási és menetterv) függőségeit grafikus módon is meg lehet adni. A grafikus terven (3. ábra) az egyes objektumok a torz helyszínrajznak megfelelő elrendezéssel szerepelnek. A jelzők stilizált nyomógomb-szimbólumokként jelennek meg (főjelző: 1, tolatásjelző: 5, egyesített: 9), a rajzon szerepelnek a kerülőgombok is (10). A főjelzőkhöz tartozó startpontokat (2) a jelzőszimbólumok után, a célokat (3) azok előtt kirajzolt teli háromszögek jelentik, a fiktív vonatcélok jelzőszimbólum nélkül szerepelnek (4). A tolatóstartokat (6), -célokat (7) és fiktív célokat (8) hasonlóan, de teli háromszög helyett üres nyílhegygel kell jelölni.

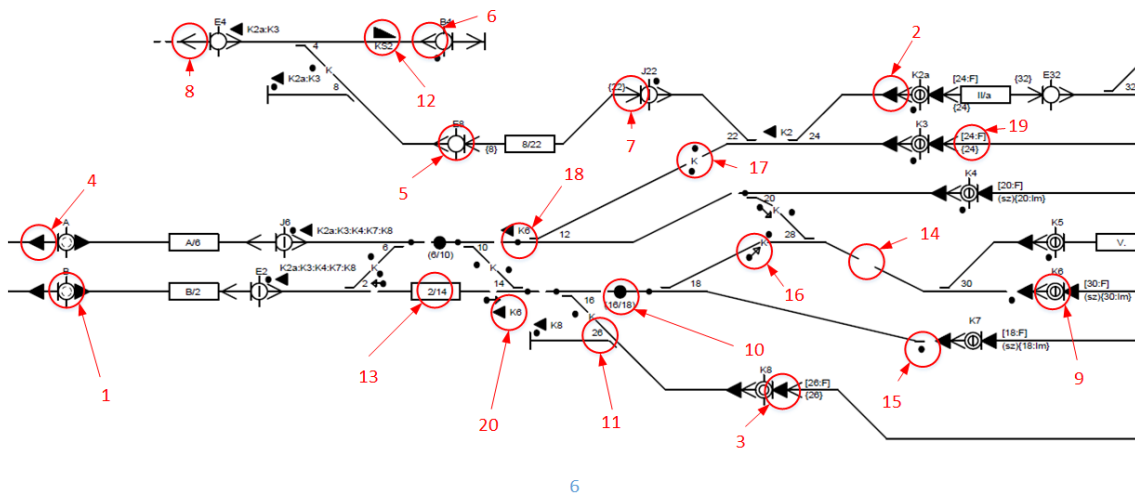
A foglaltsági szakaszok (vágányszakasz: 13, váltó: 11) határán szakadás látható (14). Ha egy foglaltsági szakaszhatár egy jelzővel egybeesik, azt a jelzőszimbólum két oldalán elhelyezett „szárnyacska” jelöli (5).

A rajzon meg vannak jelenítve az oldalvédelmi sávhatárok. Valamennyi váltó esetén, ha menetben lezárásra kerül, a nem érintett szárán az oldalvédelem-keresés a sávhatárponttal (15) megjelölt szakaszhatárig terjed. Amennyiben a védelemkeresés irányában abszolút oldalvédelmet adni képes váltó (vagy egyéb objektum, pl. kisiklasztó saru: 12) található, a sávhatár a védőváltó védett szárához van helyezve, ez egyben jelöli a védett állásban való lezárás szükségét. Az oldalvédelem továbbadásának lehetőségét a sávhatárt jelző ponthoz rajzolt nyíllal szokás jelölni (16). Ennek jelentése, hogy amennyiben a váltó a nyíllal jelölttől eltérő állásban van lezárva, a védelemkeresés a váltócsúcs felé továbbadásra kerül.

Az oldalvédelmet adni képes főjelzők és tolatásjelzők (fényvédelem) is meg vannak jelölve, ez a jelzőszimbólumban a vágányra merőlegesen kirajzolt rövid szakasszal történik (9).

A grafikus függőségi terv a megcsúszásokat is megjeleníti. Megcsúszási vágányutak esetén a céljelzőkhöz tartozó megcsúszási célok nyílhegygel (20), megcsúszási távolság esetén az igénybe vett elemek (esetlegesen lezárni kívánt váltók) felsorolásszerűen vannak feltüntetve (19).

A váltókhöz tartozó függőségek közül a közbezárás-kizárást az érintett vágánykapcsolatba elhelyezett K-betű jelöli (17), a ráfutási függésre a ráfutásihossz-hiányos váltó szárára helyezett kör utal (18).



**3. ábra:** Grafikus függőségi terv részlete (forrás: [7])

A lezárási tervi függések a grafikus tervről kiolvashatók: a bejárt útvonalban érintett elemek megfelelő állásban való lezárását kell feltételezni, az oldalvédelmi sávhatarpon-  
tok és a feltüntetett fényvédelmi függések alapján az oldalvédelmi lezárásokkal kiege-  
szítve. A menetrevi függések a startnyilak és célnyilak között kijelölhető vágányutak  
segítségével olvashatók ki. Ha két kijelölt útvonal egymást érinti, átfedi vagy keresztezi,  
a vágányutak kizárják egymást. Megcsúszási vágányuk esetén a célnyíl helyett a megcsú-  
szási célt kell figyelembe venni, megcsúszási távolságnál pedig a feltüntetett igénybe vett  
elemeken haladó valamennyi vágányút kizárásra kerül (ideértve a megcsúszások kölcsö-  
nös kizárását). [7]

## 2.2. Alap- és kerülővágányutak

Már kevésbé összetett vágányhálózatok esetén is jellemző, hogy adott startponttól  
adott célpontig nem egyértelmű a bejárando útvonal, több lehetséges vágányút is elkép-  
zelhető. Tipikus példa a kétvágányú pályán alkalmazott egymást követő két egyszerű vá-  
gánykapcsolat esete: az azonos vágányban egymás felé gyökkel álló váltók között két  
útvonal – egy egyenes, és egy kitéró irányokban járt – lehetséges (4. ábra). Két váltó  
közötti két lehetséges változati vágányút által meghatározott (gráfelméletileg értelmezett)  
„körre” az egyszerűség kedvéért a továbbiakban a „teknő” megnevezés használatos, füg-  
getlenül a topológia-részlet tényleges alakjától (rombusz, trapéz stb.). A vágányhálózat  
növekedésével, a váltókörzetek bonyolultságának fokozódásával a hasonló, nem egyér-  
telmű start-cél hozzárendelések megsokszorozódnak.



**4. ábra:** Egyszerű vágánykapcsolatok alkotta elemi „teknő”

### 2.2.1. Alap- és kerülővágányutak elmélete

Alapelv, hogy valamennyi lehetséges startjelző-céljelző kombinációhoz tartozzon egy olyan vágányút, amely minden esetben, alapértelmezettként beáll. Amennyiben tehát a kezelő értelmes (összertartozó) start-cél kijelölést végez, és semmilyen egyéb beavatkozást nem hajt végre, mindig ez az ún. alap- vagy kitüntetett vágányút fog felépülni.

A jelfogós és elektronikus biztosítóberendezések, illetve a hozzájuk tartozó kezelőfelületek jellemzően alkalmasak arra, hogy az alapiránytól eltérő, más lehetséges útvonalon is felépíthető legyen vágányút (ezt szokás kerülő- vagy változati vágányútnak nevezni). A kerülővágányutak beállíthatósága a biztosítóberendezések alapvető funkcionalitásához tartozik. A forgalom zavartalan lefolyása érdekében pályahiba, vágányzár, váltó nemállíthatósága vagy egyéb műszaki-forgalmi körülmény esetén lehet jelentősége.

A hagyományos, jelfogós berendezésekben jellemzően egy köztes kezeléssel, az ún. kerülőgomb megnyomásával vezérelhető ki változati vágányutak beállítása. A kerülőgombok a vágányhálózati topológia adott pontjain szerepelnek, megnyomásuk esetén a felépülő vágányutat arra kényszerül, hogy a vágányhálózat kerülőgombok által meghatározott pontjait érintse, azaz tulajdonképpen egyfajta közbenső célként működnek.

Annak meghatározása, hogy melyik lehetséges útvonal legyen az alapvágányút, a tervező feladata, a forgalom által támasztott igényeknek megfelelően. A tervezés során minden olyan esetben definiálni kell az alapirányt, ahol a startjelző-céljelző hozzárendelés nem egyértelmű. Ezen felül több, egymásra épülő kerülési lehetőség esetén a változati vágányutak hierarchiájának meghatározása is fontos lehet. Ilyen például az az eset, amikor a kerülőgombtól sem egyértelmű az útvonal a startig vagy célig. Ekkor tulajdonképpen a kerülőgomb és a start/cél között is meg kell határozni egy alapirányt. A tervezésnél arra is ügyelni kell, hogy a kerülőgombok megfelelő helyre kerüljenek, azaz minden lehetséges (vagy beépíteni kívánt) kerülővágányút alapvágányúttól eltérő szakaszán rendelkezésre álljanak. [8] [9]

Az alap- és kerülővágányutak meghatározása jellemzően manuális projektálással történik. Bizonyos állomásméret felett azonban a vágányhálózat már csak nehezen átlátható, így ez a feladat időigényessé válhat, és tervezési hibák forrását is jelentheti. A tervező számára nehézséget jelenthet valamennyi lehetséges start-cél kombináció felismerése, továbbá azon belül az összes kerülési lehetőség meghatározása is körülményes.

Amennyiben valamennyi lehetséges útvonal meghatározásra került, az alapvágányutak kijelölése továbbra sem egyértelmű. Nincs ugyanis egységes szabály az alapirány kiválasztására, a kerülési lehetőségek közti hierarchia felállítására, a kerülőgombok elhelyezésére vonatkozóan. Ezeket jobbra a tervező, a különböző forgalmi igényeket figyelembe véve, egyedileg határozza meg. A vágányhálózat megfelelő tervezése esetén a kertes helyzetek száma redukálható.

Utóbbi körülmények indokolják, hogy az alapvágányutak meghatározása a lehető legnagyobb mértékben automatizálva, egységes elvek mentén történjen. Nagyobb állomások, szolgálati helyek tervezése ezáltal hatékonyabban, pontosabban elvégezhetővé válik.

### 2.2.2. Az alapirány-meghatározás általános szempontjai

Az lehetséges vágányútváltozatok közti sorrend felállításának – ideértve az alapvágányút kiválasztását – nincs egységes módszertana. Ennek ellenére a manuális tervezés során több szempont mérlegelésre kerül, amelyeket egyfajta „ökölszabályként” alkalmaznak. Jelenleg a következő jellemző optimalizálási célok mentén történik az alapvágányutak manuális tervezése:

- a vágányúton lehetőség szerint alkalmazható legnagyobb sebesség;
- a lehető legkevesebb idegen menet kizárása;
- az egyenes irány legkorábbi elérése.

Az egyes szempontok gyakran ellentmondanak egymásnak, egyértelmű hierarchia nincs közöttük, de a gyakorlatban legtöbbször a fenti sorrendiség figyelhető meg. Gyakran az sem egyértelmű, hogy az egyes szempontok alatt milyen esetekben pontosan milyen tartalmat kell vagy szokás érteni.

A vágányútban alkalmazható sebesség szerepe több szempontból fontos:

- a jármű lefékezése-felgyorsítása többlet-energiafelhasználást eredményez;
- a lassabb haladás menetidő-többletet okoz;
- a lassabb haladás a váltókörzet többletfoglaltságát eredményezi, ezzel más menetek kizárását hosszabb ideig fenntartja, a pályakapcaitást rontja;
- a lassabb haladás rendszerint kitérő irányba terelő váltókon, azaz szűk sugarú ívekben történő közlekedést jelent, ami pedig kedvezőtlenül hat egyaránt a pálya és a jármű igénybevételére is.

Míg az energiafelhasználás elsősorban csak a minimumsebesség függvénye, addig a menetidő-többlet, a pályakapacitás és a pályai igénybevétel a tényleges sebességgörbének megfelelően változik.

A vágányútban alkalmazható sebesség, mint optimum szempont, hagyományosan igen egyszerűen kezelhető volt. A startjelzőn mindig a leglassabban járható objektumnak (jellemzően váltó kitérő irányú szára) megfelelő jelzési kép jelenik meg, ezt a vonatnak a váltókörzet végéig érvényesnek kell tekintenie, függetlenül a többi érintett váltó állásától.

Az ETCS vonatbefolyásoló rendszer 2-es szintjének bevezetésével azonban ez a gyakorlat megváltozik. Az ETCS (de ehhez hasonlóan pl. a CBTC rendszerek is) minden objektumon a rajta ténylegesen alkalmazható sebességet kényszeríti ki, figyelembe véve a vonat hosszát is. A járművezetőnek jól működő ETCS berendezés esetén megengedett



az így meghatározott fékgörbe szerint vezetnie, nem szükséges figyelembe vennie a főjelzők sebességjelzési utasításait. Az újfajta megközelítés szerint tehát nem a kritikus objektum határozza meg a vágányút egészére vonatkozó alkalmazható sebességet, hanem minden objektum egyedileg hatással lehet a váltókörzetben ténylegesen figyelembe vendő sebességprofilra.

Az ETCS 2 rendszer várható elterjedésére tekintettel célszerű az optimalizálást a valós sebességviszonyoknak megfelelően végrehajtani. Így egyes vágányutak, melyek a hagyományos rendszerben azonos sebességgel járhatónak voltak tekinthetőek, tovább rangsorolhatóak a szakaszonként/objektumonként alkalmazható sebességek, ezáltal a valódi menetidő szerint.

A következő optimalizálási szempont a kizárt menetek számának minimalizálása, a forgalom minél kisebb zavartatása érdekében. A kizárt vágányutak számának figyelembevételére jellemzően akkor kerül sor, ha a járható sebesség alapján az egyes útvonalváltozatok között nem lehet különbséget tenni.

Ez a kritérium azonban nem egyértelmű, számos aspektusból lehet vizsgálni. Első megközelítésként figyelembe lehet venni az érintett objektumok (jellemzően váltók, átszelések) számát. Jó közelítéssel igaz, hogy minél kevesebb vágányúti elemet érint egy vágányút, annál kevesebb másik menettel kerül konfliktusba. Azonban gyakran egyezik a bejárt objektumok száma, ezáltal nem lehet különbséget tenni, ami a módszer használhatóságát kérdőjelezi meg. Ezen felül természetesen csak becslést ad, számos szituációban épp a több érintett objektumon zárható ki kevesebb menet.

Egy lépesessel finomabb becslést lehet tenni az útvonal-változat saját szakaszán található be- és kilépési lehetőségek megvizsgálásával, azaz a csúccsal és gyökkel álló váltók összehasonlításával. Ez esetben jó közelítés a gyökkel álló váltók számnak szorzata a csúccsal álló váltók számával. Ekkor megadható, hogy a belépési és kilépési pontok hány kombinációjában zárható ki menet, azaz hány különböző vágányút-részlet – amely több különböző vágányúthoz tartozhat – kerülhet konfliktusba a vizsgált útvonallal.

Ez a módszer sem ad azonban pontos értéket, ugyanis ha két váltó gyökkel áll egymás felé, azok, mint be- és kilépési pontok között, nem képzelhető el idegen vágányút-részlet. A pontos számhoz tehát valamennyi, az útvonal-részlet saját szakaszán gyökkel álló váltóhoz összegezni kell, hogy azt hány csúccsal álló váltó követi. Ez a számítás pontosan megadja, hogy hány lehetséges vágányút-részlet kombinációt zár ki a vizsgált útvonal, azonban figyelembe véve, hogy az így képzett egyes vágányút-részletek jelentősen eltérő számú valódi vágányúthoz tartozhatnak, érdemes lehet a kizárt vágányutak valós számát is megvizsgálni.

A kizárt vágányutak valós számának meghatározásakor nehézséget jelent, hogy ebben a fázisban még nem ismert, hogy egy-egy kizárt útvonal alapvágányúthoz, vagy kerülővágányúthoz tartozik-e, így minden vágányút-változatot figyelembe kell venni, ami torzíthatja a végeredményt, esetleg több iterációs lépést kell alkalmazni.

További kérdésként felmerül, hogy tolatóvágányutak is figyelembe veendő-e az útvonalak meghatározáskor. Ennek korlátját az jelenti, hogy egyes tolatóvágányutak egyik útvonalon összetett vágányútként állíthatóak be, míg másik útvonalon közvetlen kapcsolat építhető fel két tolatóvágányút között. Ebből kifolyólag a kizárt tolatóvágányutak pontos száma nehezen meghatározható.

A kizárt vágányutak számának meghatározásához nem szükséges az útvonalváltozat önálló szakaszát vizsgálni, ugyanis a közös szakaszon kizárt menetek az összehasonlítani kívánt változatokhoz egyaránt hozzárendelésre kerülnek.

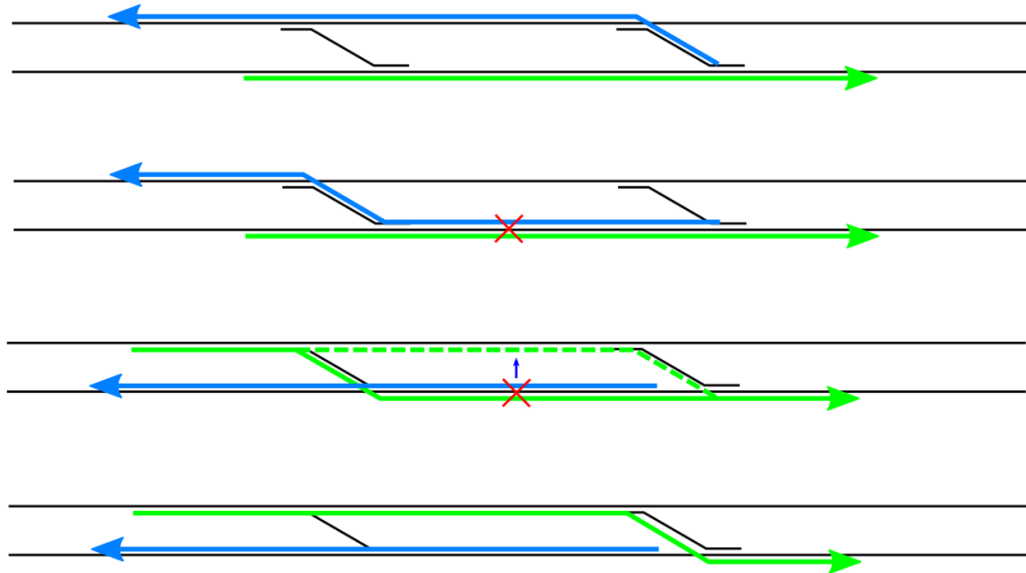
Ezen felül érdemes említést tenni arról, hogy a menetkizárások csak vágányútban érintett elemekre vonatkoznak, a megcsúszás ez esetben nem kerül figyelembevételre. Ahhoz, hogy a megcsúszások által kizárt vágányutak is számításba vehetőek legyenek, a megcsúszási út keresését az alapvágányút-meghatározás előtt kell elvégezni.

További optimalizálási szempontként szokás figyelembe venni a harmadik pontban említett azon megfontolást, miszerint törekedni kell arra, hogy a közlekedő menet minél hamarabb elérje az egyes irányt, vagyis azt a vágányt, ahonnan a cél egyenes állású váltókon érhető el. Ennek a szempontnak az előzőhöz (kizárt menetek száma) való viszonya nem egyértelmű, használatuk jellemzően vagylagos. Abban az esetben szokás alkalmazni ezt a módszert, mikor a kizárt menetek számának meghatározása nem vezetne egyértelmű eredményre, vagy a vágányhálózat bonyolultsága miatt manuális tervezéssel igencsak nehézkes lenne.

Ennek a szempontnak a jelentősége abban áll, hogy ugyan a hagyományos főjelzőkkel adott sebességi utasítást a teljes váltókörczet elhagyásáig érvényesnek kell tekinteni, ha a vonat eleje elérte az utolsó váltót, a vonat vége pedig lehaladt az utolsó kitérő irányban érintett váltóról, a sebességet növelni lehet. Ennek különösen hosszú tehervonatok esetén van kiemelt szerepe.

Az egyenes irány lehető legkorábbi elérésének forgalmi vonzatai is vannak. Ugyanis egy beállított vágányút a céljelzőig folyamatos lezárva marad, de a haladó menet mögött a vágányút szakaszosan feloldható. Ezért, ha a vonat a lehető leghamarabb éri el a számára kijelölt vágányt (legyen szó akár fogadóvágányról, akár vonali csatlakozásról), az a vágány, amelyiken érkezett, hamarabb is szabadul fel, ezzel esetenként előbb lehetővé téve egy másik menet korábbi beállítását (5. ábra, felső két eset).

Ennek az esetnek a párja, mikor a kitérőben haladó menet közlekedik egy, a célvágányon haladó menetet követően. Bár ilyenkor a célvágány későbbi elérése lenne kedvezőbb, azt utólag kerülési lehetőségként be lehet állítani, így nem jelent érdemi megkötést (5. ábra, alsó két eset).



**5. ábra:** Célvágány legkésőbbi elérése és legkorábbi elérése okozta menetkizárások

Az egyenes irány hamarabbi elérése a felesleges kitérő irányban történő közlekedést is segíti. Ha a cél az, hogy a menet a lehető legkorábban elérje a számára kijelölt célvágányt, az azt is jelenti, hogy a lehető leghosszabb utat kell egyenesben megtennie. Ez akkor lehet hasznos, ha pl. a járható sebesség alapján nem lehet különbséget tenni a váltók szárai között, mert a pályasebesség nem haladja meg a kitérő irányban alkalmazható sebességet. Természetesen önmagában a startvágány lehető legkésőbbi elhagyása ugyan úgy segítené ennek a feltételnek a teljesülését, azonban a már ismertetett okokból mégis előbbi szokás alkalmazni.

Előfordulhat azonban, hogy a fenti szempontok alapján sem lehet egyértelműen megállapítani az alapirányt. Ilyenkor egy egységes, semleges szempont mentén kell meghatározni a sorrendet, pl. mindig a jobb vagy bal szélső vágányút-változatot kell támogatni. A szélső vágányút-változat kijelölésének előnye, hogy bizonyos szituációkban önmagában minimalizálja az egyéb vágányutakkal való konfliktusok számát. Ilyen eset lehet pl. kettős líra esetén a menetirány szerinti jobb líravágányra való terelés, ami menetirány szerint automatikusan elválasztja az alapvágányutakat.

### 2.2.3. Kerülővágányutak kizárásának megvalósítása egyes berendezéstípusok esetén

A kerülővágányutak kizárásának, vagy éppen beállíthatóságuknak megvalósítása berendezéstípusonként jelentősen eltérő. Míg kezdetben csak az alapirányok voltak beállíthatók, a mai korszerű berendezésektől már elvárás, hogy valamennyi kerülőútvonal beállítását lehetővé tegyék. Az alábbiaknak néhány főbb, a hazai hálózaton megtalálható berendezéstípus vágányútváltozat-kezelési logikája kerül bemutatásra.

#### Mechanikus, elektromechanikus és elektrodinamikus biztosítóberendezések

A mechanikus biztosítóberendezések hazánkban alkalmazott típusai rendszerint táblázatos, azon belül vágányutas szerkesztési elvűek. A mechanikus berendezések követik az elzárási terv és menetterv alkotta kettős függőségi rendszert. Mivel az elzárási terv tartalmazza az érintett és védőváltók (illetve egyéb objektumok) lezárására, azon belül pedig a lezárások irányára vonatkozó függőségeket, a vágányút útvonalának kijelölésében e függőségi tervnek van szerepe.

Az elzárási terv függőségeit egy váltókörzetre vonatkozóan jellemzően az állítóközponti elzárási szekrény tartalmazza. A függőségek mechanikus úton kerülnek megvalósításra, pl. különböző vonalzóknak, tengelyeknek, függőségi kilincsek segítségével. Az állítóközponti készülékben a menet útvonalának kijelölése az egyes váltók egyéni állítása útján történik. Helyszíni állítású váltók esetén a váltózárkulcsok fogadására alkalmas bakzárak, vonóvezetékes váltóállítás esetén az állítóemelyűk által mozgatott kilincsek, villamos váltóállítás esetén reteszmágnesek útján teremődik meg a váltók (és reteszek) állása, valamint a mechanikus függőségi rendszer közötti kapcsolat. Ha a váltók állása a beállítani kívánt vágányút elzárási tervi függőségeinek megfelelő, a vágányút mechanikusan lezárható, pl. a vágányúti kallantyú segítségével.

A menetek kijelölése a rendelkezői készüléken, a vonali csatlakozás és a fogadóvágány összerendelésével, valamint a menet irányának meghatározásával történik. Itt kerül sor a menettervi függőségek ellenőrzésére minden így meghatározott vágányúthoz. A menettervi függőségek teljesülése érdekében egy vágányút csak egy, az elzárási terv szerint előre meghatározott útvonalon építhető fel. A mechanikus függőségek sajátosságaiból következően a beállítható útvonal független a menet haladási irányától (azaz mindegy, hogy adott fogadóvágány és vonali csatlakozás között bejárat vagy kijárat vágányútról van-e szó). Mechanikus berendezések tervezésekor alapvetően csak az alapvágányút kerülhet bele az elzárási és menettervbe, a kerülőút a függőségi tervekben önálló sort/oszlopot jelentene, amit a berendezés csak bonyolult mechanikai függőségek beépítése után lenne képes kezelni. [10] [11]

## Integra típusú szabadkapcsolású jelfogófüggéses berendezés

A szabadkapcsolású Integra biztosítóberendezés a menettervi és elzárási tervi függőségeket jelfogós logikai áramköri kapcsolásokon keresztül biztosítja. Habár a fizikai megvalósítás eltérő, a logikai felépítés a mechanikus biztosítóberendezésekéhez hasonló. A berendezés ugyanazokat a merev menettervi és elzárási tervi függőségeket valósítja meg, vágányutas (táblázatos) elv szerint, csak éppen jelfogók segítségével.

A vágányutak kijelölése ebben az esetben is a vonali csatlakozás és a fogadóvágány összerendelésével történik. Az így meghatározott vágányutak mindegyikéhez hozzá vannak rendelve az elzárási tervnek megfelelő váltóállások, ám ez a berendezés a vágányút-kijelöléssel már automatikusan állítja a megfelelő állásba a váltókat és zárja le azokat. A mechanikus berendezésekhez képest azonban az nem változott, hogy alapvetően egy vágányút-változat építhető fel. Az elméleti lehetőség megvan kerülővágányutak beállítására, ám akkor a kerülőútvonalak a menettervben és az elzárási terven is önálló vágányútként szerepeltetendők saját függőségekkel, az áramköri kialakítást ennek megfelelően kell tervezni. [12]

## Integra Dominó 55 típusú jelfogófüggéses berendezés

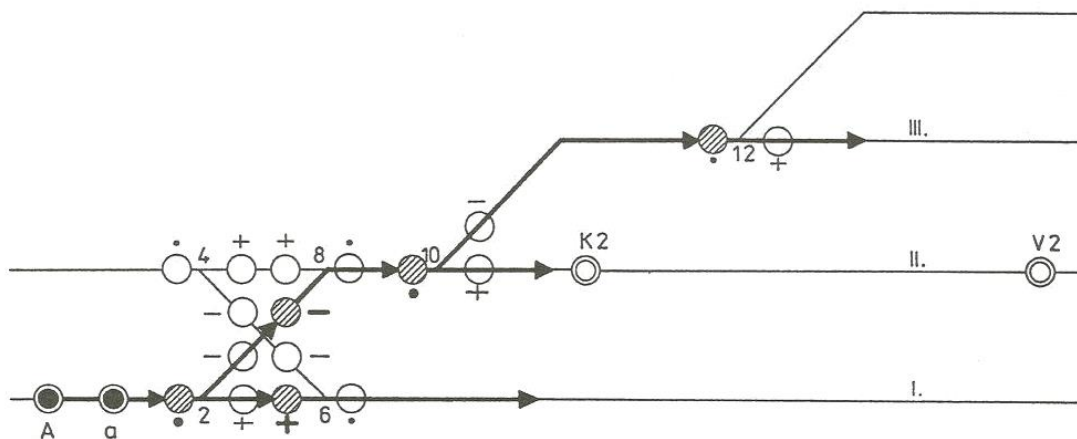
A Dominó 55 (D55) típusú berendezések már alapvetően jelfogóegységekbe rendezett tipizált áramkörökből épülnek fel, azonban számos egyedi függőség továbbra is szabadkapcsolású jelfogók segítségével valósul meg. A jelfogóegységek dugaszolható kivitelűek, belőlük építőköckő-szerűen építhető fel a teljes állomási áramkör. A berendezés működésében azonos funkciót betöltő áramkörök áramköri rácsot alkotnak, amely a vágányhálózati topológiát követi.

Habár az áramköri rácsok felépítése geografikus, a berendezés függőségi rendszere nem tekinthető nyomvonalelvesnek. A berendezés áramkörei számos, az elzárási és menettervnek megfelelően beépített egyedi függőséget tartalmaznak, pl. az oldalvédelmi és a célkizárási függőségeket sem biztosítja automatikusan a berendezés rendszertechnikája.

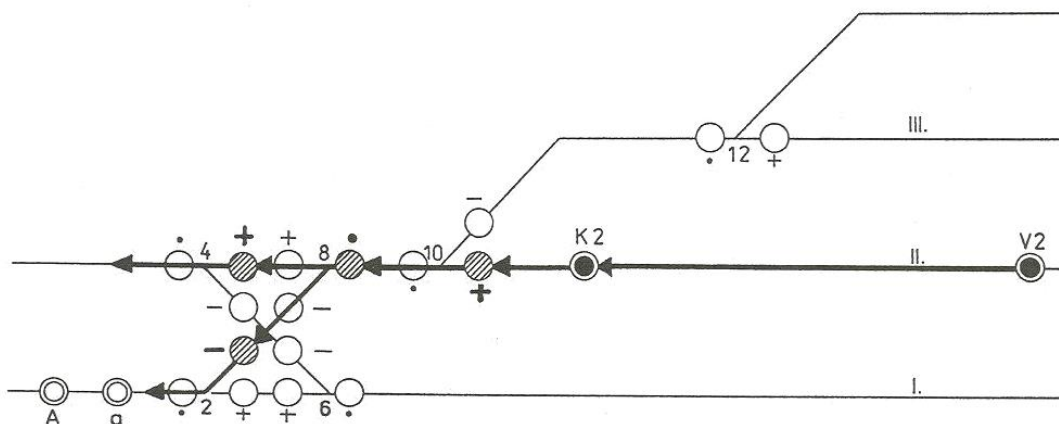
A D55 berendezésekben az útvonalak felépítése az ún. adó- és nyugtázóláncok segítségével történik. Minden váltó három irányból érinthető, így valamennyi váltó csúcsához, jobb és bal szárához hozzá lehet rendelni egy ún. váltóállító jelfogót, melyek alaphelyzetben ejtett állapotúak. A váltóállító jelfogók jelfogóláncot alkotnak, azaz egy előző meghúzása szükséges a következő meghúzásához, ami a rá következőt hozza működésbe, és így tovább. Az adólánchoz mindig a váltók nyíltvonal felőli állítójelfogói tartoznak, míg a nyugtázólánchoz a fogadóvágány felőliek.

A vágányút beállításának kezdeményezése mindig egy kezdő- és egy célgomb egyidejű megnyomásával történik. A két gomb kezelésének hatására – függetlenül a menet irányától – az érintett vonali csatlakozás felől a fogadóvágányok felé szerteágazva felépül

az adólánc (6. ábra), az érintett fogadóvágány felől pedig a nyugtázólánc kezd szétterjedni a nyíltvonal irányába (7. ábra). Amennyiben egy váltó az adó- és a nyugtázóláncban is szerepel, azaz a csúcsához és valamely szárához rendelt állítójelfogó is működésbe lép, úgy a váltó abba az irányba vezérlődik, amely szárához rendelt váltóállító jelfogó meghúzott. Ezzel azok, és csak azok a váltók kerülnek az elzárási terv szerinti megfelelő állásukba, melyeket a menet érint.



**6. ábra:** Az adólánc felépülése (forrás: [2])

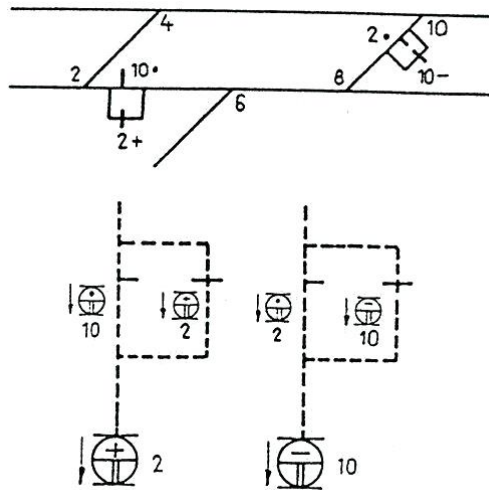


**7. ábra:** A nyugtázólánc felépülése (forrás: [2])

Abban az esetben, ha a kezdő- célpontok közötti útvonal nem egyértelmű, az adó- és nyugtázóláncok további intézkedések nélkül nem lennének képesek meghatározni az útvonalat. Ugyanis ilyenkor mindkét jelfogólánc a „teknő” két végén (az elágazási- és visszatérési váltókban) összefutna, azaz ezekben a váltókban mind az egyenes, mind a kitérő szárhoz rendelt állítójelfogók működésbe lépnének. Azonban áramköreikbe egymás nyugalmi érintkezői be vannak építve, így véletlenszerű lenne, hogy melyik állítójelfogó tud meghúzni. Ilyen esetekben az alapvágányút felépülését kell biztosítani útvonalkizárások beépítésének segítségével.

A D55 berendezésben a kerülőirányok kizárása a váltóállító jelfogók áramkörébe épített függőségek segítségével kerül megvalósításra. A „teknő” visszatérési váltójának azon szárához rendelt állítójelfogójának áramkörébe, mely a kerülőirány részét képezi, az elágazási váltó csúcsához rendelt állítójelfogó nyugalmi érintkezőjét kell bekötni. Ezzel, ha a jelfogóláncban az elágazási váltó érintve van, a meghúzó állítójelfogója a visszatérési váltó nem kívánt szárán a lánc felépülését lenyesi (8. ábra).

Az adó- és nyugtázóláncok felépítéséből adódóan az útvonalfüggőségek beépítése szimmetrikus, azaz a „teknő” elágazási váltójának megfelelő szárába is be kell építeni a visszatérési váltóra vonatkozó függőséget. Amennyiben az elágazási és visszatérési váltókon független menetek haladhatnak, az adó- és nyugtázóláncok felépülésének biztosítása érdekében az útvonalkizárást biztosító nyugalmi érintkezőkkel párhuzamosan az állítójelfogók saját munkaérintkezői beköthetők, ezzel a jelfogó tartóáramkört zárhat magának.



**8. ábra:** Kerülőirányok kizárása D55 berendezés esetén (forrás: [2])

A kerülővágányút kiválasztására kerülógomb beépítésével van lehetőség. Az útvonalkizárásokat az előzőekhez képest annyival módosítva kell kialakítani, hogy a kerülógomb megnyomásával az alapirány kerüljön kizárásra, az adó- és nyugtázóláncok a kerülógomb által meghatározott irányban épüljenek fel. [2]

## Integra Dominó 70 típusú jelfogófüggéses berendezés

A Dominó 70 (D70) típusú berendezés tisztán nyomvonaléves, valamennyi objektumhoz egy jelfogóegység tartozik, mely az adott objektum működéséhez szükséges valamennyi függőséget, áramkört tartalmazza. A különböző egységek a vágányhálózati topológiának megfelelően nyomkábelek segítségével csatlakoznak egymáshoz, a függőségi logika ennek a kapcsolatrendszernek megfelelően önműködően, a berendezés rendszer-technikájából adódóan épül fel.

A berendezés tolatóvágányutas, azaz a tolatómozgásokat lezárt tolatóvágányúton, jelzőkezelés mellett teszi lehetővé. A vágányutak hierarchikusan épülnek fel, a vonatvágányút az útvonalon haladó tolatóvágányútra (vagy -utakra) épül rá (melynek következménye, hogy az alapirány a vágányút fajtájától független).

Egy-egy funkció megvalósításáért az ún. nyomáramkörök felelnek. A D70 24 nyomot tartalmaz, a nyomok az egységek között a nyomkábelen át csatlakoznak egymáshoz. A vágányutak útvonalainak felépítéséért az 1. és 2. (tároló/útvonalválasztó) nyomok felelnek. A két nyom párosan működik, keresztkapcsolásban vannak kötve, azaz az egyik egység 1. nyomhoz tartozó kimenete a következő egység 2. nyomhoz tartozó bemenetéhez kapcsolódik.

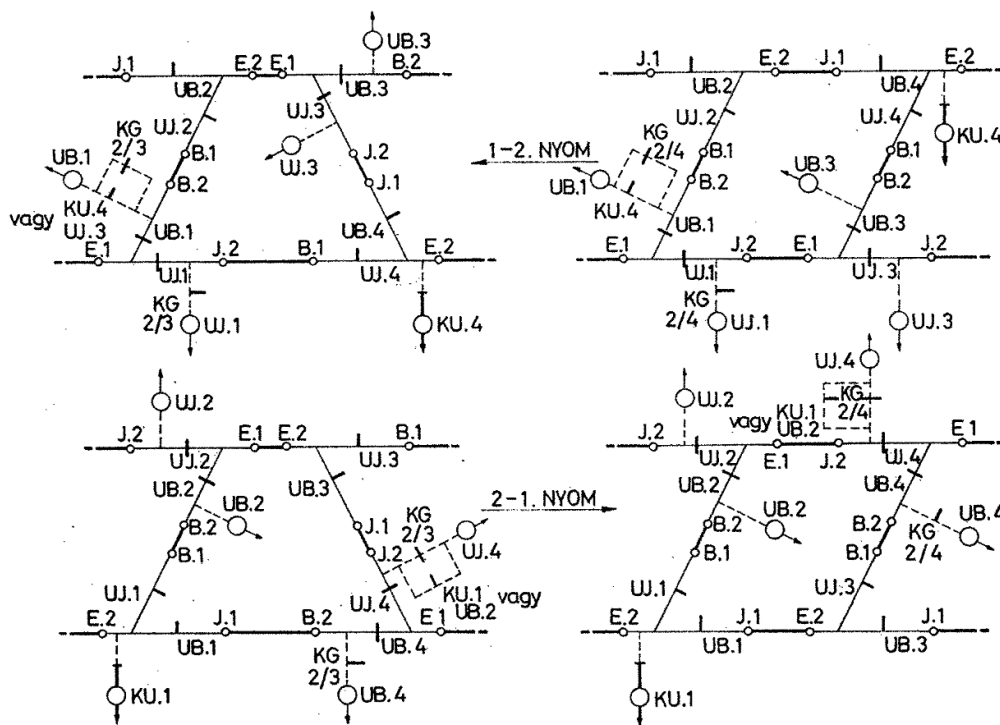
Start-cél kezelés hatására a céljelzőhöz tartozó egység táplálást kap, amelyet az  $1 \rightarrow 2$  nyomon továbbad a szomszédos egységeknek. Ekkor az 1. nyom feszültség ad, míg a 2. fogadja azt. A táplálás a topológiának megfelelően szerteágazik. Amennyiben a keresésben gyökkel (azaz menetirány szerint csúccsal) álló váltó egységéhez ér a táplálás, az érkezés irányának megfelelő szárhoz tartozó útválasztó ( $\sim$  jobbra: UJ;  $\sim$  balra: UB) jelfogót meghúzza. A meghúzó jelfogók a nem érintett szárok felé haladó keresést fogják megakadályozni. Ha a táplálás elérte a startjelző egységét, a startkezelésnek megfelelően meghúzza a startjelfogó, a keresés pedig visszafordul.

A táplálás most az eddigi cél  $\rightarrow$  start irány mellett az ellenkező, start  $\rightarrow$  cél irányban is elindítja az 1. és 2. nyomok táplálását ( $2 \rightarrow 1$  nyom), amely a korábban már meghúzott útvonalválasztó jelfogók miatt csak a cél felé épülhet fel. A keresés ebben az esetben is, ha gyökkel álló váltót talál, szintén meghúzatja annak a megfelelő útvonalválasztó jelfogóját, mely így a cél  $\rightarrow$  start nyaláb nem kívánt szárait lenyese. A keresés a célhoz elérve működésbe hozza a céljelző céljelfogóját, és felépül a teljes cél-start-cél hurok. Az  $1 \rightarrow 2$  és  $2 \rightarrow 1$  nyomáramkörök így kijelölik azoknak, és csak azoknak a váltóknak a kívánt irányát, melyek a vágányútban érintve vannak.

Hasonlóan a D55-höz, a „teknők” ebben az esetben is azt okoznák, hogy egy gyökkel álló váltó mindkét szárát megtalálna a keresés, így az útvonal iránya véletlenszerűen kerülne kijelölésre. Az alapvágányút felépítését ebben az esetben is biztosítani kell. A kerülőágak kizárásáért a visszatérési váltók csúcsához rendelt kerülőút-kizáró jelfogók felelnek. A kerülőutak kizárása mindig a cél  $\rightarrow$  start irányú keresésben ( $1 \rightarrow 2$  nyom) valósul meg, hiszen a cél  $\rightarrow$  start irányban meghúzó útválasztó jelfogók a start  $\rightarrow$  cél irányban ( $2 \rightarrow 1$  nyom) már egyértelműen meghatározzák a cél felé vezető útvonalat. Amennyiben az  $1 \rightarrow 2$  nyomban a keresés egy „teknő” visszatérési váltójához ér, meghúzza annak kerülőút kizáró (KU) jelfogója. A kerülőút kizáró jelfogó nyugalmi érintkezője a „teknő” elágazási váltójának kerülőágban szereplő útvonalválasztó jelfogójának csévéjével sorba van kötve. Azaz amennyiben a visszatérési váltó felől keresés érkezik, az elágazási váltónak csak az alapirányban szereplő útvonalválasztó jelfogója húzhat meg.



A változati vágányutak felépítése a D70 berendezések esetében is kerülőgombok segítségével lehetséges. A kerülőgombok a kerülőgomb jelfogót (KG) működtetik. Adott „teknőhöz” tartozó kerülőgomb jelfogók munkaérintkezői a kerülőút kizáró jelfogó nyugalmi érintkezőivel párhuzamosan vannak kötve az elágazási váltó kerülőágban szereplő szárához tartozó útválasztó jelfogóinak áramkörében, ezzel lehetővé téve, hogy az útvonal a kerülőágban álló száron épüljön fel. A kerülőgomb jelfogók nyugalmi érintkezői pedig az elágazási váltó alapirányban szereplő szárainak útválasztó jelfogóinak áramkörébe vannak bekötve, lenyesve ezzel az alapirányt. A kerülőút kizáró és kerülőgomb jelfogók szabadkapcsolásban kerülnek kialakításra, érintkezőik a váltóegységek útválasztó jelfogóinak áramkörébe is egyedileg kerülnek bekötésre (9. ábra). [5] [8] [13]



**9. ábra:** Kerülőút-kizárás és -kiválasztás áramköri megvalósítása D70 berendezések esetén (forrás: [5])

## Siemens SIMIS IS típusú elektronikus biztosítóberendezés

A SIMIS IS típusú berendezés tisztán táblázatos (vágányutas) elv szerint valósítja meg a különböző függőségeket. A berendezéshez hazánkban ILTIS grafikus kezelőfelület tartozik. Az útvonalak a lezárási táblázatban – mely a 2.1.2. fejezetben bemutatott módon összevontan tartalmazza a menettervi és elzárási tervi függőségeket – meghatározott módon állnak be start-cél kezelés esetén.

A lezárási táblázatban valamennyi vágányút valamennyi változata fel van sorolva, az alapvágányút külön megjelölésre kerül. Amennyiben összetartozó start- és céljelző kerül kiválasztásra, a vágányút az alapirány szerint áll be. Kerülővágányút kiválasztását a kívánt útvonalban érintett tetszőleges vágányszakaszon „KER” parancs kiadásával lehet kezdeményezni. Amennyiben a kiválasztott vágányszakasz és a start- vagy céljelző között sem egyértelmű az útvonal, a prioritási sorrendnek megfelelően magasabb rendű vágányút áll be.

Az összetett vágányutak alapkezelés szerint az előre megadott közbenső céljelzőkön át épülnek fel, az egyes jelzők közötti egyszerű vágányutak az alapiránynak megfelelő módon. Egy start-cél relációban egy (alap) összetett vágányút tervezhető. Az alapértelmezettől eltérő közbenső cél választására a „KCÉL” parancs szolgál. [14]

## Thales Elektra 2 típusú elektronikus biztosítóberendezés

Az Elektra 2 típusú berendezés elektronikusan valósítja meg a különböző függőségeket, azonban belső logikája szerint a nyomvonalas szerkesztési elvhez áll közelebb. A különböző objektumok egy előre leprogramozott eljárásrendszer szerint működnek. Az egyes objektumok közötti kapcsolat ugyan virtuális, azonban a vágányhálózati topológiát követi. Az egyes elemek a leprogramozott kapcsolatrendszer szerint olvassák be a szomszédos objektumok állapotait. Az Elektra 2 típusú berendezés kezelésére EBO 2 grafikus felület szolgál.

Az útvonalak felépítése alapértelmezetten mindig az alapvágányútként tervezett irányban történik. Kerülővágányutak beállítására úgy van lehetőség, hogy a start kijelölése után a céljelzőben „Kerülő vágányút” parancsot kell kiadni. Ezt követően egy, a kívánt kerülőirányban érintett foglaltsági szakaszt kiválasztva az azon át vezető kerülővágányút kijelölésre kerül. Amennyiben a szakasz nem határozza meg egyértelműen a kerülőút irányát, a szakaszon további kattintással lehetséges a különböző útvonalak közül választani. A kerülési lehetőségek közötti sorrend esetleges, ezért nem egyértelmű kerülőút esetén törekedni kell a kezelőnek arra, hogy lehetőleg csak a kívánt kerülővágányút által érinthető szakaszt válasszon ki. Ha a kívánt útvonal került kijelölésre, „Cél” paranccsal beállítható a vágányút. Az olyan szakaszok kiválasztása hatástalan, amelyek nem részei egy lehetséges „teknőnek”. [15]

### **2.3. Megcsúszások**

Mint az a függőségi tervekről szóló 2.1.2. fejezetben is említésre került, a vasútüzem sajátosságaiból kifolyólag számolni kell azzal a lehetőséggel, hogy a megállj! állású jelzőhöz közelítő menet a jelző előtt nem mindig képes megállni. Ezért a céljelző mögött biztosítani kell egy megcsúszási hosszt, melyet más menet nem érinthet, így zárva ki az esetleges indirekt veszélyeztetéseket.

### 2.3.1. Megcsúszások elmélete

A megcsúszási függőségek tervezésére vonatkozó hazai előírások alapjai az üzemi tapasztalatokra épülő következő feltételezések [8] [9]:

- a vonatmenet vagy tolatómozgás a megállj! (vagy tilos a tolatás!) állású céljelző előtt nem minden esetben képes megállni, azon esetenként túlcsúszhat;
- a megcsúszó menetek azonban egy, a céljelző mögötti meghatározott hosszban belül minden esetben képesek megállni;
- ha a megállj! (vagy tilos a tolatás!) állású jelző felé közeledő menet egy megadott pont elérését követően megadott időn belül a jelzőt nem haladta meg, feltételezhető, hogy már nem is fogja, mert a rendelkezésre álló idő alatt sikerült megállítani.

Az első kettő pont vonatkozik a cél mögötti lezárások megvalósítására, a harmadik az említett lezárások feloldására.

Az elektronikus állomási biztosítóberendezések kialakítására vonatkozó feltételfüzet [9] különböző irányelveket fogalmaz meg a figyelembeveendő megcsúszási hosszt illetően.

- Vonatmenetnél:
  - ha a céljelző és általános fékúttávolságra levő előjelzője között legfeljebb 10 ‰ esés van, a megcsúszási hossz **50 m**;
  - egyéb esetben a megcsúszási hossz **300 m**.
- Tolató mozgásnál:
  - ha a céljelzőt megelőzően 300 m hosszban legfeljebb 2,5 ‰ esés van, és
    - a céljelző előtti vágányszakasz használható hossza legalább 300 m, **megcsúszással nem kell számolni**;
    - a céljelző előtti vágányszakasz használható hossza kevesebb 300 méternél, vagy ha a forgalmi szolgálat a megcsúszási hossz megletét minden esetben előírja, a megcsúszási hossz **50 m**;
  - ha a céljelzőt megelőzően 300 m hosszban 2,5 ‰-nél nagyobb esés van, és
    - a céljelző előtti vágányszakasz használható hossza legalább 500 m, a megcsúszási hossz **50 m**;
    - a céljelző előtti vágányszakasz használható hossza kevesebb 500 méternél, a megcsúszási hossz **100 m**;

A vágányúti függőségeket úgy kell megvalósítani, hogy a megcsúszások egyidejű jelenlétével számolni kell, azaz két vágányút ki kell zárja egymást akkor is, ha azok csak a célon túl, a megcsúszási hosszban kerülnek konfliktusba. Ez azt jelenti, hogy megcsúszá-

sok kölcsönös oldalirányú és ellenirányú veszélyeztetésével számolni kell, így ellenirányú menetek csak akkor engedhetők meg, ha köztük – terelési lehetőség híján – a kétszeres megcsúszási hossz rendelkezésre áll.

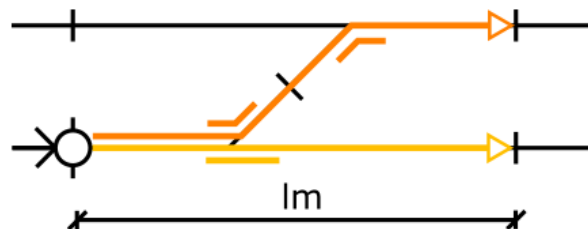
Elektronikus biztosítóberendezések esetén lehetővé kell tenni a gépi úton biztosított megcsúszási hossz kezelőszemélyzet általi vagy önműködő megnövelését a távolbalátás korlátozottsága (pl. köd, havazás) esetén, vagy egyéb, a megcsúszás kockázatát növelő körülmény (pl. a tapadás drasztikus lecsökkenése) fennállásakor. A megcsúszási hossz ilyen esetekben jellemzően 50-ről 300 m-re kerül átkapcsolásra. Az átváltás tényét naplózni kell, és a rövidebb hosszra való átállását csak különleges (nehezített) kezelésként engedhető meg. [9]

A céljelző mögötti elemek foglaltságellenőrzését vonatvágányutak esetén lehetővé kell tenni. A gyakorlatban a teljes megcsúszási hosszban vagy az első foglaltsági szakaszban történik meg az ellenőrzés.

A megcsúszási függőségek kezelésére két alapvető módszer használatos:

- a megcsúszási vágányutak;
- különleges kizárással (célkizárással) kezelt megcsúszási függőségek (megcsúszási távolság).

A megcsúszási vágányutak esetén a megcsúszási hossz ( $l_m$ ) határán levő valamennyi – az adott célpontból elérhető – foglaltsági szakasz végéhez, mint egy fiktív megcsúszási célobjektumhoz a vágányút folytatólagosan továbbvezetésre kerül. A kezelőszemélyzet kiválaszthatja, hogy melyik lehetséges megcsúszási célhoz állítja be a megcsúszási vágányutat (10. ábra).



**10. ábra:** Megcsúszási vágányutak

A vágányút céljelzője és a kiválasztott megcsúszási cél között valamennyi váltót – akár csúccsal, akár gyökkel érintett – a megcsúszási vágányút által kijelölt állásban le kell zárni. Ezen felül a megcsúszásban érintett foglaltsági szakaszokra a megcsúszásban való igénybevétel elő kell írni (ez végeredményben egyfajta lezárásként viselkedik) (3. táblázat). A megcsúszási vágányútban lezárt váltók üzemszerűen csak a céloldás-időzítés lejártával, vagy továbbvezető menet esetén vonat/tolatómozgás hatására oldódnak fel.



A veszélyeztető vágányutak és megcsúszások kizárása teljes egészében a megcsúszási igénybevétel előírásával valósul meg. Akár oldalirányból, akár szemből érkezének veszélyes menetek, azok – mivel azokat a szakaszokat, ahol a veszélyeztetés kölcsönösen fennáll, mindketten igénybe vennék – automatikusan kizárásra kerülnek. Megcsúszási távolságok esetén ezért szintén nem jellemző oldalvédelem bármilyen keresése a megcsúszási szakaszban.

Egyes, a megcsúszási távolságokat használó berendezésekben lehetőség van a megcsúszásban csúcs felől érintett váltók lezárására, ezáltal a váltót követő függések figyelembevétele – hasonlóan a megcsúszási vágányutakhoz – csak a kiválasztott irányban történik meg. Ezen felül tetszőleges váltó tetszőleges irányban történő lezárása is előírható feltételként (jellemzően oldalvédelmi célból, ha erre mégis igény mutatkozik).

A kölcsönös kizárások megvalósítása régebbi biztosítóberendezések esetén valódi különleges függésekkel történik, a megcsúszás miatt tiltott egyidejű menetek közötti egyedi kizárások segítségével. Ez esetben a megcsúszási igénybevételek által veszélyeztetett menetek a tervezés során manuálisan kerülnek meghatározásra (bővebben: 2.3.3.).

A megcsúszási vágányút előnye, hogy az abban csúcs felől álló váltók lezárásával csak a kijelölt útvonalon kerülnek figyelembevételek a megcsúszási igénybevételek, ezzel a lehető legkevesebb, csak ténylegesen veszélyeztető menet kerül kizárásra. A váltók lezárásával mindig biztosított továbbá esetlegesen megcsúszásban érintett váltók lezárt, és megfelelő irányba terelő állapota. Hátránya azonban, hogy a kezelőnek előre el kell döntenie a megcsúszás irányát, azon módosítani a vágányút időzített oldódásáig üzemszerűen nem lehet. A váltók adott irányban történő lezárása jellemzően a váltók többletfutását is eredményezi.

Ezzel szemben a megcsúszási távolságok előnye, hogy rugalmas, nem szükséges a csúszás irányát előre meghatározni, tetszőleges továbbvezető vágányút beállítható. Hátránya viszont az, hogy a váltók állásától függetlenül a megcsúszási övezeten belüli valamennyi igénybevétel figyelembevétele miatt felesleges menetkizárások is megvalósul(hat)nak. Emellett a megcsúszás lezáratlan, tetszőleges állású váltókon történik, ami váltófelvágáshoz, vagy a megcsúszó menet alatti átállításhoz vezethet. [6]

Kihasználva azonban azt a lehetőséget, hogy esetlegesen elő lehet írni tetszőleges váltók lezárását – ideértve akár irányfüggő megcsúszást is –, a megcsúszási függőségek megfelelő tervezésével megoldható, hogy a felesleges menetkizárások kiküszöbölésre kerüljenek. Az optimalizációs eljárás a függőségek ilyen irányú átrendezését hivatott biztosítani, a megfelelő szempontok szerint.

A megcsúszási vágányutak és távolságok előnyeit, illetve hátrányait a 4. táblázat foglalja össze.

**4. táblázat:** Megcsúszási vágányút és megcsúszási távolság összehasonlítása

<b>Megcsúszás típusa</b>	<b>Előny</b>	<b>Hátrány</b>
<b>Megcsúszási vágányút</b>	+ kizárólag a kijelölt irányban történik meg a veszélyes menet kizárása; + az érintett váltók a megcsúszó vonat alatt vannak zárva	- előre ki kell jelölni a megcsúszás irányát, ami a továbbvezető vágányút irányát meghatározza; - a váltók többletfutását eredményezi
<b>Megcsúszási távolság (célkizárás)</b>	+ nem kell kijelölni a megcsúszás irányát, így tetszőleges továbbvezető vágányút állítható; + a váltók felesleges állítása elkerülhető	- a megcsúszási övezetet érintő valamennyi veszélyes menet kizárásra kerül; - a megcsúszás lezáratlan váltókon történik, ami váltórongálódáshoz, sikláshoz vezethet

### 2.3.2. Megcsúszás-optimalizálási alapelvek

A megcsúszások tervezése során három fő szempontot kell figyelembe venni:

- a nem feltétlenül szükséges menetikizárások minimalizálása;
- az irányfüggő megcsúszások minimalizálása;
- a váltófutások minimalizálása.

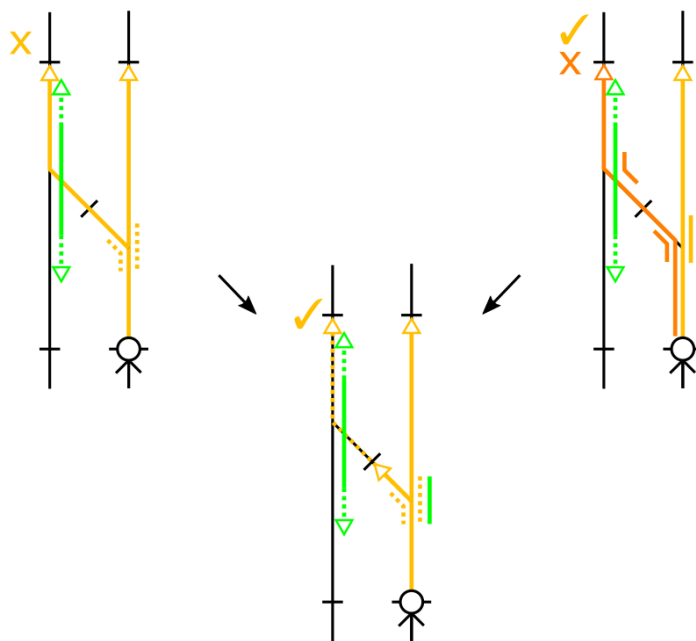
Az első szempont tekinthető elsődlegesnek is. A legfontosabb az, hogy egyes menetek ténylegesen csak akkor zárják ki egymást, ha biztosan veszélyeztetik egymást. Ha önmagában kizárólag ez a szempont kerülne figyelembevételre, elegendő lenne minden esetben irányfüggő megcsúszás tervezése – azaz tulajdonképpen csak megcsúszási vágányutak kerülnének alkalmazásra (eltekintve a gyökkel álló váltók lezárásától).

A második szempont értelmében viszont kívánatos lenne minimalizálni az irányfüggő megcsúszásokat. Ennek oka, hogy komoly megkötést jelent forgalmi szempontból, ha előre ki kell választania a kezelőszemélyzetnek a megcsúszás irányát. Ilyenkor ugyanis a csúccsal álló váltók lezárásra kerülnek, azokat állítani csak a céloldás után lehet. Ez azt jelenti, hogy ha bármilyen okból mégsem az előre beállított csúszás irányába kíván a kezelő továbbvezető vágányutat állítani, a céloldás időzítés alatt erre üzemszerűen nincsen lehetősége.

A céloldás időzítésének hazai értéke viszont alapértelmezés szerint 2 perc (a Metró és HÉV hálózatain ettől eltérő, alacsonyabb értékeket alkalmaznak [15]). Így ahol azt az egyidejű megcsúszások biztosítása nem indokolja, érdemes eltekinteni az irányfüggő megcsúszástól.

A váltófutasok minimalizálása utolsó szempont a prioritási listában, ennek ellenére nem szabad róla megfeledkezni. A váltók indokolatlan állításának elkerülése kedvezően hathat az üzemeltetési költségekre. Ez egyfelől az irányfüggő megcsúszások minimalizálásával részben teljesül, azonban bizonyos esetekben megcsúszási oldalvédelem előírására is szükség lehet. Annak ellenére, hogy – mint az bemutatásra kerül – a megcsúszási oldalvédelemre sem megcsúszási vágányutak, sem megcsúszási távolságok esetén nem lenne szükség, az optimalizálást követően a megcsúszási oldalvédelem szerepe jelentősen felértékelődik. Emiatt tehát arra is törekedni kell, hogy megcsúszási oldalvédelem keresésére csak tényleg feltétlenül indokolt esetekben kerüljön sor.

Az optimalizálás módszerének alapját az a megfontolás adja, hogy bizonyos esetekben irányfüggő megcsúszások nélkül is elérhető a minimális számú kizárás. Ugyanis, ha egy megcsúszásban csúccsal álló váltón a megcsúszás szétágazna ugyan, de biztosítható, hogy az egyik szár felé eső veszélyes menetek és megcsúszások a váltót minden esetben elkérjék oldalvédelemben, a védett száron a szakasz-igénybevételektől (vagy régebbi be rendezések esetén konkrét menetkizárásoktól) el lehet tekinteni, ötvözve a megcsúszási távolságok és vágányutak előnyeit. Ehhez a fentiek alapján bizonyos megcsúszások számára is elő kell írni oldalvédelmet (12. ábra). Nem minden esetben biztosítható azonban a megcsúszásban érintett váltó oldalvédelemben történő lezárása, illetve bizonyos szituációkban a megcsúszási oldalvédelmek felesleges kizárásokat eredményezhetnek, ilyenkor irányfüggő megcsúszást kell alkalmazni.



**12. ábra:** Megcsúszások optimalizációja oldalvédelem segítségével



Ezek alapján három fő, részben átfedő kérdést kell megválaszolni:

- milyen esetekben lehet eltekinteni bizonyos megcsúszási igénybevételektől;
- milyen esetekben kell irányfüggő megcsúszást előírni, és milyen esetekben lehet eltekinteni tőle;
- milyen esetekben kell megcsúszásban oldalvédelmet keresni.

Az előbbi megfontolások alapvetően megcsúszási távolság alapú függőségek esetén érvényesek. Korlátozott mértékben ugyan, de megcsúszási vágányutak esetén is van lehetőség optimalizálás végrehajtására.

Vágányutas megcsúszások esetén előírt igénybevételek törlésére csak olyan módon kerülhet sor, ha a megcsúszási vágányút célja hátrahúzásra kerül. Ennek pl. abban az esetben lehet jelentősége, ha ezzel csúccsal szemben álló váltó „szabadítható fel”, így csökkentve az irányfüggő megcsúszások számát. Természetesen ez másik irányból megközelítve is igaz: mivel vágányutas megcsúszás esetén minden megcsúszásban érintett váltót le kell zárni, az irányfüggő megcsúszásoktól eltekinteni csak a megcsúszási cél visszahúzásával, azaz bizonyos szakasz-igénybevételektől való eltekintéssel lehet.

Vágányutas megcsúszások optimalizálása esetén is felmerülhet a harmadik kérdéskör, azaz a megcsúszási oldalvédelem keresése, illetve annak minimalizálása, bár ennek jelentősége nem akkora, mint a megcsúszási távolságok esetében. A megcsúszási oldalvédelmek előírása megcsúszási vágányutak esetében is kiemelten fontos a kölcsönös optimalizálás helyes működése érdekében, ha megcsúszási távolságokkal vegyesen fordulhatnak elő.

Az optimalizálás feladatát elméletben – bizonyos mértékig – maga a biztosítóberendezés is el tudná látni. Amennyiben a berendezés képes lenne a megcsúszási függőségeket dinamikusán kezelni, számos megkötéstől el lehetne tekinteni. Mivel a táblázatos elvű berendezések szigorúan az előre betáplált függések megvalósítását képesek végrehajtani, dinamikus függőségek végrehajtására korlátozottan tehetők alkalmassá. Dinamikus függés tehát elsősorban nyomvonal elves berendezés esetén képzelhető el.

A dinamikus függés elve az optimalizáció alapfelvetésére épül. A már ismertetett okokból a megcsúszási igénybevétel a csúccsal álló váltókon szétágazik, ezzel potenciálisan több menetet is feleslegesen kizárva, ugyanis egy menetet csak egy irányba csúszhat. Ez addig nem jelent korlátozást, amíg valamelyik így kizárt menetet vagy megcsúszás beállítását nem kezdeményezik. Akkor azonban, mikor sor kerül a kizáró menetet beállítására, az az előzőleg beállított menetet megcsúszásában csúccsal álló váltót oldalvédelemben elkerüli, ezzel automatikusan lehetővé téve a két menetet egyidejű megengedhetőségét.

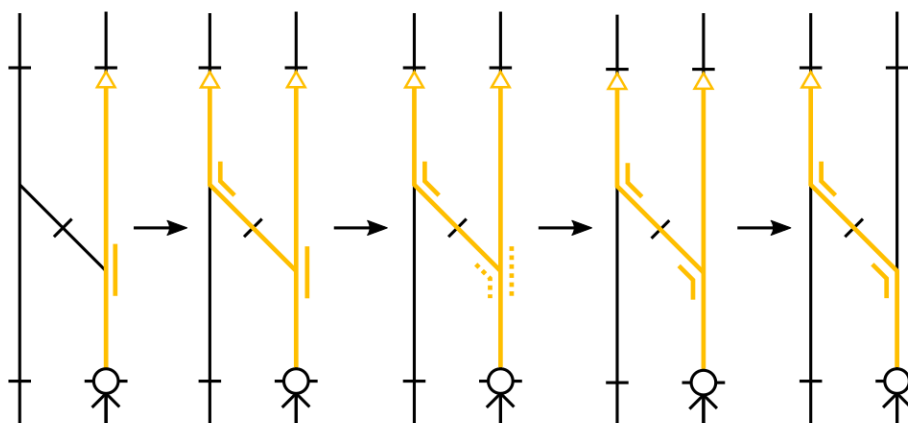
A fenti módszer azonban több kérdést is felvet. Két egyidejű megcsúszás esetén felmerül, hogy ha mindkét megcsúszás csúccsal álló váltón elágazik, és egy-egy száron oldalirányból veszélyeztetik egymást, akkor melyik részesüljön előnyben. Azaz az elsőnek

beállított menet esetén maradjon-e oldva a váltó, ha a második megcsúszás váltója oldalvédelemben elkérhető, vagy mindig a legújabban beállított menet élvezzen-e elsőbbséget, az elsőnek állított megcsúszásában szereplő váltó oldalvédelemben való elkérésével. Mindkét esetben egy-egy csúszásirányt automatikusan kizárásra kerül, pedig forgalmi szituációtól függően hol egyikre, hol másokra lehet szükség.

A másik elvi nehézség abból adódik, hogy dinamikus függést táblázatos berendezés esetén körülményesebb megvalósítani, a nyomvonal elves berendezések logikájához pedig inkább a vágányutas megcsúszások állnak közelebb.

A két problémára együttesen megoldást nyújthatnak a rugalmas megcsúszási vágányutak. Ez esetben ugyan irányfüggően kell megcsúszási vágányutat állítani és az érintett váltókat lezárni, azonban a megcsúszási cél még a vágányút feloldása előtt megváltoztatható.

Amennyiben új megcsúszási cél kerül kiválasztásra, az új megcsúszási vágányút valamennyi függősége megvizsgálásra kerül, az átállítandó váltó végállását kivéve. Ha az új megcsúszási vágányút megengedhető, az lezáródik – szintén az említett váltót kivéve –, majd a sikeres zárást követően a váltó átállításra kerül. Amikor a váltó elérte új végállását, a régi megcsúszás feleslegessé vált szakasza feloldható (13. ábra). Ha azonban a váltó átállítása sikertelen volt, mindkét megcsúszási vágányutat lezárva kell tartani (esetleg érdemes lehetőséget biztosítani a váltó eredeti végállásba történő visszaállításával az új megcsúszási szakaszt feloldani). A megcsúszásban szereplő váltó vágányút-oldódás előtti állítása nem jelent biztonsági problémát, hiszen a megcsúszási szakaszban álló váltók lezárása nem előírás.



**13. ábra:** Rugalmas megcsúszási vágányutak működése

Látható, hogy ebben az esetben a „dinamizmus” nem a berendezés önműködő viselkedéséből adódna, hanem a kezelőszemélyzet beavatkozásával lehetne rugalmasan kezelni a megcsúszásokat. Erre a működésmódra akár táblázatos rendszerű berendezés is alkalmassá tehető.

Mivel a jelenleg működő biztosítóberendezések nem alkalmasak megcsúszások dinamikus kezelésére, ezért kell az optimalizálás folyamatát a tervezés folyamatába építeni, célszerűen egy megfelelő tervezőeszköz segítségével. Ennek megfelelő módszerrel történő megvalósítása eleget tehet az optimalizálási kritériumok között megfogalmazott szempontoknak a kellő mértékben, az előírt prioritások szerint.

### 2.3.3. Megcsúszások kezelése egyes berendezéstípusok esetén

Az indirekt veszélyeztetések kizárásának biztosítása hagyományosan a menettervi függőségek részét képezik. A megcsúszások kezelése így többnyire a különleges (menet-tervi) kizárások megvalósításának logikáját követi a különböző berendezéstípusokban. Az alábbiakban a 2.2.3. fejezetben is ismertetett biztosítóberendezések kerülnek bemutatásra.

#### Mechanikus, elektromechanikus és elektrodinamikus biztosítóberendezések

A mechanikus biztosítóberendezések a megcsúszásokra vonatkozó különleges függőségeket akárcsak valamennyi más menettervi függőséget, a rendelkezői készülék elzárási szekrénye tartalmazza. A menettervi függőségek táblázatos (vágányutas) szerkesztési elv szerint, mechanikus elemekkel (vonalzók, tengelyek, kilincsek, lemezidom stb.) kerülnek megvalósításra. A megcsúszásra vonatkozó függőségek ebből kifolyólag mereven rögzítettek, egy vágányút a tervezés során meghatározott meneteket fog minden esetben kizárni. A cél mögötti elemek lezárására, ellenőrzésére nem kerül sor, a berendezés a megcsúszási övezetet érintő valamennyi vágányutat kizár, azaz megcsúszási távolsággal kezeli a megcsúszási függőségeket. [10] [11]

#### Integra típusú szabadkapcsolású jelfogófüggéses berendezés

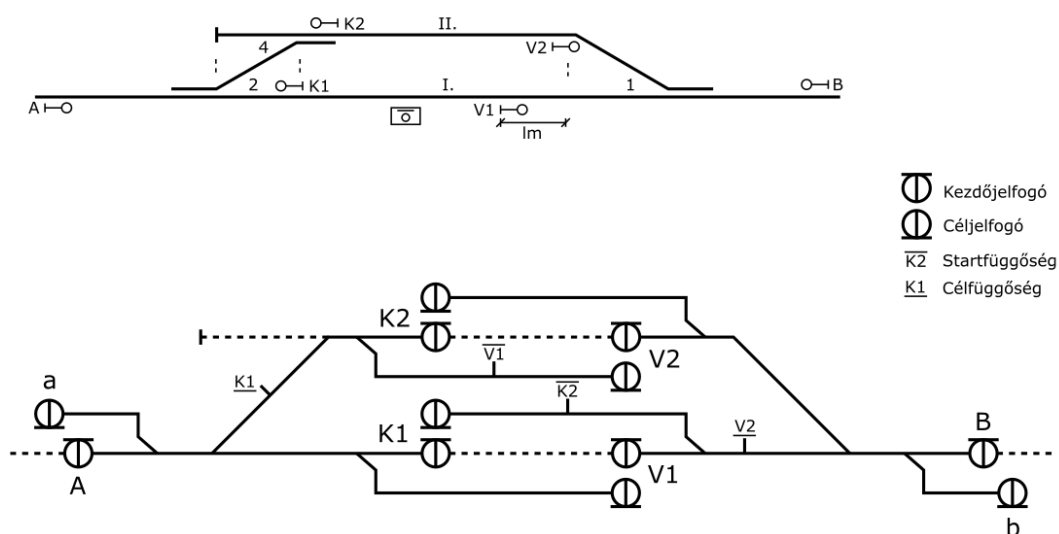
A szabadkapcsolású Integra biztosítóberendezés a menettervi függőségeket a mechanikus berendezésekhez hasonlóan táblázatos elv szerint valósítja meg, azonban már jelfogós logikai áramkörök segítségével. A menettervi függőségek ellenőrzésére a menetbeállító áramkörben kerül sor. A menetbeállítás során az egyes irányokhoz (vonali csatlakozásokhoz) és fogadóvágányokhoz egyedileg tartozó támaszjelfogópárok működnek. Az adott vágányúthoz tartozó megcsúszási függőségek ellenőrzésére a vágányútban érintett fogadóvágány támaszjelfogójának áramkörében kerül sor. Minden fogadóvágányhoz meg van határozva, hogy melyik másik vágányt érintő menetet kell kizárni az adott vágányra érkező menet esetén. A célon túli elemek lezárása, ellenőrzése nem történik meg, a berendezés megcsúszási távolsággal kezeli a veszélyes meneteket. [12]

## Integra Dominó 55 típusú jelfogófüggéses berendezés

A D55 típusú biztosítóberendezésekben a menetek beállíthatóságának és az azokhoz szükséges biztonsági feltételek meglétének ellenőrzését elsődlegesen a kezdő- és céljelfogók áramköre végzi. Ezen áramkör feladata tehát azt is megvizsgálni, hogy a beállítandó vágányútra veszélyes menet – ideértve a közvetett, azaz megcsúszás általi veszélyeztetést is – nincs beállítva és lezárva, illetve nem kezdődött meg ilyennek beállítása és lezárása. A kezdő- és céljelfogók geografikus áramköri rácsra csatlakoznak, a vágányútban érdekelt kezdő- és céljelfogók a rácson keresztül sorba kapcsolódva húznak meg.

A veszélyes menetek meglétének vizsgálata elsősorban az idegen vágányutakban érdekelt kezdő- és cél- (valamint célretesz) jelfogók érintkezőinek segítségével valósul meg. Amennyiben nem áll rendelkezésre kellő számú érintkező, vagy célszerűbb a függőséget más módon beépíteni, lehetőség van ún. menetfüggőségi jelfogók alkalmazására. A start menetfüggőségi jelfogó a kezdőjelfogó, míg a cél menetfüggőségi jelfogó a cél-, illetve célretesz jelfogó működését követi le. Lehetőség van annak ellenőrzésére is, hogy adott váltót érintő menet van-e beállítva a váltó első váltólezáró jelfogójának vizsgálatával, ekkor váltólezárást követő menetfüggőségi jelfogót lehet alkalmazni. Amennyiben veszélyes menet csak a váltó adott állásában lehetséges, a váltóvezérlő jelfogó érintkezője is beköthető a menetfüggőségi jelfogó áramkörébe az első váltólezáró jelfogóé mellett.

A kezdő- és cél-, valamint célretesz jelfogók és a menetfüggőségi jelfogók érintkezőit a geografikus rácson úgy kell elhelyezni, hogy működésükkel valamennyi veszélyes menet beállíthatóságát megakadályozzák (14. ábra). A megcsúszási függőségek kezelése mereven, így az említett jelfogók segítségével történik. A célt követő objektumok állapotát a berendezés nem vizsgálja, azok nem kerülnek lezárásra, a tehát a D55 esetében is megcsúszási távolságról lehet beszélni. [2]



**14. ábra:** Indirekt veszélyeztetések kizárása a kezdő- és céljelfogók áramkörében (D55)

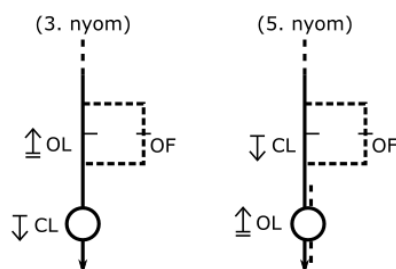
## Integra Dominó 70 típusú jelfogófüggéses berendezés

Habár a D70 berendezés nyomvonalas szerkesztési elvű és a direkt veszélyeztetéseket rendszertechnikájából adódóan képes kizárni, a megcsúszási függőségek kezelése a berendezés egyedi programozásával történik.

Az indirekt oldalirányú veszélyeztetés (megcsúszás oldalirányból veszélyeztet menetet) kizárása szoros összefüggésben van az oldalvédelemkeresés logikájával. A berendezés a vágányutak útvonalának kijelölését követően megkezdje a vágányút lezárását, amire a 3. nyomáramkör szolgál. A lezárás a célból indul, ahol megtörténik a céllezáró támaszjelfogó (CL) átfordítása. A lezárás ezután a start felé haladva az útvonal által előzetesen kijelölt állásba vezérli a váltókat, majd lezárja azokat.

Ezzel együtt automatikusan megindul az oldalvédelem keresése is az érintett váltók igénybe nem vett szárain, amire a 4. és 5. nyomok szolgálnak. Ha az oldalvédelemkeresés gyökkel álló váltót talál, azt elkéri és lezárja (oldalvédelem lezáró jelfogó (OL) segítségével), csúccsal álló váltón pedig szerteágazik. Ha kettősterelő váltó más vágányút számára ad védelmet, a védelem továbbadásra kerül annak csúcsa felé. Ha a védelemkeresés háttal álló jelzőt talál, lezárja azt az oldalvédelem lezáró jelfogó működtetésével. Az oldalvédelemben lezárt objektumok a védelem adását nyugtázzák a keresést indító váltó felé a 6. és 7. nyomon. Az oldalvédelmi feltételek megléte a 8., vágányútellenőrző nyomáramkörben kerül ellenőrzésre.

A védelemkeresés logikája szerint azok a jelzők, amelyek oldalvédelemben le vannak zárva, célként nem szerepelhetnek, illetve a célként lezárt jelzők oldalvédelmet nem adhatnak. Ezt az oldalvédelem lezáró és céllezáró jelfogók egymás áramköreibe épített érintkezői biztosítják. Amennyiben azonban a megcsúszási hossz megvan a védelmet nyújtó jelzőtől a védelmet kérő váltóig, a jelző egyidejűleg célként beállítható és oldalvédelemben lezárható. Erre szolgál az oldalvédelem feloldó jelfogó (OF), amelynek a céllezáró és oldalvédelem lezáró jelfogókéval párhuzamosan kötött érintkezője feloldhatja a függést (15. ábra). A megcsúszási hossz megléte függhet attól, hogy mely váltótól érkezik oldalvédelmi kérés, ideértve azt is, hogy kettősterelő váltótól továbbadott kérés a váltó mely szára felől érkezik. Az oldalvédelem feloldó jelfogó ilyesfajta függőségeit szabadkapcsolásban kell bekötni. Az oldalvédelem feloldó jelfogó bekötését mindig egyedileg kell tervezni.



**15. ábra:** Oldalvédelmi célkizárás, és feloldási lehetősége D70 berendezésben

Ha megcsúszások oldalirányból kölcsönösen veszélyeztetik egymást, vagy ha az ellenirányú menetek megcsúszási övezetei átfedik egymást, egyedi kizárásokat kell alkalmazni. A függőségek beépítésére a céllezáró jelfogó áramkörében és a vágányútellenőrző (8.) nyomban is lehetőség van (pl. az ellenséges megcsúszáshoz tartozó cél céllezáró jelfogó érintkezőjének beépítésével).

A megcsúszások kezelése tehát megcsúszási távolságokkal történik, előre, egyedileg beépített (vagy éppen feloldott) célkizárások segítségével. A célon túli elemek nem kerülnek lezárásra, azonban a berendezés alkalmas a célt követő első szakasz foglaltságának ellenőrzésére.

A budapesti Észak-Déli metróvonalon a MÁV D70 típusú berendezésével lényegében megegyező felépítésű, de a BKV terminológiájában „Dominó 67” (D67) típusjellel ellátott berendezések üzemelnek (nem azonos a MÁV D67 berendezésével, mely rendszertechnikailag a D55 berendezés tolatóvágányutassá bővített változata [2]). Ezeknek a berendezéseknek az érdekessége, hogy – az AVR vonatbefolyásoló rendszer megfelelő működése érdekében – a megcsúszásban érintett váltók lezárásával megcsúszási vágányutakat építenek fel, szemben a MÁV D70 berendezéseivel. [5] [8] [13]

## Siemens SIMIS IS típusú elektronikus biztosítóberendezés

A SIMIS IS berendezés táblázatos logikájából következően a megcsúszási függőségek rugalmasan tervezhetőek. A berendezés a rövid (50 m-es) megcsúszásokat megcsúszási távolságokkal, míg a hosszú (300 m-es) megcsúszásokat megcsúszási vágányutak segítségével valósítja meg. A rövid és hosszú megcsúszások számára külön függőségi táblázatok vannak fenntartva, melyekben célpontonként (és azon belül csúszási irányonként) megadhatóak a lezárni kívánt váltók lezárási irányai, illetve a megcsúszási igénybevételekre kijelölt (valamint azon belül a foglaltságra is ellenőrizendő) szakaszok listája.

A megcsúszási távolságok esetén alapértelmezetten a megcsúszási hossz által meghatározott megcsúszási övezeten belüli valamennyi foglaltsági szakasz igénybevétele előírásra kerül, a váltókat lezárni nem kell. Igény esetén irányfüggő megcsúszás is tervezhető egy megcsúszásban érintett váltó lezárásának előírásával. Ilyenkor az adott csúszási irányban a váltót követően csak a lezárás iránya által meghatározott igénybevételeket kell figyelembe venni. Lehetőség van ezen felül nem érintett váltó lezárására megcsúszási oldalvédelem biztosítása céljából.

A megcsúszási vágányutak esetén a megcsúszási övezeten belüli valamennyi lehetséges megcsúszási célhoz vezető útvonalak külön megcsúszási irányt jelentenek. A megcsúszási vágányutakban érintett váltókat (függetlenül attól, hogy gyökkel vagy csúccsal érintettek) le kell zárni. A megcsúszási vágányutakban csak az útvonal által érintett szakaszok igénybevételeivel kell számolni.

A megcsúszási vágányutakban is előírható nem érintett váltó lezárása oldalvédelmi célból. Céljelzőnként négy megcsúszási irány tervezését engedi a berendezés. (A megcsúszási vágányutaknak általánosságban csak alapvágányútnak megfelelő, vagy védőcsónkában végződő útvonalakat szokás tervezni.) [7]

## Thales Elektra 2 típusú elektronikus biztosítóberendezés

Az Elektra típusú berendezések a megcsúszási függőségeket egységesen megcsúszási vágányutak segítségével valósítják meg. Minden céljelzőhöz legfeljebb kettő irány tervezhető, egy céljelzőnél azonos számú (egy vagy kettő) rövid és hosszú megcsúszásnak kell lennie. A megcsúszási vágányútban érintett valamennyi váltó lezárásra kerül. A megcsúszási vágányutak számára a vágányutakhoz hasonlóan oldalvédelmet keres.

A megcsúszási célpontok külön topológiai elemként működnek, az egymást átfedő megcsúszási célok kizárják egymást. A megcsúszási igénybevételek így nem kizárólag szakaszhoz kötöttek, a szakaszhatárokon átlapoló megcsúszási célok tervezhetőek. A berendezés különböző egyedi függőségek megvalósítására is alkalmas.

## 2.4. A FEDIT tervezőeszköz

A FEDIT egy, a Bi-Logik Kft. által fejlesztett tervezőeszköz, melynek elsődleges célja a függőségi tervek automatizált, egységes rendszerben történő előállítás. A program alapja egy objektumalapú szerkesztő, az állomások torz helyszínrajzát lehet vele elkészíteni, a megfelelő objektumok és azok adatainak felvételével.

A program a Bi-Logik Tervezést Támogató Rendszer (TTR) nevű térinformációs rendszeréből képes automatikusan legenerálni a torz helyszínrajzot, ugyanis a TTR rendszerben a vágányhálózat méretarányos helyszínrajza a hozzátartozó objektumokkal (jelzők, számlálópontok stb.) szelvényhelyesen, főbb tulajdonságaival megadva vannak eltárolva. Az importálást követően a végső torz rajz előállításához csak minimális szerkesztési munka szükséges.

A program a torz helyszínrajzként megjelenő objektum-kapcsolatrendszerből gráfmotor segítségével állítja elő a táblázatos és grafikus függőségi terveket. Ehhez minden objektum függőségi szempontból releváns tulajdonságát projektálni lehet. Főbb objektumtípusok pl. váltók, jelzők, számlálópontok, kerülőgombok, vágányszakaszok, sorompók.

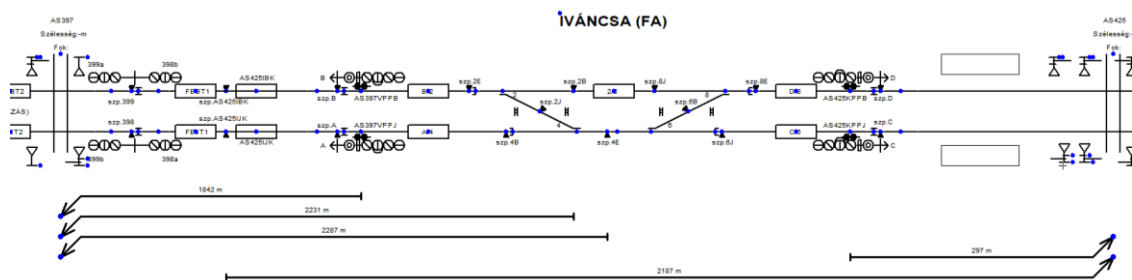
A program elsősorban elektronikus biztosítóberendezések projektálásához szükséges függőségi táblázatok előállítását szolgálja. A FEDIT használatával kiküszöbölhetők az állomások méretének növekedésével egyre átláthatatlanabb függőségi rendszerek manuális tervezéséből adódó hibák. Ezen felül a program biztosítja a táblázatos és grafikus tervek közötti koherenciát.

Más megközelítésben a program tulajdonképpen úgy viselkedik, mint egy virtuális nyomvonal elves biztosítóberendezés. A nyomvonal elves berendezésekhez hasonlóan modulárisan felépíthető, az egyes projektálási eseteket az objektumokhoz rendelve egyszerűen programozható, azonban a felépült topologikus függőségi rendszer még nem „élesben” működik, csupán a táblázatos függőségek előállítása történik meg. Azaz a nyomvonal elves logika előnyeit a tervezési fázisba átültetve biztosítható az egyszerű felépítésű, de nehezen átlátható táblázatos rendszerű berendezések gyors, pontos és kényelmes tervezése.

A FEDIT segítségével egy-egy vonalszakasz több állomását külön egységként lehet kezelni a különböző rétegbeállítások segítségével, mind rajztechnikai, mind függőségi szempontból. A program segítségével mind a rajzi, mind a táblázatos terveket egyszerűen lehet exportálni.

### 2.4.1. Objektumok

A program alapja a torz vágányhálózati rajzként megjelenő objektum-kapcsolatrendszer. (16. ábra) A programban minden, függőség és rajztechnika szempontjából releváns objektum elérhető. Minden objektum alapja egy főpont, a külön konfigurálható tulajdonságokat – pl. vágányszakaszok, váltók szárainak mozgatása – ehhez viszonyítva kell elvégezni. Az egyes objektumtípusokhoz számos járulékos elem tartozik, pl. névfelirat, szelvényszám a szelvénymezőben vagy váltók esetében a biztonsági határ, melyek szintén külön mozgathatók, konfigurálhatók.



**16. ábra:** A FEDIT eszközzel szerkeszthető torz helyszínrajz (részlet) (forrás: [7])

### Váltó

A vágányhálózatot jelentő gráf csúcsai a kitérők. A kitérőkhöz alapvetően két szelvényszámot kell rendelni: a csúcsét és a biztonsági határét. Bár a határjel a kitérő többi részétől függetlenül mozgatható, mindig kitérőobjektumhoz van rendelve.

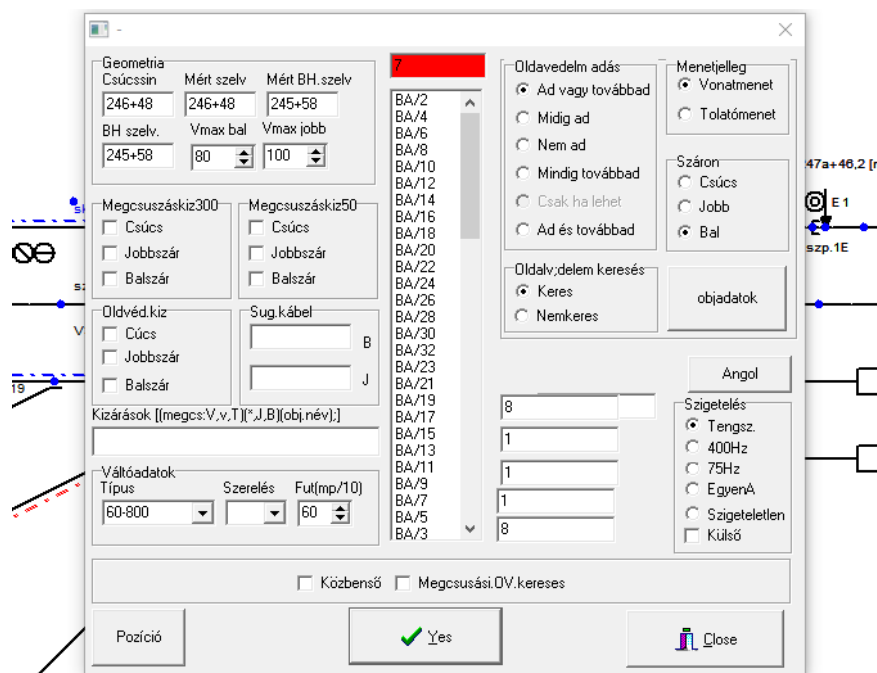
A szimbólumkészletből tetszőlegesen lehet különböző hajlású és irányú kitérőket kiválasztani. A szimbólumtól függetlenül a maximálisan megengedett sebességek száranként megadhatók. Ezen felül a kitérő típusát is fel lehet venni (pl. B54-XI).



A ráfutási szakasz hosszának számításához meg lehet adni a váltó futásidejét is. Esetleges fejlesztési lehetőség a kiépítési típus alapján alapértelmezetten megadott sebesség és futásidőadatok automatikus bevitele.

Minden kitérőnél egyedileg projektálható, hogy oldalvédelem keresésekor hogyan viselkedik. Egyrészt be lehet állítani száranként, hogy az adott váltó adott irányban keres-e oldalvédelmet. Másrészt, szintén száranként megadható, hogy a váltó ad-e oldalvédelmet: külön vonatmenetekre és tolatómenetekre projektálható, hogy a váltó *ad vagy továbbad*; *mindig ad*; *mindig továbbad*; vagy *ad és továbbad*.

A váltókban az is beállítható, hogy megcsúszásban keressen-e oldalvédelmet, illetve projektálható, hogy közbenső váltóként viselkedjen-e. (17. ábra)



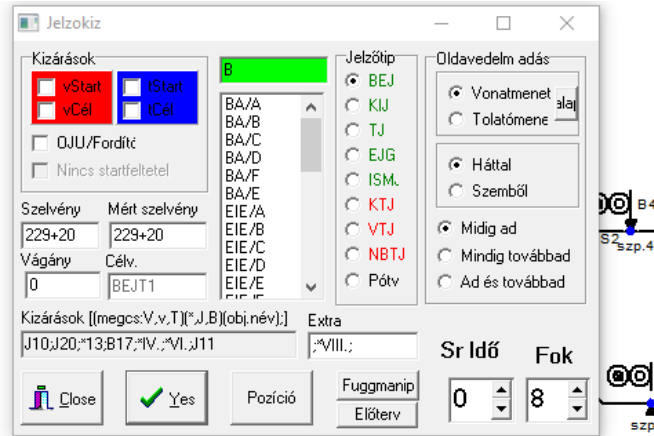
17. ábra: Váltók konfigurálását lehetővé tevő szerkesztőablak (FEDIT) (forrás: [7])

## Jelző

A programban természetesen lehetőség van különböző jelzők megadására szelvényhelyesen. A szimbólumkészletből tetszőleges kiépítésű főjelzőket, előjelzőket, ismétlőjelzőket és tolatásjelzőket lehet kiválasztani. Külön megadható a jelző szerepe: pl. hogy bejárati-, kijárat-, vagy térközjelzőként, esetleg vonali vagy közbenső tolatásjelzőként funkcionál-e.

Kiválasztható, hogy adott jelző vonat- vagy tolatómenetek számára célként vagy startként szerepelhet-e. Ennek pl. kijárat jelzők esetében lehet jelentősége, ha nem kerülendő, hogy tolatásjelzővel egyesített főjelzőként működjön, vagy csonkavágányok jelzőinek esetében, ahol csak start, illetve cél lehetséges az egyes jelzőknél.

A jelzőknél beállítható, hogy ÖJÜ célként használható-e, illetve megadható, hogy van-e startfeltétel-ellenőrzés. Ezen felül különböző, a vágányútkeresésnél fontos kizárások építhetők be az egyes jelzőkbe (lásd: 2.4.3.). Lehetőség van a megcsúszási kizárások manipulálására is mind 50 m-es, mind 300 m-es esetben. (18. ábra)



18. ábra: Jelző konfigurálását lehetővé tevő szerkesztőablak (FEDIT) (forrás: [7])

## Számlálópont

A program fontos részei a számlálópontok. Tekintve, hogy a FEDIT elsősorban elektronikus berendezések tervezésének támogatására készült, tengelyszámlálás foglaltságérzékelésre lett optimalizálva. Amennyiben sínáramkörös foglaltságérzékelés van, a szigetelt sínütközők feleltethetők meg a tengelyszámlálóknak.

Számlálópontok esetén különösen fontos a megfelelő szelvényezés, hogy a váltó csúcsától, biztonsági határától, illetve a jelzőtől megadott távolságok pontosak legyenek, amiknek függőségi szempontból kiemelt jelentősége van. Fontos, hogy egy jelzőt mindig számlálópont kell kövessen. A program akkor fog helyesen működni, ha a számlálópontot a jelző háta mögé kerül.

## Kerülőgomb

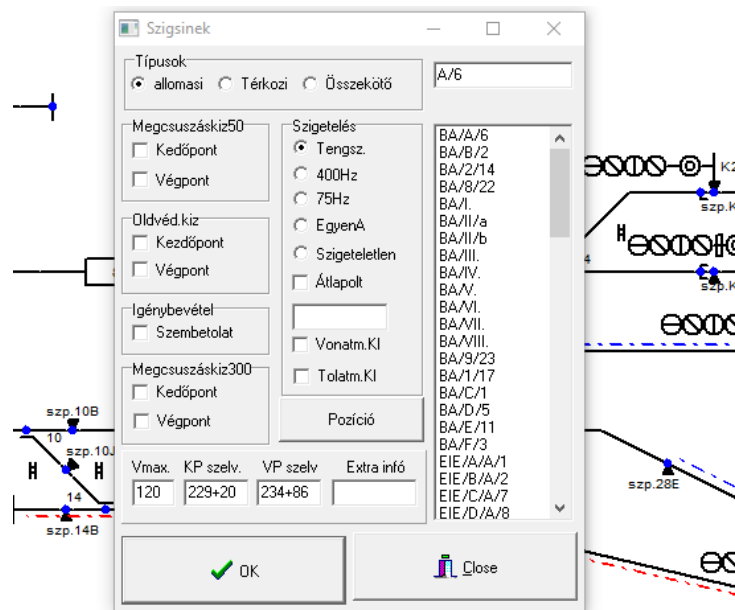
A kerülővágányutak megfelelő működését biztosítandó kerülőgomb objektumok állnak rendelkezésre. A kerülőgombok esetén is lehetőség van a vágányutak meghatározásához szükséges kizárások projektálására (lásd: 2.4.3.). A kerülőgomb a torz helyszínrajzon egyszerű vágányszakaszként jelenik meg.

## Vágányszakasz

A program külön objektumként kezeli az önálló foglaltsági szakaszokat. A vágányszakaszok esetében is lehetőség van megadni maximális megengedett sebességet, ám ez alapértelmezetten nem kell eltérjen a maximális pályasebességtől.

A vágányszakasz kezdő- és végpontjának szelvénye a csatlakozó (vagy legközelebbi) számlálópontokéból automatikusan generálódik. Amennyiben nincs csatlakozó számlálópont, vagy nincs szelvényszám beállítva, a vágányszakasz manuálisan is szelvényezhető.

Megemlítendő, hogy lehetőség van egy átlapolt foglaltsági szakasz felvételére minden szakasz mellett, melynek sorompóindító elemek esetén van jelentősége. További projektálási lehetőség fogadóvágányok esetén, hogy a szakaszon a szembetolatás megengedett-e. (19. ábra)



**19. ábra:** Foglaltsági szakaszok konfigurálását lehetővé tevő szerkesztőablak (FEDIT)  
(forrás: [7])

## Egyéb

Az említetteken felül még számos objektum közül lehet választani. A váltókon felül pl. kisiklasztó saruk és vágányzáró sorompók is rendelkezésre állnak, de az ütközőbak is külön objektumként adható a rajzhoz, illetve sorompó/útátjáró felvételére is lehetőség van.

Rajztechnikai okokból gyakran előfordul, hogy az egyes objektumokat nem lehet közvetlenül egymás mellé illeszteni. Ilyen esetekben lehet összekötő vonalat alkalmazni, amely mind rajzilag, mind logikailag megteremti a kapcsolatot két, a gráf szempontjából szomszédos elem között.

Lehetőség van továbbá szabadszöveg, méretvonal (pl. behatási távolság ábrázolására) vagy szabad rajzi objektumok megadására, melyet a rajz tetszőleges részére be lehet illeszteni. [7]

## 2.4.2. Függőségi tervek előállítása

A FEDIT program a torz helyszínrajz elkészítése és az egyes objektumok igényelte projektálási feladatokat követően képes a függőségi tervek automatikus generálása. A vágányúti lista, a lezárási táblázat, a megcsúszási függőségek, az összetett vágányutak táblázatai mellett képes a sorompófüggőségek, a váltók függőségei, a kényszeroldás-közelítési szakaszok stb. önműködő előállítására.

### Vágányúti lista összeállítása és lezárási tervi függőségek

A vágányúti lista összeállítása a lehetséges vágányutak keresésével kezdődik. A keresés a gráfmotor segítségével történik. A keresés mindig a startból indul, és jobbról balra haladva járja be a vágányúti gráfot. Amennyiben a keresés egy lehetséges célt talál, az útvonal eltárolásra kerül, majd visszafordul a következő olyan elágazásig (azaz váltóig), melynek be nem járt ága van.

Amennyiben a keresőalgorithmus egy start és egy cél között több lehetséges útvonalat talál, az alapértelmezett menetirány szerint (azaz a start irányából nézve) a jobb szélső ágot veszi figyelembe.

A program minden vágányúthoz automatikusan hozzárendeli az érintett elemek megfelelő irányban történő lezárását és valamennyi foglaltsági szakasz igénybevételét. Az oldalvédelem keresése a nyomvonal elvesztésbiztosítóberendezésnél megszokott módszerrel történik, az igénybe vett váltók nem érintett szárán a keresés egy oldalvédelmet nyújtani képes váltóig vagy jelzőig terjed. Az oldalvédelemben foglaltságra ellenőrizendő szakaszok kijelölése is megtörténik. A sávhatár keresésének távolsága limitálva van.

A vágányút függőségei közé felvételre kerülnek az oldalvédelemben lezárandó, és célkizárást igénylő jelzők. A startjelző lehetséges jelzési fogalmai meghatározása automatikusan, a váltók szárain projektált sebességeknek megfelelően történik.

Amennyiben egy start és egy cél között több útvonal is felépíthető, a nem kívánt útvonalak kizárásait manuálisan kell projektálni. Mivel bizonyos vágányhálózat-méret felett az egyes kerülési lehetőségek nehezen átláthatók, az alapirány-meghatározás automatizálására szükség van. Ennek egy lehetséges módját kívánja bemutatni a 3.1. fejezet.

### Összetett vágányutak

A program adott állomáson alapértelmezés szerint minden lehetséges összetett vágányutat megkeres, azaz a keresés nem áll meg az első megtalált célpontnál, hanem továbbhalad az utolsó értelmezhető célíg. Ez azt eredményezi, hogy adott start és cél között számos közbenső cél megtalálásra kerülhet, például bejáratról-bejáratig valamennyi érinthető fogadóvágány kijáratit jelzője.

Annak érdekében, hogy az összetett vágányutak helyesen működjenek – azaz egy start-cél kombinációhoz csak egy lehetséges közbenső cél legyen megadva – az alapvágányutak meghatározásához hasonlóan kizárásokat kell alkalmazni. (lásd.: 3.1.3.)

A program kezeli a tolatóvágányutak specialitásait. Meg kell említeni továbbá az összetett tolatóvágányutak specialitásait. Összetett tolatóvágányutak keresése tolatásjelzővel egyesített főjelzőnél megáll, azaz tolatóvágányutat nem lehet „átnyomni” főjelzőn.

## Megcsúszás

A program a vonat- és tolatóvágányutak lehetséges megcsúszási útjainak keresését automatikusan elvégzi. Egyaránt képes kezelni a különleges kizárással megvalósított (megcsúszási távolságos) és vágányutas megcsúszásokat (bővebben: 2.3.1.). A program képes a rövid és hosszú megcsúszások meghatározására is.

Az egyes berendezések általában korlátozott számú megcsúszás tervezését engedik céljelzőnként, így különböző kizárások projektálásával (hasonlóan az alapvágányutak meghatározásához) lehetőség van a nem kívánt megcsúszási lehetőségek törlésére.

A program képes a megcsúszások alapszintű optimalizálására, azonban azt nem teljeskörűen végzi. A 3.2. fejezet célja egy olyan lehetséges algoritmus bemutatása, mellyel a megcsúszások optimalizálása általánosan végezhető.

## Kettősterelő váltók

A kettősterelő váltók keresése automatikusan megtörténik: amennyiben egy váltó mindkét állását igényelhetik oldalvédelemben, a védelem esetleges továbbadásáról a program gondoskodik, a távvédelmet adó elemek meghatározásával. A program képes megállapítani, hogy valódi – azaz két különböző vágányút által kért –, vagy saját kettősterelésről van-e szó.

## Egyéb függőségi táblázatok

A program az egyéb függőségi táblázatokat is automatikusan generálja. A váltók speciális függőségeinek (ráfutás, közbezárás-kizárás, sorrendi függőségek), az ÖJÜ-höz kapcsolódó különböző függőségek és időzítések, kényszeroldás-időzítések, sorompófüggések táblázatai is kitöltésre kerülnek.

## Grafikus függőségi terv

A programban a grafikus függőségi terv a torz helyszínrajzból automatikusan előáll. A jelzők helyén a stilizált nyomógomb-szimbólumok tűnnek fel, továbbá a számlálópontok helyén a szakaszhatárt jelző szakadás látható. A torz rajzon megjelenő számos elem, pl. a szelvényező, egyes feliratok, távolságobjektumok – melyek függőségi szempontból irrelevánsak – lekapcsolásra kerülnek, míg pl. a kerülőgombok szimbólumai láthatóvá válnak.

A rajzra felkerülnek az oldalvédelmi sávhatárt mutató pontok, továbbá a fényvédelemre utaló jelzések. A váltók függőségeihez kapcsolódva megjelennek a közbezárás-kizárást és a ráfutási függést mutató szimbólumok.

Megcsúszási távolságok esetén a céljelzők szimbólumai mellett különleges kizárás-ként megjelennek a rövid megcsúszásban igénybe vett, foglaltságban ellenőrzött vagy lezárandó szakaszok – úgy vonat-, mint tolatóvágányutak esetén. Vágányutas megcsúszások esetében a megcsúszási célt jelentő nyilak kerülnek rá a rajzra, a hozzátartozó céljelző(k) megnevezésével. A megcsúszási célt szimbolizáló nyilak a szakaszhatár objektumokhoz vannak rendelve. [7]

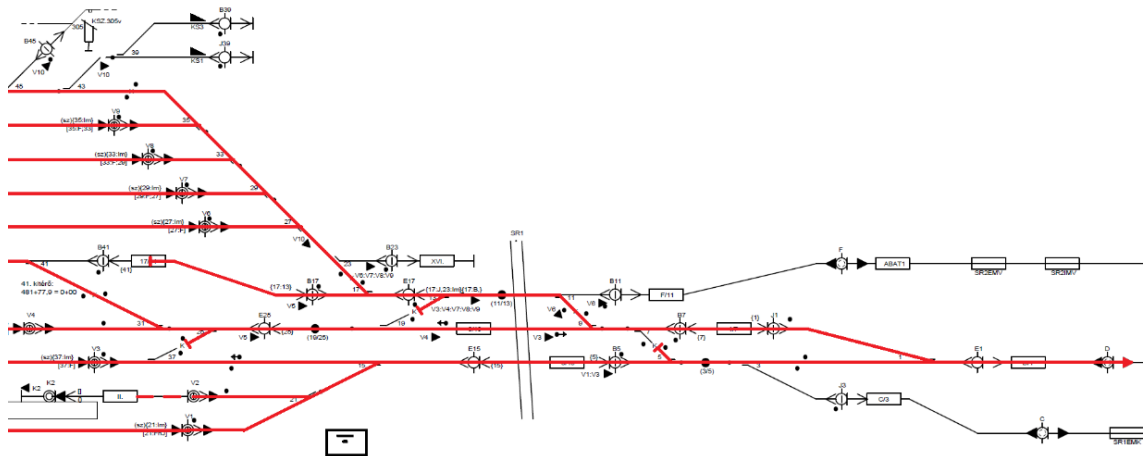
### 2.4.3. Kerülővágányutak kezelése

A vágányúti lista összeállítása a lehetséges vágányutak keresésével történik, a gráfmotor segítségével. A keresés mindig a startból indul, és jobbról balra haladva járja be a vágányúti gráfot. Amennyiben a keresés egy lehetséges cél(jelző)t talál, visszafordul a következő olyan elágazásig (azaz váltóig), melynek be nem járt ága van.

Amennyiben a keresőalgorithmus egy start és egy cél között több lehetséges útvonalat talál, a start irányából nézve a jobb szélső ágat veszi figyelembe. Ezért minden olyan esetben, ahol nem egyértelmű az útvonal, lehetőség van a figyelembe veendő alapvágányutak meghatározására a nem kívánt ágak kizárásával. A kizárások hozzáadására a célpontban van lehetőség. Kizárni váltó csúcsát és szarait, vágányszakaszt és kerülőgombot lehet.

A nem kívánt vágányutak esetében úgy célszerű gondolkodni, hogy a meghatározott alapvágányúttól a nem kívánt kerülő útvonal valamely váltónál elválik, majd a célpont előtt visszatér az alapvágányút nyomvonalára. Mindig az elágazási pontnál (mely egy, a start felé csúcsával álló váltó) kell meghatározni a bejárni nem kívánt szarát.

A program keresési logikájának sajátosságaiból következően nem ezt a szarát kell kizárni – ugyanis a start felől nézve csúccsal álló váltóknak csak a csúcsát, a gyökkel álló váltóknak pedig a szarait találja meg az algoritmus –, hanem a nem kívánt száron elindulva található következő elemet (mely legtöbb esetben egy, a start felől gyökkel álló váltó szára). (20. ábra)



**20. ábra:** Adott célponthoz vezető fa projektálása a FEDIT programban (forrás: [7])

Ezt az eljárást minden célpontban, minden lehetséges kerülővágányútra elvégezve célpontonként adódik egy kizárási lista, amely egyértelműen meghatározza, hogy a vágányhálózat tetszőleges pontja adott célpontból nézve milyen útvonalon érhető el (feltéve, hogy elérhető). Tulajdonképpen tekinthető úgy, hogy egy célpont felől minden „teknő” kiiktatásra került a gráfból, így egy adott célpontra érvényes „fát” kapva, ezzel egyben definiálva a lehetséges alapvágányutakat is.

Az alapvágányutak mellett lehetőség van kerülővágányutak projektálására is. A kerülővágányutak helyes működéséhez kerülőgomb típusú objektumokat kell a vágányhálózat megfelelő pontjaira helyezni. A kerülőgombok tulajdonképpen egyszerre szolgálnak start és célpontként: a start felől induló keresés az alapvágányutak meghatározása után a kerülőgombokat közbenső célként tárolja el, ahonnan a keresés később szerteágazva továbbindul a következő célpontig (valódi céljelző vagy következő kerülőgomb).

A céljelző felől nézve az előző megfontolások alapján a kizárások egyértelműen meghatározzák, hogy adott kerülőgombtól milyen úton érhetőek el. Ahhoz azonban, hogy a vágányúti lista megfelelő legyen, az egyes kerülőgombokban – mint célokban – szintén meg kell határozni a megfelelő kizárásokat, ha valamely startponttól (ami lehet egy megelőző kerülőgomb is) nem egyértelmű az útvonal – másképp fogalmazva a megelőző vágányhálózat „teknőt” tartalmaz. A program azt a kerülőgombok által kijelölt vágányutat, mely megegyezik az alapvágányúttal, automatikusan figyelmen kívül hagyja.

A vágányúti lista teljességéhez nem csak a kizárások helyes megadása szükséges, hanem a kerülőgombok megfelelő elhelyezése is. A gombok telepítésénél arra kell ügyelni, hogy a váltókörzet valamennyi „teknőjének” (legalább) a kerülőként definiált ágán legyen (legalább) egy kerülőgomb.

Az alapvágányutak meghatározásához hasonlóan történik az összetett vágányutak projektálása is. Az alapvágányutak meghatározásához szükséges kizárási listát ki kell egészíteni úgy, hogy minden szóba jövő startpontpont felől egyértelmű legyen a bejárando út vonal.

Ez azt jelenti, hogy nem elegendő a nem kívánt közbenső célokat érintő útvonalakat kizárni, hanem ügyelni kell arra is, hogy az esetleg egyértelmű start-közbenső cél-cél kombinációkon belüli változati vágányutak közül a nem kívánatosak ki legyenek zárva („kerülő összetett vágányutak”, és „összetett kerülővágányutak” esete, lásd. 3.1.3.). Hiszen bár a közbenső cél és a cél között csak az alapvágányút vehető figyelembe a célban előzetesen megadott kizárások miatt, viszont a közbenső cél kizárásait a cél nem „örökli”, azaz a közbenső célt megelőzően a program megtalálná a lehetséges kerülővágányutakat is. [7]

#### 2.4.4. Megcsúszás-optimalizálás

A FEDIT program jelenleg képes alapszintű optimalizáció elvégzésére a függőségek meghatározása során, azonban ez nem fed le minden esetet teljeskörűen, és továbbra is vannak feladatok, melyeket manuálisan kell megoldani.

Az optimalizálás jelenleg úgy zajlik, hogy kiválasztásra kerülnek azok az esetek, ahol csúccsal álló váltó van a megcsúszási távolságon belül. Az ilyen megcsúszások esetén a program megvizsgálja, hogy azok a váltó különböző szárain egymástól független megcsúszások által veszélyeztetve vannak-e. Ha igen, az azt jelenti, hogy minden esetben, ha a megcsúszáshoz tartozó célhoz menet beállításra kerül, mindkét, egymástól független menet – feleslegesen – kizárásra kerül. Ezt a program az adott váltóra irányfüggő megcsúszás előírásával kezeli, hiszen ilyenkor mindig csak az adott irányban releváns menet kerül kizárásra.

A veszélyeztető menetek a veszélyeztető megcsúszásoktól eltérő módon kerülnek figyelembevételre, ugyanis a vágányutak a nevezett váltót elkérik oldalvédelemben. Ekkor azon a száron, ahol a megcsúszást veszélyeztető menet lehetséges, a szakaszigény-bevétel törlésével biztosítható a két menet egyidejű megengedhetősége, hiszen az oldalvédelem biztosítja a megcsúszás elkülönítését.

A programban manuálisan projektálni lehet minden váltó esetén egyesével azt, hogy az megcsúszásban keressen-e magának oldalvédelmet. A program ezt felismeri, és ha olyan megcsúszás veszélyezteti a nevezett megcsúszást, amely a csúccsal álló váltót képes oldalvédelemben elkérni, akkor a veszélyeztető vágányutakhoz hasonlóan, a kérdéses száron az igénybevétel törlésével történik az optimalizálás.

A program jelenlegi működése számos esetben megkönnyíti a tervezést, azonban mivel nem fed le minden esetet, és a megcsúszási oldalvédelem is csak manuális projektálással lehetséges, így ez a funkció még továbbfejlesztésre szorul. [7]



## 3. Optimalizálási feladatok megoldása

Ezen fejezet célja ismertetni az optimalizálási feladatok javasolt megoldásait. Az első részben az alapvágányút-keresés automatizálásának lehetséges folyamata kerül bemutatásra. A második rész a megcsúszások optimalizálásának általános módszertanáról ad leírást.

### 3.1. Alapvágányút-keresés automatizálása

Az alapvágányút-keresés automatizálásának célja, hogy a vágányútváltozatok manuális keresésének erőforrásigényes folyamata kiváltható legyen. A dolgozat ehhez kapcsolódóan javaslatot tesz – a manuális tervezés során jelenleg is fő szempontokként figyelembe vett optimalizálási elveknek megfelelően – a vágányútváltozatok algoritmizált rangsorolására is. Ehhez kapcsolódóan a kerülőgombok elhelyezésére is kitér a fejezet, valamint az összetett vágányutak, illetve a tolatóvágányutak sajátosságai is bemutatásra kerülnek.

#### 3.1.1. Vágányútváltozatok rangsorolása

A 2.2.2. fejezetben bemutatott optimalizálási szempontok alapján több lehetőség is adódik a vágányútváltozatok közötti hierarchia felállítására, az alapvágányút kiválasztására. Ebben a fejezetben két, eltérő megközelítést alkalmazó módszer kerül bemutatásra. Az első módszer lokális optimumokból, lentről felfele építkezéssel dolgozik, míg a második módszer minden startjelző-céljelző hozzárendelésben a valódi optimumot utólagosan igyekszik megtalálni.

Az első módszer alapelvét az a megfontolás képezi, hogy a vágányhálózat két adott pontja között minden esetben definiálható egy optimális útvonal, függetlenül attól, hogy azt milyen vágányút veszi igénybe. Ehhez először is a vágányhálózat minden részén meg kell határozni azokat a relációkat, melyek között több útvonal is lehetséges. Ha minden elképzelhető kerülési lehetőség („teknő”) megtalálásra került, azok között egyesével, az optimalizációt alkalmazva meghatározható az alapirány. Ezt követően a vágányutak részleteiben található kerülési lehetőségekre alkalmazva az előzőekben megkapott optimális irányokat, a teljes vágányút lépcsőzetesen felépíthető.

Ez a módszer nem csak teljes vágányutakban, azaz start-cél relációkban határozza meg az alapirányt, hanem a vágányhálózat tetszőleges pontjai között is. Ez azt jelenti, hogy a vágányút adott pontjához hozzárendelhető egy olyan (gráfelméleti szempontból értelmezhető) fa, amely egyértelműen megmutatja bármely másik pont eléréséhez használatos elsődleges útvonalat. Az optimális pont-pont kapcsolat alapvetően menetirányfüggő (aszimmetrikus), adott pontok között nem feltétlenül kell megegyezzen az alapirány páros ill. páratlan irányban.

A módszer alkalmas arra, hogy egyértelmű sorrend legyen felállítható az egyes kerülővágányutak között is. Mivel célhoz hozzá lehet rendelni az alapirányok alkotta „fát” (mely a vágányhálózat tetszőleges pontjainak elérését szolgáló alapirányok összessége), a kerülővágányutak olyan útvonalak lesznek, amelyek a fába nem illeszthetők be, a kerülővágányút a fa egy adott pontján elválízik attól. A kerülővágányút alapiránytól különböző pontján értelmezett másik fán szintén adódni fog egy olyan irány, amely a starttól alapeset szerint elérhető. Így egymásra épülő kerülési lehetőségek esetén a mindig egyértelmű, hogy egy pontból a start/cél milyen útvonalon érhető el elsődlegesen.

Az így felépülő útvonalakra igaz, hogy ha két végpontja között megvizsgálva az alapirányt, az útvonal bármely másik két tetszőleges belső pontja között értelmezett alapirány az eredeti alapirány részét kell képezze. Ebből is következik, hogy a módszer nem feltétlenül a globális optimumot találja meg, mert lehet, hogy egy útvonal két belső pontja közötti optimális irány nem egyezik meg az útvonal végpontjai közötti optimummal. A lépcsőzetes összeállítás előnye ellenben az, hogy bármely pontból felépíthető optimumgráfok valóban fák lesznek, azok kört nem fognak tartalmazni, tehát az alapirányok nem keresztezhetik egymást, ezzel a tervező és a kezelő számára is átláthatóbb rendszert alkotva.

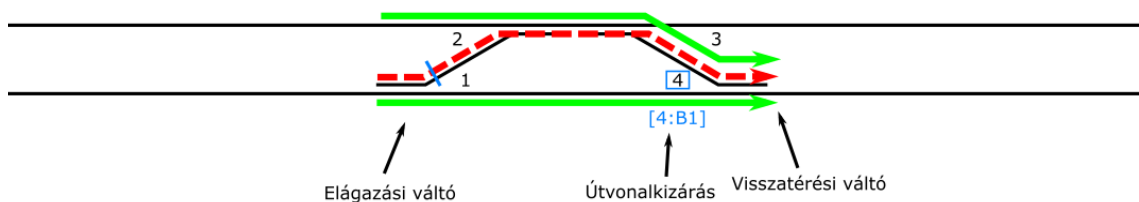
A módszer a FEDIT programban alkalmazott eljárástól (lásd. 2.4.3.) abban különbözik, hogy nem csak célpontokból (ide érte a kerülőgombokat is, mint virtuális közbelső célok) értelmezi az elérhető optimális útvonalakat, hanem a vágányhálózat valamennyi pontjára. Ezen felül a programmal ellentétben a lépcsőzetes felépítés miatt egy startponttól két különböző célpontig vezető alapirány nem keresztezheti egymást. Ugyanis a program, illetve annak projektálási módszertana szerint az egyes „teknőket” mindig célpontként kell értelmezni, egy „teknő” több különböző vágányútban szerepelhet, ahol célpontként más-más alapirány tervezhető. A lépcsőzetes módszer ezzel szemben a vágányhálózat valamennyi „teknőjében” előre definiálja a lokálisan optimális irányt, attól függetlenül, hogy az később milyen vágányutakban szerepel.

További különbség, hogy mivel a FEDIT program az alapirány kiválasztását, illetve a kerülőirányok kizárását csak célpontként tudja kezelni, a kerülőgombok – mint közbelső célok – elhelyezése kiemelt jelentőségű, hogy valamennyi kerülőirány kilistázásra kerüljön, illetve egymásra épülő keresési lehetőségek esetén a megfelelő hierarchia biztosítható legyen. Jelen módszerhez ezzel szemben nem szükséges a kerülőgombok helyének előzetes definiálása, az tulajdonképpen a módszer végén automatikusan előállítható (bővebben: 3.1.2.).

Első lépésben tehát meg kell keresni valamennyi kerülési lehetőséget, azaz „teknőt”. Az útvonalkeresés során minden startjelzőtől induló nyaláb esetében fel kell jegyezni azokat a menetirány szerint gyökkel álló kitérőket, melyeknek másik szárát a keresés korábban már érintette. Ennek oka, hogy ilyenkor a váltót két különböző irányból is érinti a keresés, azaz a váltó egy „teknő” visszatérési pontja.

Ennek egy lehetséges módja, hogy minden gyökkel álló váltó érintésekor valamennyi, az aktuális starttól már korábban megtalált teljes útvonalat (azaz olyat, amely célpontnál visszafordult) meg kell vizsgálni, és ha abban a váltó másik (az aktuális keresési lépésben nem érintett) szára szerepel, fel kell jegyezni, mint visszatérési pontot. Ezt a folyamatot mutatja be (egy jobbról balra haladó útvonalkeresési algoritmus segítségével) a „Teknőkeresés” A.I melléklet.

A FEDIT program, illetve a jelfogós biztosítóberendezések működéséhez (2.2.3.) hasonlóan a megtalált visszatérési pontok esetében ki kell zárni azt az útvonalat, amelyet az optimalizálási eljárás a másodlagosnak ítélte. Ehhez a visszatérési pontban – úgy, mint a programban az egyes célpontoknál – meg kell határozni a „teknő” elágazási váltójának (ami egy, menetirány szerint csúccsal álló váltó) kizárandó szárát, amelyet alapirányként a továbbiakban nem szabad figyelembe venni. A beépített útvonalkizárások alapján egy adott útvonal akkor építhető fel, ha egy általa érintett visszatérési ponthoz sincs hozzárendelve egyetlen elágazási pont szintén általa érintett szára sem (21. ábra).



**21. ábra:** Útvonalkizárás alapján megengedett és kizárt útvonalak elemi teknőben

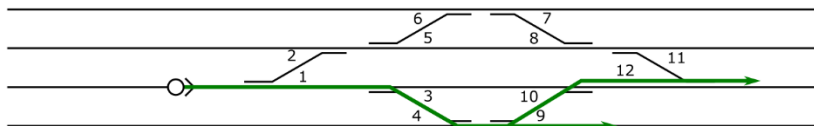
Ennek érdekében az egyes visszatérési pontokat nem elég csak megjelölni, hozzájuk kell rendelni valamennyi olyan „teknő” elágazási váltóját, amelyben visszatérési pontként szerepelnek. A „teknők” listájának összeállításához nem elegendő tehát az útvonalkeresési algoritmus futása során megvizsgálni a gyökkel álló váltókon, hogy másik száruk szerepelt-e már korábbi útvonalban, hanem ha szerepelt, azt is meg kell állapítani, hogy az aktuális kereséstől melyik váltónál ágazott el (utoljára). Azaz a váltó másik szárát korábban érintő útvonal(ak)ban visszafelé haladva, egyesével meg kell vizsgálni az érintett objektumokat, hogy az aktuális útvonal korábbi szakaszában szerepelnek-e. Amennyiben ilyen közös objektum található, a visszakeresés megállítható, és a megtalált közös objektumot – mely a „teknő” elágazási váltója – hozzá kell rendelni a visszatérési ponthoz.

Az előálló elágazási-visszatérési pont párhoz el kell tárolni a két nevezett váltó közötti két (vagy ha a váltó másik szárát korábban már több útvonal is érintette, több) összehasonlított útvonal-szakaszt. A kerülőágak ilyen feljegyzését mutatja be a „Teknő definiálása” (A.II) folyamatábra, a teknőkeresési folyamat (A.I) részeként.

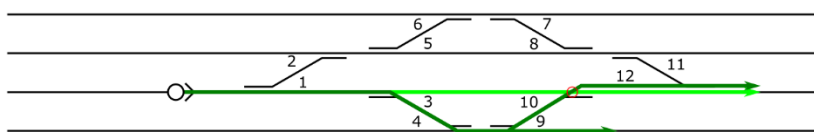
Ha több útvonalban ugyanaz az elágazási pont található meg, azt újból feljegyezni nem kell, csak ki kell egészíteni az adott elágazási-visszatérési pontok közötti útvonallistát, ha korábban feljegyzettel nincs egyezés.

Ezzel a módszerrel a visszatérési pontok automatikusan megjelölésre kerülnek azáltal, hogy a hozzájuk tartozó elágazásipont-lista nem üres. Azt a váltót, amelyhez az eljárás végére egy elágazási pontot sem lehetett hozzárendelni, a továbbiakban vizsgálni nem kell. (22. ábra)

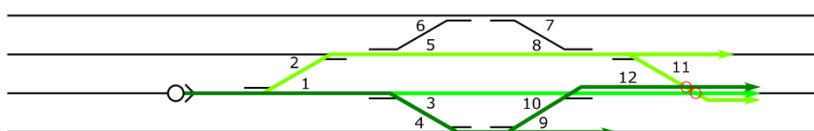
1)



2)



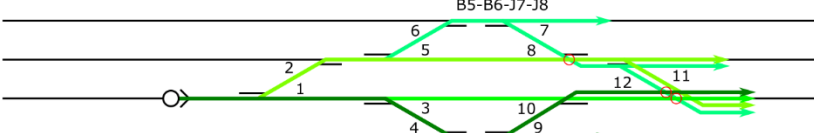
3)



**10/3:**  
J3-J4-B9-B10  
B3-J10

**12/1:**  
J1-J3-J4-B9-B10-B12  
J1-B3-J10-B12  
B1-B2-J5-B8-J11-J12

4)



**8/5:**  
J5-B8  
B5-B6-J7-J8

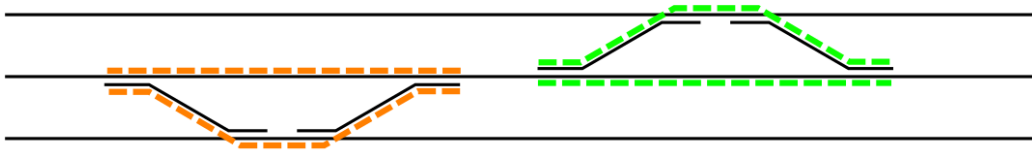
**10/3:**  
J3-J4-B9-B10  
B3-J10

**12/1:**  
J1-J3-J4-B9-B10-B12  
J1-B3-J10-B12  
B1-B2-J5-B8-J11-J12  
B1-B2-B5-B6-J7-J8-J11-J12

**22. ábra:** Teknőkeresés logikája

A gyökkel álló váltókon ezt a vizsgálatot adott startpontból induló nyalábonként kell elvégezni, azaz ha csak egy másik startpontból induló útvonal érintette korábban a váltó másik szárát, azt figyelmen kívül kell hagyni. Ha adott startból a keresési eljárás végigfutott, a következő startpontnál ugyanezt a folyamatot végre kell hajtani. A visszatérési pontokban feljegyzett elágazási váltók listája azonban globálisan értelmezett, nem startponthoz rendelt. Így, ha adott váltóhoz másik startnál már feljegyzett elágazási pont került megtalálásra, azt nem kell újból hozzáadni, továbbá mivel az adott elágazási és visszatérési pontok közötti útvonalak mindegyike megtalálásra kell kerüljön az egy startpontból induló keresések során, így új lehetséges útvonalszakasz-változat hozzáadásával sem kell számolni.

Ha minden, váltópárok között értelmezett kerülési lehetőség („teknő”) megtalálásra került, az optimalizálást valamennyi „teknőre” el lehetne végezni abban az esetben, ha azok egymástól függetlenül kezelhetőek lennének. Két teknőt függetlennek lehet tekinteni, ha a második teknő elágazási pontja az első visszatérési pontja után van (23. ábra).

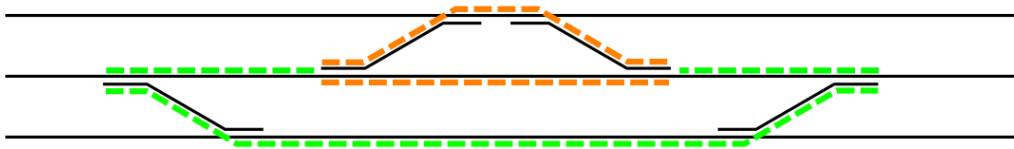


**23. ábra:** Független teknők

Előfordul azonban, hogy egy teknő további teknőket tartalmaz. Ennek két alapvető formája van:

- egy teknő teljes egészében tartalmaz egy másikat, azaz az egyik teknő elágazási pontja a másiké előtt van, visszatérési pontja pedig utána (24. ábra);
- a teknők átlapolnak, azaz az egyik teknő elágazási és visszatérési pontja is a másik megfelelő pontja után van (25. ábra).

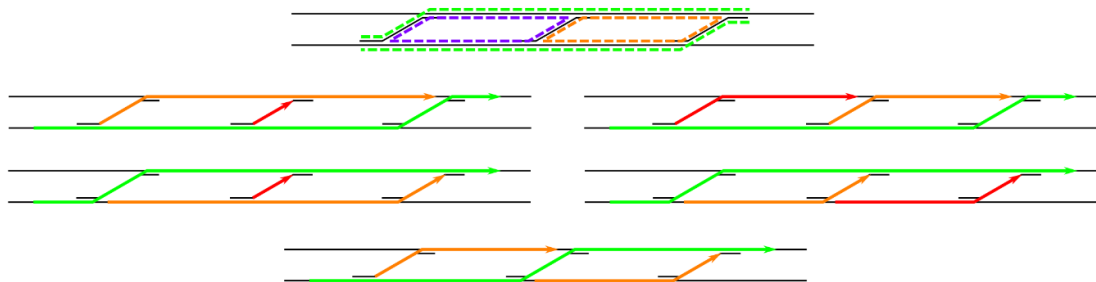
Az első eset könnyen kezelhető, először a kisebb, majd a nagyobb teknőre alkalmazva az optimalizálást az útvonalak egyszerűen rangsorolhatók.



**24. ábra:** Egymást tartalmazó teknők

Második esetben az optimalizálás csak körülményesebben végezhető el. A legegyszerűbb esetben, három egymást követő egyszerű vágánykapcsolat esetén is három kerülési lehetőséget, azaz kört lehet találni a vágányhálózat képezte gráfban.

A nehézséget az adja, hogy az optimalizálást a három teknőre külön-külön alkalmazva előfordulnának olyan esetek, amikor egymásnak ellentmondó útvonal-kizárások kerülnének beépítésre. A három teknő esetében  $2^3$ , azaz nyolc változat lenne elképzelhető, azonban a valóságban csak öt független eset van (25. ábra).



**25. ábra:** Három átlapoló teknő, és az öt független eset  
(zöld: alapirány; narancs: 1. kerülési lehetőség; vörös: 2. kerülési lehetőség)

Már az első esetben is fontos a sorrendiség kérdése (melyik a kisebb, és melyik a nagyobb „teknő”), azonban a második esetben ennek még jelentősebb szerepe van, hogy elkerülhetőek legyenek az egymással kölcsönös ütköző kizárások. Ehhez először is valamennyi váltó között sorrendet kell felállítani. A sorrendbe állítás lényege, hogy a vágnyhálózatban valamely startponttól nézve egy csúccsal álló váltót csak magasabb sorszámú csúccsal álló váltó követhet.

Valamennyi lehetséges startpontból kiindulva az útvonalkeresés során az (alapértelmezetten 0 sorszámú) csúccsal álló váltókat egyesével, emelkedő sorrendben meg kell jelölni. A mennyiben a keresés visszafordul, a számozás a váltó másodiknak bejárt szárán ugyanúgy a váltóét követő sorszámmal kell folytatódjon. Amennyiben egy váltó a kívánt sorszámmal, vagy annál nagyobb már meg van jelölve, felülírni nem szabad, mindig a nagyobb sorszámot kell alkalmazni. Ha a sorszámozás mindkét irányból befejeződik, valamennyi váltó sorszámmal fog rendelkezni, adott irányból nézve a csúccsal állók emelkedő, a gyökkel állók csökkenő sorszámokkal. Két azonos irányban álló váltó is rendelkezhet ugyanolyan sorszámmal, ha köztük nincs sorrendi kapcsolat.

Abban az esetben, ha (mint pl. a FEDIT programban is) megadható a váltó(csúcs) pontos szelvény száma, a sorrendezéstől el lehet tekinteni. A szelvény szám egyértelműen megmondja, melyik kitérő melyiket követheti. Ennek feltétele, hogy a vizsgált hálózatrészen ne legyen olyan hibaszelvény, vagy szelvényugrás, esetleg -fordulás, amely helytelen sorrendhez vezethet.

Az optimalizálást adott irányból mindig az első gyökkel álló váltóban (visszatérési pontban) kell elvégezni, célszerűen a páros és páratlan irányú útvonalakra egymás után végrehajtva. Ez azt jelenti, hogy:

- sorszám alapján a legnagyobb sorszámú gyökkel álló váltót;
- szelvény szám alapján páros irányban a legkisebb, páratlan irányban legnagyobb szelvény számú váltót

kell kiválasztani.

Ha egy váltóhoz nincs hozzárendelve elágazási váltó – azaz nem visszatérési pontja egy teknőnek sem –, a következő gyökkel álló váltóra lehet lépni. Ha a váltóhoz van rendelve elágazási pont, az optimalizációt el kell végezni. Amennyiben több elágazási váltó is meg van jelölve, mindig visszafelé haladva, a visszatérési ponthoz legközelebbivel kell kezdeni, azaz:

- sorszám alapján a legnagyobb sorszámú csúccsal álló váltót;
- szelvényszám alapján páros irányban a legnagyobb, páratlan irányban a legkisebb szelvényszámú váltót

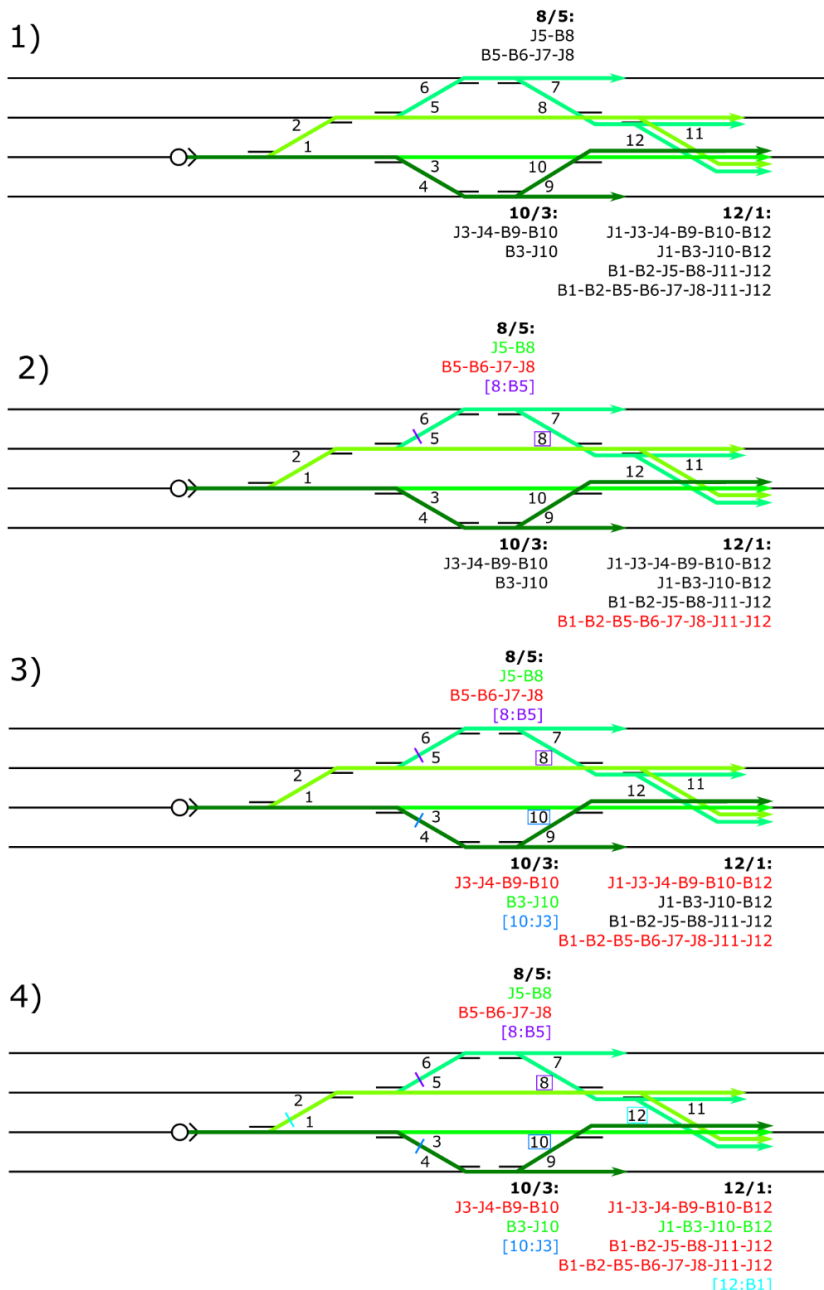
kell kiválasztani.

Az elágazási-visszatérési pontpárokhoz tartozó útvonalszakaszok megfelelő sorrendű kiválasztását az „Alapirány meghatározás” (A.III) folyamatára mutatja be.

Az optimalizálás eredményeképp a visszatérési pontokban valamennyi elágazási váltóhoz adódik, hogy melyik szárát használja az alapirány, és melyiket a kerülőirány. A kerülőirányhoz tartozó száron – hasonlóan, mint pl. a FEDIT programban az egyes céloknál vagy a jelfogós biztosítóberendezésekben – útvonal-kizárást kell alkalmazni. Az előálló kizárási lista meghatározza, hogy valamennyi, a váltón (visszatérési ponton) haladó útvonal a kizárt váltószárakat el kell kerülje.

Az optimalizációt az elágazási és visszatérési váltók közötti útvonalpáron kell végrehajtani, az A.V folyamatábrának megfelelően (a különböző szempontok külön mellékletekben szerepelnek).

Ugyan esetenként több útvonal is felépíthető lenne, azaz az elágazási-visszatérési pontpárhoz rendelt útvonalszakasz-lista kettőnél több tagból állhat, mivel azonban a megelőző visszatérési pontokon már végre kellett hajtani az optimalizációt, így legfeljebb 1-1 olyan útvonal lesz a visszatérési pont szárain, amely a már beépített útvonal-kizárások miatt megengedhető (26. ábra).



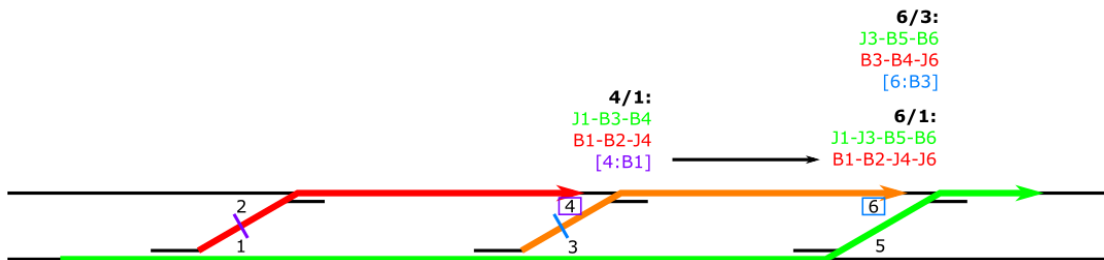
**26. ábra:** A visszatérési váltó szárain maradó legfeljebb 1-1 útvonal

Átlapoló „teknők” esetén előfordulhat, hogy egymásnak ellenmondó optimumok keletkeznének az egyes „teknőkön” (pl. 25. ábra: 8 helyett csak 5 független lehetőség).

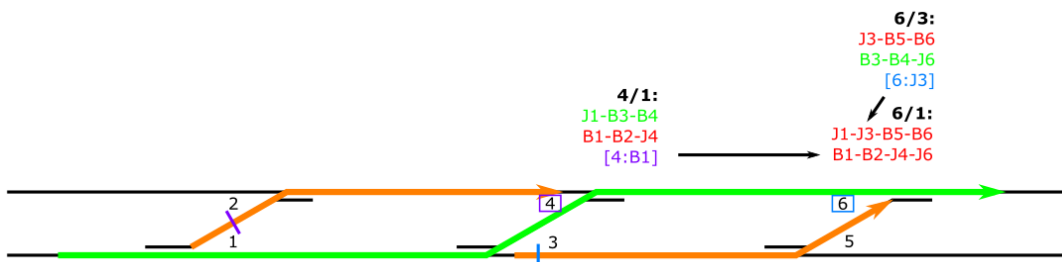
Amennyiben a visszatérési pontban olyan elágazási váltó optimalizálása következne, amelyhez csak egy olyan útvonal vezet, amely a kizárások alapján megengedhető – azaz csak a visszatérési pont egyik szárán érkező útvonal, az optimalizációt nem kell végrehajtani, útvonal-kizárást sem kell hozzáadni az elágazási váltó nem járható szárához (hiszen más kizárások egyértelműen meghatározzák az alapirányt) (27. ábra). Ilyen esetben tovább lehet lépni a következő elágazási pont vizsgálatához, annak híján a következő göyökkel álló váltó, mint visszatérési pont optimalizációjával kell folytatni.



Előfordulhat az is, hogy az elágazási-visszatérési pontok között definiált két útvonal közül egy sem járható más kizárások miatt (jellemzően akkor, ha a nevezett két útvonal között közbenső kapcsolat van, amit korábbi kizárások alapirányként határoztak meg), ilyenkor szintén a következő objektummal kell folytatni a vizsgálatot, új útvonal-kizárást itt sem kell hozzáadni (28. ábra). Azt, hogy az útvonal ütközik-e már beépített útvonalkizárással, a „Kizárásvizsgálat” (A.IV) folyamatára szerint kell megvizsgálni, az alapirány-kiválasztás (A.III) részeként.



27. ábra: Korábbi kizárás miatt meghatározott alapirány



28. ábra: Korábbi kizárások miatt kizárt mindkét útvonal

Az optimalizáció az optimum-szemponatoknak (lásd: 2.2.2.) megfelelően történik. Első lépésként a teknő két ágán alkalmazható sebességeket kell összehasonlítani. Ehhez valamennyi váltó mindkét szárához hozzá kell rendelni az azokon alkalmazható legnagyobb sebességeket.

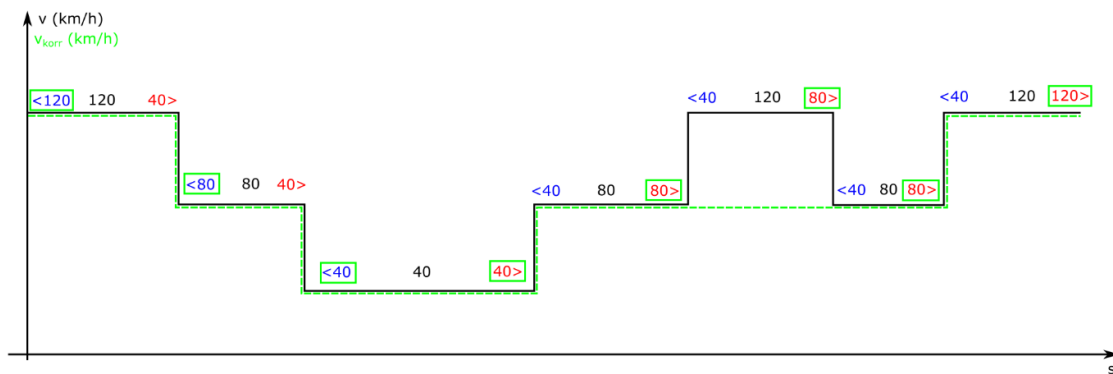
Előzetes rangsorolási lehetőségként meg kell vizsgálni az egyes útvonalváltózatokon érvényes minimumsebességeket (A.VI folyamatára). Ha ez alapján egyértelműen megadható a nagyobb sebességgel járható irány, az optimalizáció itt véget is ér.

Az objektumokon érvényes sebességek alapján azonban további rangsorolás is lehetséges, még ha a minimumsebességek azonosak is. Mint bemutatásra került, a korszerű vonatbefolyásoló rendszerek csak az egyes objektumokon ténylegesen érvényes korlátozásokat kényszerítik ki, nem a teljes vágányútra alkalmazandó a minimumsebesség.

Figyelembe véve azonban a vasúti járművek hosszát és menetdinamikai tulajdonságait, egy „teknő” (de tágabban értelmezve egy vágányúton belül, esetenként az egy állomáson található váltókörczetek között) nincs lehetőség egy korlátozást követő felgyorsításra, majd egy újbóli lassításra. Ezért nem szolgáltat kellőképp pontos képet a valódi sebességviszonyokról az, ha a valódi statikus sebességprofilból kiindulva, az egyes szakaszok hosszát az azokon alkalmazható sebességértékekkel elosztva kapott idődimenziójú érték képezné az összehasonlítás alapját.

Például előfordulhat, hogy az egyik útvonalváltozat két végén található váltón 40-40 km/h sebességet kell alkalmazni, közte viszont nincs korlátozás; a másik útvonalváltozaton ezzel szemben három 40 km/h-val járható (azonos hosszú) kitérő található, de a „teknő” vizsgált ágának közepén. Míg az egyszerű statikus sebességprofilból az következne, hogy első opció az alapirány, a megfogalmazott korlátok miatt nincs lehetőség a közbenső szakaszon sem nagyobb sebesség alkalmazására, így a második opció valójában kisebb idővesztést eredményez.

Ennek kiküszöbölésére módosított statikus sebességprofilból célszerű kiindulni. Ez azt jelenti, hogy a minimumsebességhez tartozó objektumot megelőzően és követően csak monoton növekvő sebességértékek lehetnek – másképp fogalmazva, a módosított sebességprofil nem tartalmazhat lokális maximumokat –, ezzel „V” alakú sebességábrát eredményezve (29. ábra).



29. ábra: Korrigált sebességprofil (zöld)

A módosított sebességprofil előállításához minden objektumhoz (anyaobjektum) hozzá kell rendelni az útvonal-változatban az őt követő (mögöttes sebességérték) és megelőző objektumok sebességminimumát (előttes sebességérték), a megelőző és követő objektumok közé a vizsgált objektumot is bele kell érteni. Az így kapott két sebességérték maximumát véve áll elő objektumonként az összehasonlítás alapját képező szám, mellyel az objektum hossza elosztható. A kapott időértékeket a „teknők” ágain külön összegezve azok összehasonlíthatók. A kisebb értékhez tartozó útvonal-változat lesz az optimum. A módosított sebességérték meghatározását mutatja be az A.VII folyamatábra.

Az objektumhosszak kerekítési hibájából, és a kis eltérések esetén gyakorlatban tapasztalható különbség hiányából eredően érdemes bizonyos tűréssel végezni az összehasonlítást. Azaz ha a kapott idővesztéseget reprezentáló értékek különbsége egy megadott szám alatt van, akkor a rangsorolás a sebességek alapján nem végezhető el, a következő optimum-szempontra kell figyelembe venni.

Amennyiben a rangsorolás a sebességviszonyok összehasonlításával nem vezet eredményre, az egyes ágakon kizárt menetek száma a következő figyelembeveendő szempont. Ehhez valamennyi, az optimalizálás előtt kapott vágányút-változatot meg kell vizsgálni, hiszen az alapvágányutak listája még nem ismert.

A két vizsgált ágon érintett objektumokon meg kell határozni, hogy mely vágányút-változatok veszik igénybe. Ha egyik vizsgált elemen egy kizárt vágányút felfedezésre került, a további olyan objektumok esetén, melyeket szintén igénybe vesz, már figyelmen kívül hagyható. Azaz ha egy kizárt menet azonosítója hozzárendelésre került az adott ághoz, az másodszor már nem számítható be.

A rangsorolás egyszerűen az alapján történik, hogy melyik útvonal-változaton hány kizárt menet található, a kevesebb kizárást eredményező ág lesz az alapirány, ezt mutatja be az A.VIII folyamatábra. Lehetőség van ezen felül a kizárt vágányutak súlyozott figyelembevételére is. Pl. az olyan kizárt vágányutak, melyek csak egyenes irányban érintenek váltót – azaz átmenő vágányok –, nagyobb súlyszámmal számíthatók bele az összegzésbe, de pl. tolatóvágányutak esetleges figyelembevételekor azok kisebb súllyal is számíthatók.

Meg kell említeni, hogy a módszer nem számol a veszélyeztető menet kizárásának idejével. Előfordulhat ugyanis, hogy egy menet mindkét teknőágon kizárásra kerülne, de egyik esetben a közös elemek lényegesen hamarabb felszabadulnának, így korábban lehetővé téve az idegen menet beállítását. Ennek figyelembevételéhez számolni kell az vágányutak egymáshoz képesti sorrendiségével, menetirányával, a közösen igénybe vett vágányszakasz hosszával, a konfliktuspont helyével, a megengedett sebességgel, stb. Jó kezelést adhat, ha a kizárt vágányutakhoz a közös szakasz hossza hozzárendelésre kerül, és ez alapján történik az összehasonlítás.

Opcionális lehetőségként az optimalizálást ettől eltérő módon is lehet végezni. Az első szempontot – mint bemutatásra került – két alpontra, lépcsőre lehet bontani: minimumsebesség és tényleges idővesztés. Az optimumszempontok sorrendisége úgy is kialakítható, hogy első helyen ugyan a minimumsebesség áll, ám a következő lépésben a kizárt menetek száma alapján történik a rangsorolás, és csak ezt követi a részletesebb sebességprofil-vizsgálat.

Harmadik, egyben utolsó optimalizálási szempont az egyenes irány lehető legkorábbi elérése, amennyiben sem a sebességviszonyok, sem a kizárt menetek száma szerint nem végezhető el a rangsorolás. Tekintve, hogy a „teknők” minden esetben gyökkel álló kitérőben végződnek, a vizsgált útvonalváltózatok utolsó eleme az egyik ág esetén biztosan

kitérő állású váltó, így elegendő csak ezt az egy objektumot megvizsgálni. Az az ág, amelyik a visszatérési pont egyenes irányát veszi igénybe, az lesz az alapirány (hiszen hamarabb éri el az egyenes irányt). Természetesen ennél a módszernél ez csak közelítés, a vágányút további részében lehet kitérő irányú váltó.

Amennyiben a kitérő és egyenes irány a tervezés során nem adott, pl. a tervezőszoftverben nem projektálható, akkor közelítésként a nagyobb sebességgel járható szár tekinthető egyenes iránynak, ezt látható az A.IX folyamatábrán. Ha szimmetrikus kitérőről van, vagy a sebességek alapján nem eldönthető az egyenes irány, az optimalizáció nem végezhető el. Ilyen esetben a két változat közül egy előre meghatározott szabály szerint pl. mindig a jobb száron járt menetet kell kiválasztani.

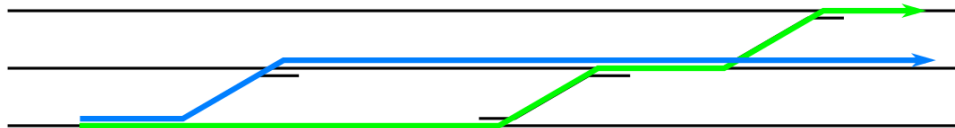
Valamennyi visszatérési ponton elvégezve az optimalizációt, rangsorolhatóak az egyes vágányutak. Adott start-cél relációban az az útvonal-változat lesz az alapvágányút, amely egy beépített kizárás sem sért meg. A kerülővágányutak további sorrendezése (amennyiben erre szükség van) az alapján végezhető, hogy hány kizárással ütközik. Első helyen azok a kerülővágányutak szerepelnek, melyek az alapvágányúttól csak egy útvonalkizárás elhagyásával építhetők fel.

Az ilyen kerülővágányút előállításához olyan útvonal-kizárásokat kell keresni, amelyek az alapvágányútban szereplő visszatérési ponthoz vannak rendelve. Minden alapvágányútban szereplő visszatérési pontnál egyesével meg kell vizsgálni, hogy a hozzájuk tartozó valamennyi útvonal-kizárás (egyszerre) törölve milyen vágányút-változat építhető fel. Következő szintre azok a vágányutak kerülnek, melyek az előbbi kerülővágányutakból származtathatók hasonló módon, egy további kizárás törlésével, és így tovább. Egy alacsonyabb szinten szereplő változati vágányút előállítható lehet több, felsőbb rangú vágányútból más-más kizárások elhagyásával, de mindig ugyanannyi lépésből. Ha egy változati vágányút ilyen módon korábban már rangsorolásra került, figyelmen kívül hagyható. A rangsorolás folyamatát mutatja be az A.X. melléklet.

Az útvonal-változatok közötti optimalizáció a felsorolt szempontoktól eltérően, manuálisan is történhet. Ettől függetlenül a teknőkeresés algoritmusa, illetve az útvonal-kizárások beépítésének módszere automatizálható, csupán az útvonalrészek páronkénti rangsorolást a tervezőre bízva. A vágányutak végső rangsorolására a teknőnként meghatározott alapirányból ezután is automatikus lehetséges.

A második optimalizálási módszer valamennyi, az adott start-cél relációban felépíthető útvonal-változatot egyszerre vizsgálja, azonban más start-cél hozzárendeléseket nem vesz figyelembe. Ennek eredményeként csak az egyes vágányutakon értelmezhető alapirány, a vágányhálózat tetszőleges pontjai között nem. Ennél a módszernél előfordulhat, hogy egy „teknő” egyik ága az alapvágányút része egy start-cél relációban, míg más végpontok közötti alapirány ugyanannak a „teknőnek” a másik ágát veszi igénybe.

Előfordulhat, hogy ezek a vágányutak ugyanahhoz a starthoz vagy célhoz tartoznak, így pl. az egy célhoz vezető alapvágányutak nyomvonalai keresztezhetnek is egymást (30. ábra). Erre a módszerre nem igaz tehát, hogy a vágányút tetszőleges pontjára – de még start- és célpontokra sem – felépíthető lenne egy optimum-fa, az alapirányok minden relációban esetlegesek. Az első módszerrel történő összehasonítását a 5. táblázat mutatja be.



**30. ábra:** Egymást metsző alapirány-útvonalak

A vágányút-változatok sorrendbe állítása sem követi a vágányhálózati topológiát. Előfordulhat, hogy az alapirány után az optimalizálás szerint másodikként következő vágányút-változat az alapvágányúttól két (vagy több) helyen is eltér, míg egy hierarchia szerint hátrébb sorolt kerülési lehetőség az alapiránytól csak egy „teknőben” tér el.

Ez a módszer tehát manuális tervezésre csak korlátozottan alkalmas, továbbá megfelelő rutin hiányában a berendezés kezelését, átlátását is valamelyest nehezebbé teheti. Előnye viszont az első módszerhez képest, hogy a kevesebb alkalmazott megkötés révén a valódi optimumot jobban közelítő eredményt ad. Ebben az esetben már nem alkalmazhatóak a hagyományos jelfogós berendezésekből ismert útvonal-kizárások, hiszen az alapirányok start-cél hozzárendelésektől függően teljesen eltérőek lehetnek. Az alapvágányutak nem a kizárásokból adódnak, hanem a teljes útvonallistán elvégzett optimalizáción utólag kerülnek kiválasztásra.

A sebességek vizsgálata során valamennyi adott start és cél közötti vágányút egészére meg kell határozni az előző módszernél bemutatott idődimenziójú értéket. Ebben az esetben is igaz, hogy célszerű a módosított statikus sebességprofilot használni, hiszen egy vágányúton belül sem lehetséges az esetek döntő többségében egy köztes, enyhébb korlátozást jelentő sebességre felgyorsulni. Szintén célszerű az időértékek valamekkora túréssal történő kezelése, azaz egyértelmű alá-fölé rendelés csak bizonyos mértéket meghaladó eltérés esetén legyen elvégezhető.

Amennyiben két (vagy több) vágányút-változat között a sebességviszonyok alapján nem határozható meg a rangsor, a kizárt menetek számának vizsgálata következik. Ez az első módszernél bemutatottal megegyező módon zajlik, viszont minden esetben a start és cél közötti valamennyi menetkizárást figyelembe kell venni, nem elég csak az önálló szakaszokon, hiszen tetszőleges számú eltérés (hasadás) lehetséges a vágányutak között.

Ha az eddigi összehasonlítások nem vezettek eredményre, a harmadik szempontot – egyenes irány korábbi elérése – kell megvizsgálni. Az első módszerrel ellentétben itt nincs lehetőség a „teknő” utolsó váltójának megvizsgálására, a módszer sajátosságaiból adódóan. Az összehasonlítás alapját ez esetben az kell adja, hogy minden útvonalváltozatra a célponttól visszafele haladva meg kell keresni, hogy hányadik objektumként érintett először kitérő irányú váltót. Abban az esetben, ha nem állapítható meg egyértelműen, melyik az egyenes és melyik a kitérő szár, a váltót kitérőben érintettnek kell tekinteni. Ha az optimalizáció nem vezet eredményre, valamely előre rögzített elv alapján kell kiválasztani két azonos szintűre értékelt vágányút közül az előbbre sorolandót.

Az optimalizálási szempontok tehát az 1. módszerrel lényegében megegyeznek, de nem kell külön teknőket definiálni, hanem az útvonalkeresés során előálló kész vágányutak változataira – az A.VI, A.VII, A.VIII, A.IX folyamatábrákhoz hasonlóan, de nem (feltétlenül) párosával, hanem mindre – egyszerre elvégezve az „értékelést”, a rangsor azonnal előáll.

**5. táblázat:** Vágányútváltozat-rangsorolási módszerek összehasonlítása

<b>Rangsorolási módszer</b>	<b>Előny</b>	<b>Hátrány</b>
<b>Lépcsőzetes felépítés</b>	+ tetszőleges két pont között megadja az alapirányt; + az alapirányok nem keresztezhetik egymást	- komplexebb logikát igényel; - lokális optimumokból építkezik, így nem feltétlenül a globálisat találja meg
<b>Utólagos rangsorolás</b>	+ egyszerűbb módszer; + a globális optimumot adja	- csak teljes vágányutakra működik, tetszőleges pontok között nem; - az alapirányok vágányutanként esetlegesek, azok keresztezhetik egymást

### 3.1.2. Kerülőgombok elhelyezésének optimalizálása

A kerülőgombok a hagyományos jelfogós biztosítóberendezésekben fontos szerepet töltenek be, a kezelő a kerülőgomb megnyomásával tud változati vágányutat beállítani. A gomb közbenső (jellemzően irányfüggetlen) célpontként működik, az alapvágányút kijelölése érdekében beépített függőségeket megkerülve teszi lehetővé különböző útvonalváltozatok beállítását.

A kerülőgombok alapvágányútban történő használata (azaz olyan start-cél relációban történő megnyomása, melynek alapiránya egyébként is érinti a gombot) semmilyen hatást nem vált ki, de (helyesen felépített útvonalválasztási függőségek esetén) valamennyi olyan vágányút-változat beállítását lehetővé teszi, amelynek start- és célpontja a gombtól elérhető. Bizonyos esetben több gomb is szerepelhet úgy egy kerülővágányútban, hogy megnyomásuk ugyanazt a változati vágányutat építse fel, illetve egymásra épülő kerülési lehetőségeket több gomb egymás utáni megnyomásával lehet kiválasztani.

A korszerű elektronikus biztosítóberendezések esetén azonban már nem kerülőgombokkal valósul meg a kerülővágányút-választás, berendezéstípustól függően más módszerek állnak a kezelő rendelkezésére (2.2.3.). A grafikus függőségi terveken ennek ellenére az egységes rajztechnika érdekében továbbra is meg szokás jelölni a kerülőgombok helyét – noha a valós kezelőfelületen ezek már nem jelennek meg. Fontos, hogy az így elkészített grafikus terveken a gombok helyét úgy kell meghatározni, hogy ha a terv alapján egy jelfogós berendezés, illetve annak kezelőfelülete kerülne kiépítésre, akkor ugyanazoknak a kerülési lehetőségeknek a beállítását kell lehetővé tegye, amelyek az elektronikus berendezéstől is elvártak. A vágányúti listában, az elzárási tervben, illetve az egyéb függőségi táblákban a változati vágányutakra való hivatkozás is ezeken a virtuális, a grafikus terven megjelenő kerülőgombokon keresztül zajlik.

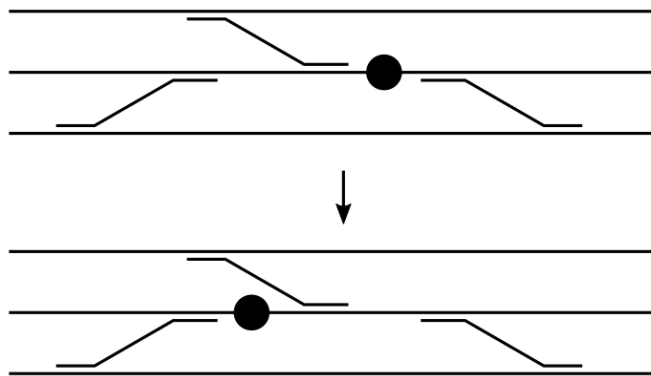
Míg a kerülőgombok valós topológiai elemnek számítanak jelfogós berendezések esetén – sőt, a FEDIT program is külön objektumokként kezeli, saját útvonalkizárások beépítésének lehetőségével (2.4.1.) –, addig a bemutatott optimalizálási módszerek egyike sem vesz figyelembe semmilyen kerülőgombhoz kapcsolódó információt. Utóbbi megfontolás lehetővé teszi, hogy a kerülőgombok helye csak utólagosan, a vágányútváltozat-optimalizációs eljárás végeztével kerüljön meghatározásra. Az a tény, hogy az alapirány-meghatározáshoz szükséges függések (útvonalkizárások) és a kerülőgombok között semmilyen kapcsolat nincs, lehetővé teszi a kerülőgombok külön topológiai elem helyett csupán rajzi objektumként való kezelését.

A kerülőgombok az egyszerű vágányhálózati gráfban – melynek csúcsait a váltók jelentik – az egyes éleken kell elhelyezkedjenek. Megjegyzendő, hogy útvonal-választási szempontból az átszelések nem tekinthetők csúcsoknak, ilyenkor a gráfot síkba nem téríthetőnek tekintve, az átszelésben érintett két vágányszakaszt „egymás felett elhaladó” élként kell értelmezni. Az élek szempontjából irreleváns, hogy a két szomszédos csúcsot jelentő kitérő között milyen egyéb objektumok (pl. vágányszakaszok, számlálópontok) találhatóak, a gomb a két váltó közötti tényleges pozíciójától függetlenül ugyanazt a hatást fejt ki. (A kerülőgombokat jellemzően éppen a két szomszédos kitérőről szokás elnevezni.) A kerülőgombok szimbóluma rajztechnikailag tehát váltó adott szárához vagy csúcsához is hozzárendelhető, mindig a két szomszédos kitérőszár/csúcs közül tetszőlegesen az egyikhez.

A kerülőgombok tervezésének alapvető szempontjai a következők:

- lehető legkevesebb gombbal történő kialakításra való törekvés;
- vágánykapcsolatokban való elhelyezés lehetőség szerinti elkerülése;
- egyértelmű kialakítás.

Amennyiben két gomb összevonható, vagy létezik olyan elhelyezés, amely kevesebb kerülőgombbal képes biztosítani ugyanazoknak a kerülési lehetőségeknek a beállíthatóságát, akkor a tervezés során lehetőleg azt kell választani. Következő tervezési szempont, hogy a gombok vágánykapcsolatokban történő elhelyezését kerülni szokás, helyette a (szűkebben értelmezett) vágányokban történő kialakítás részesítendő előnyben. Ezen felül figyelembe vehető, hogy a gombok minél kevesebb alapvágányútban szerepeljenek, ezzel a kezelő (illetve, ha a gomb csak a grafikus függőségi terven szerepel, a tervet olvasó) számára egyértelművé téve a kerülőgomb szerepét (31. ábra).

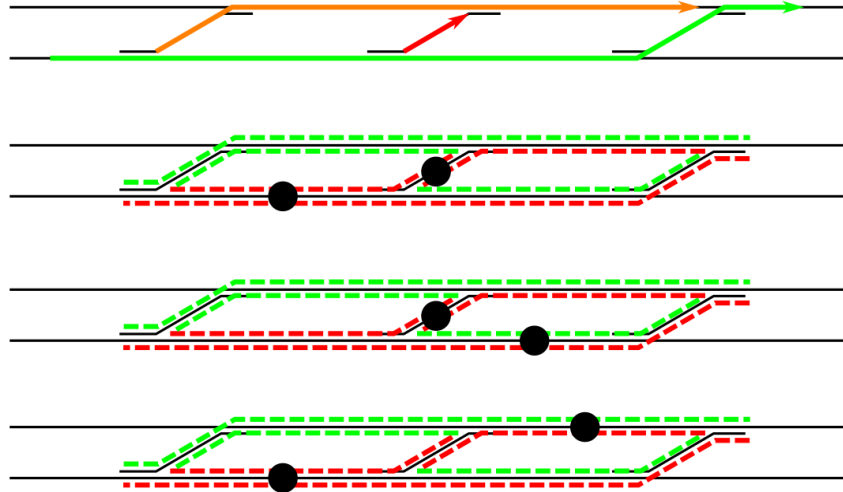


**31. ábra:** Kerülőgomb egyértelmű elhelyezése

Az elektronikus biztosítóberendezések tervezése során alapvetés, hogy valamennyi kerülési lehetőség beállítását lehetővé kell tenni (melyre ezek a berendezések működési logikájukból kifolyólag automatikusan képesek is), ezért a (virtuális) kerülőgombok elhelyezésénél is ezt kell alapul venni. [9]

Általánosan igaz, hogy valamennyi vágányút-változat beállításának lehetővé tételéhez valamennyi kerülőágban lennie kell kerülőgombnak. Azaz minden „teknő” kizárt ágára el kell helyezni legalább egy gombot, mert csak így biztosítható minden esetben egy tetszőleges „teknőt” érintő vágányútnak (akár alap-, akár felsőbb szintű kerülővágányút) a kizárt ágra történő terelése (32. ábra). Az első módszerrel végzett optimalizálás során minden „teknőre” meghatározásra kerül az alapirány és a kerülőirány. Amennyiben olyan eset áll fenn, hogy egy elágazási-visszatérési pontpár alkotta „teknőre” korábbi kizárások miatt az alapirány egyértelmű, így újabb útvonal-kizárás sem került beépítésre, nem kell újabb kerülőágot definiálni. Tehát csak olyan kerülőágakat kell figyelembe venni, melyek optimalizáció útján, kizárás beépítésével állnak elő, így ezeket célszerű is az eljárás során eltávolítani.





**32. ábra:** Kerülőágak (vörös) lefedésének lehetőségei kerülőgombokkal

A korábbi megfontolások szerint a kerülőgombok elhelyezése szempontjából csak a váltók, illetve azok kapcsolatai lényegesek. Így a kerülőágak útvonallistája, mely minden érintett objektumot tartalmaz, felesleges információkat hordoz, azt le kell redukálni. Csupán a kerülőágakban érintett váltókapcsolatokra, mint élekre van szükség, pl. B2-B4;E4-E6;J6-E8;J8-J10 formában. Ennek egy lehetséges módját mutatja be az A.XI folyamat-ábra. Ezek az élek definiálják a kerülőgombok elhelyezésének potenciális lehetőségeit, az éleken belüli (azaz a váltók közötti) pontos elhelyezkedés a funkcionalitás szempontjából nem lényeges.

Amennyiben minden kerülőághoz előállt az érintett váltókapcsolatok listája, a váltókapcsolatok és a kerülőágak mátrixszerűen összerendelhetők. Ebből a mátrixból a feladat a lehető legkevesebb váltókapcsolat kiválasztása olyan módon, hogy valamennyi kerülőág lefedhető legyen. Ez a minimumkeresés egy lineáris programozási feladat, melynek általános matematikai leírása [16]:

$$\begin{aligned}
 (1) \quad & \bar{x} \geq \bar{0} \\
 (2) \quad & A \cdot \bar{x} \geq \bar{b} \\
 (3) \quad & \bar{c}^T \cdot \bar{x} = z \rightarrow \min
 \end{aligned}$$

ahol:

- $\bar{x}$  a változóvektor;
- $A$  a technológiai együttható mátrix;
- $\bar{b}$  a korlátvektor;
- $\bar{c}^T$  a célfüggvény-vektor;
- $z$  a megoldás.

Jelen minimalizálási feladatban a technológiai együttható mátrix jelenti a kerülőág-váltókapcsolat összerendeléseket. A mátrix sorai egy-egy kerülőághoz tartoznak, adott oszlopba „1” érték kerül beírásra, ha érinti az adott váltókapcsolatot, különben „0”.

A változóvektor szimbolizálja a gombok elhelyezésének lehetséges módjait: egy elem egy váltókapcsolathoz tartozik, „1” érték kerül beírásra, ha az adott váltókapcsolatra kerülőgomb kerül, különben „0”.

A korlátvektor szerepe a (2) egyenletnek megfelelően az, hogy minden kerülőághoz legalább 1 gomb tartozzon, hiszen az együtthatómátrix és a változóvektor szorzata alkotta vektor ( $A \cdot \bar{x}$ ) mondja meg, hogy az annak elemeit jelentő kerülőágakban hány olyan váltókapcsolat érintett, melyre gomb került kiprogramozásra. A korlátvektornak tehát az  $\bar{1}$  vektort kell választani. (Természetesen megengedett, hogy egy kerülőágban több gomb is szerepeljen, ha a topológia úgy kívánja, ezért nem kell kikötni a szigorú egyenlőséget).

A célfüggvény-vektor ebben a lépésben szintén egységnyi elemeket tartalmaz, azaz az  $\bar{1}^T$  vektorral kell megegyezzen, hiszen minden váltókapcsolatot azonos súllyal kell figyelembe venni. Az (1) szerinti általános megoldáshoz képest annyi megkötést célszerű tenni, hogy a változóvektor értékei csak bináris értékeket vehetnek fel, hiszen egy váltókapcsolathoz 0 vagy 1 kerülőgomb tartozhat.

Ennek a lineáris programozási feladatnak a megoldása  $z$  értékében a (3) egyenlet szerint megadja, hogy a vágányhálózat lefedéséhez minimálisan hány kerülőgomb szükséges, és egy lehetséges elrendezést is ad a megoldáshoz tartozó  $\bar{x}$  változóvektornak megfelelően.

Esetenként több különböző kialakítás ( $\bar{x}$ ) is elképzelhető lehet, melyek szintén ugyanazt az optimális kerülőgomb-számot ( $z$ ) eredményezik. Ilyenkor vehető figyelembe az a tervezési szempont, mely szerint a lehető legkevesebb alapvágányutat érintve kell elhelyezni a kerülőgombokat. Ehhez minden alapvágányút útvonallistáját szintén le kell redukálni olyan formájúra, hogy abban csak a váltókapcsolatok szerepeljenek, majd minden váltókapcsolathoz hozzá kell rendelni, hogy azt hány alapvágányút érintette.

Az optimalizálás során szigorú sorrendiség van a tervezési szempontok között:

- először meg kell keresni azokat az elrendezéseket, melyek a legkevesebb gombot feltételezik;
- az így kapott kialakításokon belül kell azt a megoldást választani, ami szerint a legkevesebb alapvágányút van érintve.

Amennyiben a fenti szempontok alapján nincs egyértelmű optimum, legjobbnak bizonyuló elrendezések között tetszőlegesen lehet választani.

A lineáris programozási feladat ez alapján úgy módosítandó, hogy a célfüggvényvektor értékei már a váltókapcsolatokban áthaladó alapvágányutak számát tartalmazzák ( $\bar{c}^T$ ), hiszen ezzel kell súlyozni a lehetséges kerülőgomb-helyeket. A szempontok sorrendiségéből következően azonban fontos, hogy nem kizárólag a  $\mathbf{z}' = \bar{c}^T \cdot \bar{\mathbf{x}} \rightarrow \mathbf{min}$  a cél, hiszen az így kapott optimum nem feltétlenül eredményezi a kerülőgombok minimális számát ( $\mathbf{z}$ ). Ezért további feltételként be kell építeni a  $\bar{c}^T \cdot \bar{\mathbf{x}} = \mathbf{z}_{min}$ ;  $\bar{c}^T = \bar{\mathbf{1}}^T$  korlátozást, ahol  $\mathbf{z}_{min}$  az előzőekben leírt optimalizálás végeredménye.

Az optimalizálás során nehezebben kezelhető a 3. szempont: a vágánykapcsolatok elkerülése. A vágányhálózati gráf leírásából nem következik egyértelműen, hogy mi számít vágánykapcsolatnak, így gépi optimalizálás során csak közelítő megoldások alkalmazására van lehetőség. A hagyományos vágánykapcsolatok alapvető jellemzője, hogy két, gyökkel álló váltó kapcsolatáról van, melyek azonos szárukkal (jobb, vagy bal) kapcsolódnak egymáshoz. Továbbá általánosságban igaz az is, hogy mindkét váltó a kitérő irányú szárával kapcsolódik a másikhoz.

A kerülőágakra azonban többségében jellemző, hogy mindegyikben van olyan váltókapcsolat (azaz él), ami nem két gyök között helyezkedik el. Csak abban az esetben lehetséges az ellenkezője, ha az elágazási és visszatérési váltók között nincs további kitérő, ami pedig csak igen ritkán fordulhat elő, és csak úgy, hogy a két váltó eltérő szárával csatlakozik egymáshoz. Ebből következően érdemes az optimalizálás során az olyan váltókapcsolatokat (éleket) figyelmen kívül hagyni, melyek két váltó azonos irányú szárai között vannak. Ezzel a megoldással ugyan kizárhatók olyan élek is, melyek nem vágánykapcsolatok, de nem kell figyelembe venni, hogy melyek a váltó kitérő- és egyenes szárai (melyre esetenként csak a sebességből lehetne következtetni), tehát egy egyszerű és jó közelítést ad.

A lineáris programozási feladatok megoldására számos módszer létezik (pl. szimplex algoritmus), ezek ismertetésére jelen dolgozat keretein belül terjedelmi okokból nem kerül sor. Nem feltétlenül szükséges azonban a kerülőgomb-elhelyezést lineáris programozási feladatként kezelni, egyébként, kevésbé erőforrásigényes módon is közelíthető az optimális kialakítás.

Opcionális lehetőségként egy egyszerűbb, bár nem feltétlenül az optimális megoldást nyújtó módszert is segítségül lehet hívni az A.XII mellékletben bemutatott algoritmus szerint. Ebben az esetben az első kerülőgombot arra a váltókapcsolatra kell elhelyezni, amit a legtöbb kerülőág érint (A.XIII folyamatábra). Amennyiben több él is ugyanannyi kerülőágban szerepel, meg kell vizsgálni, hogy melyik élen halad keresztül a legkevesebb vágányút, és azt kell kiválasztani (A.XIV folyamatábra).

Amennyiben egy kerülőgomb elhelyezésre került, az általa érintett kerülőágakat a listából törölni kell, majd a következő gombot az így megmaradt legtöbb kerülőág által érintett váltókapcsolaton kell elhelyezni, szükség esetén figyelembe véve az alapvágányutak számát is. Ezt az eljárást addig kell folytatni, amíg valamennyi kerülőág törlésre nem kerül a listából, ekkor ugyanis több kerülőgombra már nincs szükség.

Az előbbieken ismertetett kerülőgomb-elhelyezési eljárások kizárólag akkor működnek, ha rendelkezésre áll egy lista a kerülőágakról, illetve az azokban szereplő váltókapcsolatokról. Tekintve, hogy ilyen csak az 1. (lépcsőzetes) alapirány-keresési módszer eredményeként áll elő, a 2. (utólagos rangsorolású) optimalizálási eljárás esetén előre rögzített útvonal-kizárások, így kerülőágak sem léteznek. Amennyiben a 2. módszerrel történik a vágányút-változatok rangsorolása, elő kell állítani egy virtuális kerülőág-listát.

A kerülőág-lista elkészítéséhez start-cél hozzárendeléseken belül kell vizsgálni. Minden relációban képezni kell azokat az útvonal-szakaszokat, amelyek az 1. kerülővágányútban az alapvágányúttól eltérnek. Ezt egyszerűen a két vágányút-változat egymásból történő kivonásával lehet megoldani. Amennyiben több ponton is elválik a két útvonal, úgy azokat különböző útvonal-szakaszokként kell kezelni. Ezután a sorban következő vágányút-változatnál már nem csak azokat a szakaszokat kell feljegyezni, amelyek az alapvágányúttól eltérőek, hanem azokat is, amelyek a rangsorban felette álló kerülővágányutaktól különbözőek, ezeket mind-mind külön útvonal-szakaszokként kell a listába feljegyezni, és így tovább az utolsó változati vágányútig. Amennyiben adott útvonalszakasz már szerepel a listában, újból felvenni nem szükséges. Ezt az eljárást minden start-cél relációra elvégezve előáll a kerülőágak listája, amit szintén váltókapcsolatok „listájának listájává” kell redukálni (lásd. A.XI fejeletében), melyre a kerülőgomb-keresési eljárások már alkalmazhatók.

Az előállt kerülőág-lista érdekessége, hogy ha az alapirány keresés a 1. módszerrel egyezően rangsorolta volna a vágányutakat, a megtalált kerülőágak is azonosak lennének. Eltérések abból adódhatnak, hogy az utólagos kerülőág-lista redundanciákat tartalmazhat, ez jellemzően azokban az esetekben lehetséges, ahol az 1. módszer szerint korábbi kizárások okozta egyértelmű helyzet miatt optimalizáció nélkül kellett továbblépni. Általában viszont a 2. módszer szerinti rangsorolás eltérő lehet, ami hosszabb kerülőlistát eredményezhet (hiszen egyik vágányútban egy „teknő” egyik, míg másikban a másik ága lehet a kerülőirány), ez pedig általánosságban több kerülőgombot igényelhet.

Amennyiben a kerülőgombok optimális elhelyezése meghatározásra került, még mindig csak egy váltókapcsolat-lista áll rendelkezésre. Ebből meg kell határozni, hogy a gombok pontosan melyik kitérőobjektumokhoz kerülnek hozzárendelésre. Tekintve, hogy nincs funkcionális jelentősége, hogy az él melyik végén található kitérőszárhoz fog a kerülőgomb tartozni, az elhelyezés valamilyen előre megállapított szabály szerint történhet, pl. mindig az alacsonyabb szelvényszámú, vagy kisebb azonosítószámú kitérőt kell választani.

A gombok rajztechnikai kezelése történhet úgy, mint egy funkcionálisan a kitérőobjektumhoz tartozó, de rajzilag önállóan kezelhető, áthelyezhető elem (pl. a FEDIT programban ilyen a biztonsági határ is), ami ezáltal a két szomszédos kitérő között a tervrajz igényei szerint szabadon mozgatható.

Az egyes függőségi táblázatokban követelmény, hogy a kerülővágányutakban érintett kerülőgombok feltüntetésre kerüljenek, az alapvágányúttól való megkülönböztetésük ez alapján történik. Természetesen alapvágányút is érinthet kerülőgombokat, emiatt azt is biztosítani kell, hogy ha az illető vágányút alapvágányút (a rangsor első helyén szerepel), akkor a kerülőgombok ne kerüljenek kilistázásra. Ahhoz, hogy az érintett gombok a vágányútba beépüljenek, a kitérőobjektum olyan kialakítása szükséges, hogy ha a csúcsához vagy valamelyik szárához kerülőgombot rendeltek, akkor a kitérő adott végpontján haladó vágányutaknak a gomb is a részét kell képezze. A gombok elnevezése automatikusan történhet az él (azaz váltókapcsolat) alapján, vagy a konkrét gazda-kitérőnek megfelelően.

### 3.1.3. Összetett vágányutak sajátosságai

Az összetett vágányutak tervezése az alapvágányutak kereséséhez nagyon hasonló feladat. Az összetett vágányutak több elemi vágányútból épülnek fel, nem csak egy start- és egy céljelzőt érintenek, hanem közbenső céljelző(kö)n is áthaladnak. Az összetett vágányutak beállítása úgy történik, hogy a kezelő olyan start- és célpontokat választ ki, melyek között közvetlenül nem, csak egy vagy több közbenső céljelzőn át jelölhető ki vágányút. A feladat ebben az esetben is egyfajta alapirány-meghatározás, ugyanis az összetett vágányút startja és célja között – hasonlóan az egyszerű vágányutaknál értelmezett alapvágányutakhoz – minden esetben egy előre megadott útvonal kell felépülni. A cél tehát annak meghatározása, hogy – amennyiben több lehetőség is elképzelhető – az összetett vágányút

- milyen közbenső cél(ok)on haladjon keresztül,
- milyen útvonalon haladjon két jelző között.

Az összetett vágányutak tervezési szempontjai megegyeznek az alapvágányút-kereséssel, azaz ebben az esetben igaz, hogy

- a lehető legnagyobb sebességgel és legkisebb idővesztéssel;
- az egyenes irány (célvágány) lehető legkorábbi elérésével;
- és esetleg a lehető legkevesebb menet kizárásával

kell az összetett vágányutak nyomvonalát meghatározni.

Az összetett vágányutak tervezéséhez az alapvágányút-keresés logikája felhasználható. A váltókörzeteket és „teknőiket” általánosítva a keresés kiterjeszthető egy teljes állomás vágányhálózatára. A vágányhálózat egészére is meghatározható, hogy két tetszőleges pont között melyik legyen az alapirány, illetve az útvonalváltozatok rangsorolása is elvégezhető. Ebben az esetben pl. két líra között elhelyezkedő fogadóvágányok egy „nagy teknőt” alkotnak, az alapirány-kereséssel ilyenkor az kerül meghatározásra, hogy az összetett vágányút melyik fogadóvágányon haladjon, azaz melyik kijáratit jelző legyen az alapértelmezett közbenső cél.

Az alapirány-választásnál is ismertetett optimalizálási folyamat összetett vágányutak keresésekor is alkalmazható, köszönhetően a tervezési szempontok hasonlóságának. A maximális haladási sebesség figyelembevételével pl. az egyenes áthaladás, vagy a nagyobb sebességű vágánykapcsolattal rendelkező váltókörzeten való kitérőben haladás biztosítható.

Az összetett vágányutak esetében azok hossza miatt már kiemelt szerepe van a sebességprofil figyelembevételének, hiszen kizárólag a minimumsebesség alapján történő tervezés során egy olyan vágányút, melyben csak egy váltókörzetben kell érinteni kitérő állású váltót, egyenértékű lehetne egy olyannal, ahol mindkét váltókörzetben kitérőben kell haladni, holott a két esetben jelentősen különböző idővesztéséget szenved el az érintett menet.

A kizárt meneteket – azok nagy száma miatt – összetett vágányutak esetén általában nem szokás figyelembe venni, helyette következő szempontként az egyenes irány legkorábbi elérésére szokás törekedni, ami a gyakorlatban többségében a bejáratit váltókörzetben való kitérőben haladásra tervezést jelenti. A kizárt menetek számát összetett vágányutak esetén az algoritmus figyelembe veheti, de el is lehet tőle tekinteni.

Meg lehet vizsgálni, hogy a megtalált teknő egyik vagy mindkettő ágán szerepel-e (irányhelyesen) főjelző, esetleg a „teknő” hossza meghalad-e egy bizonyos értéket (az elágazási és visszatérési pontok szelvénykülönbségéből), és ez alapján elvetni a kizárt menetek száma szerint történő rangsorolást, vagy a minimumsebesség és sebességprofil vizsgálat közötti vizsgálat helyett csak utóbbi utáni szempontként figyelembe venni azt.

A „teknők” keresésének teljes vágányhálózatra való kiterjesztése úgy oldható meg, ha a start- és célpontok közötti vizsgálat helyett csak olyan jelzőktől indul keresés, ami célként nem szerepelhet (bejáratit vagy csonkavágányban álló kijáratit jelző), illetve olyan céloknál áll meg, ami startként nem szerepelhet (bejáratit jelző mögötti fiktív cél, vagy vágányzáró jelző). Ebben az esetben a „teknők” keresését már célszerű teljesen függetleníteni a vágányútkereséstől, utóbbit az alapirány-meghatározás után, a már beépített függőségek segítségével érdemes végezni. Ekkor az alapvágányutak a vágányútkeresés során automatikusan előállnak, a kerülővágányutak meghatározása pedig utólag elvégezhető a vágányútváltozatok rangsorolásánál leírt, és a A.X mellékletben bemutatott módon.

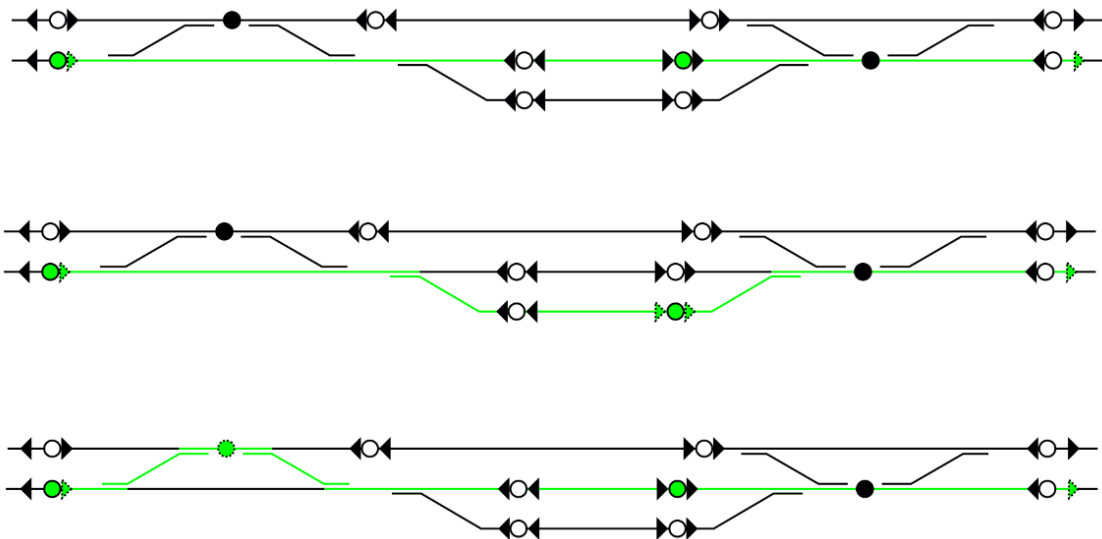
Az összetett vágányutak működésére a következő alapelvek vonatkoznak:

- adott start-cél relációt kiválasztva beálló vágányút alapértelmezés szerint (további kezelés nélkül) mindig egy előre megadott útvonalon, meghatározott közbenső céljelző(kö)n keresztül épülhet fel;
- az útvonal részét képező egyszerű vágányutak alapértelmezés szerint mindig csak alapvágányútként állhatnak be. (33. ábra, felső eset)

Ennek alapján az összetett vágányutak esetén kétféle alapvető kerületi lehetőség is adódik:

- az összetett vágányút az előre meghatározottól eltérő közbenső céljelző(kö)n át áll be, de részenként alapvágányutakból felépítve („kerülő összetett vágányút”) (33. ábra, középső eset);
- az összetett vágányút az előre meghatározott közbenső céljelző(kö)n át áll be, de részenként kerülővágányutakból is felépítve („összetett kerülővágányút”) (33. ábra, alsó eset).

A fentiek kombinációjaként nem alapértelmezett közbenső cél(ok)on át felépített, részenként kerülővágányutakat is tartalmazó útvonal is elképzelhető.

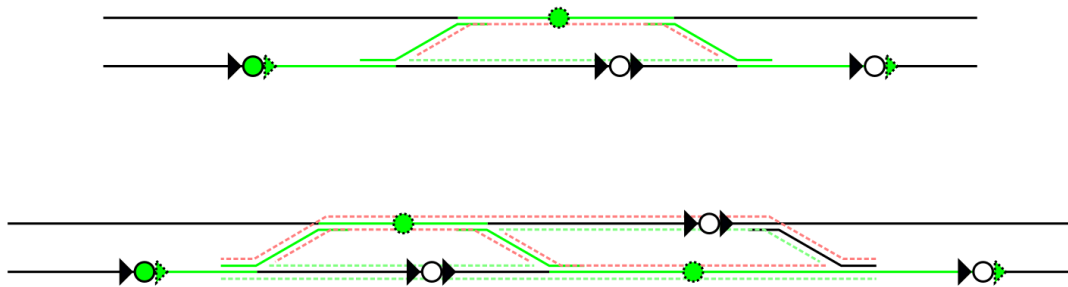


**33. ábra:** Összetett vágányút, és kerületi lehetőségei

Az összetett vágányutakból felépíthető kerületi lehetőségek önmagukban nem igénylik a grafikus függőségi tervek módosítását, a kerülő összetett vágányutakban a kerülőgomb szerepét az érinteni kívánt közbenső céljelző tölti be, az összetett kerülővágányutakban pedig az egyszerű vágányutak kerülőgombjai biztosítják a megfelelő útvonal kijelölhetőségét.

Az egyes biztosítóberendezések esetén eltérő lehet, hogy összetett vágányútban kerülő útvonal közvetlenül beállítható-e. Ezalatt az olyan eseteket kell érteni, amikor a „távoli” start-cél kezeléshez kerülőgombkezelés (vagy ezzel egyenértékű kezelés, pl. vágányszakasz kiválasztása) társul, a kerülőkezelést közbenső céljelző(kö)n „átnyomva”. Amennyiben ez nem lehetséges, a közbenső céljelző(ke)t kiválasztva, egyszerű (alapvagy kerülő-) vágányutak összességéből kell felépíteni az útvonalat.

A teljes vágányhálózatra kiterjesztett alapisírány-meghatározás következménye, hogy ha két jelző között van ugyan közvetlen kapcsolat, de az alapisírány egy közbenső jelzőn át vezet, az összetett vágányút kell beálljon (34. ábra, felső eset). A közvetlenül felépíthető kerülővágányút – noha a kívánt start-cél reláció alapkezelés szerint összetettként áll be – nem tekinthető összetettnak, hiszen közbenső céljelzőt nem érint. Lehetséges, hogy az útvonalkizárások miatt a kerülőgombbal kiválasztott ág is összetett lenne, és másodlagos (vagy további) kerülési lehetőségként állítható csak be a közvetlen vágányút (34. ábra, alsó eset).



**34. ábra:** Kizárólag elsődleges (fent), valamint másodlagos (lent) kerülési lehetőségként beállítható közvetlen (egyszerű) vágányút

Amennyiben az alapisírány-keresés a teljes állomási vágányhálózatra kiterjesztve zajlik, a kerülőgombok elhelyezési folyamatán kis mértékben módosítani kell. A kerülőágak listáját, illetve azok váltókapcsolatok sorozataira redukált formáját ekkor a teljes vágányhálózatra kell előállítani, azonban az egyszerű kerülőgomb-optimalizálás kezdőlépésétől eltérően úgy, hogy a redukálás előtt főjelző-objektumot tartalmazó kerülőágak nem kerülhetnek bele a listába (ez látható az A.XI ábrán is). Fontos, hogy a jelző meglétének vizsgálata irányhelyesen kell történjen, azaz a menetirány szerint helyesen álló jelzőket szabad csak figyelembe venni.

Az így előállított kerülőág-listára a 3.1.2. fejezetben bemutatott módon el lehet végezni a kerülőgomb-optimalizálást. A jelzőt tartalmazó kerülőágak listából való törlésére azért van szükség, mert pl. a fogadóvágányok alkotta „nagy teknőkben” az egyes vágányok is lehetnek kerülőágak a kiterjesztett keresés miatt, azonban kerülőgombot ezekre elhelyezni nem lehet. A főjelzőt tartalmazó kerülőágak törlését azért lehet megtenni, mert az ilyen kerülőágakon haladó vágányutak az érintett közbenső főjelző miatt csak összetettként lennének felépíthetők, így a közbenső főjelző kijelölhető közbenső célként valamennyi így érintett kerülőágban.



Az irányhelyes jelzőkeresés következménye, hogy egy két irányú kerülőág gombelhelyezés szempontjából csak akkor hagyható figyelmen kívül, ha mindkét irányban áll rajta főjelző, egyébként az egyik irányú kerülőág nem törölhető, így kerülőgombot kell rá helyezni.

Figyelembe véve, hogy a módosított kerülőgomb-elhelyezési folyamat első lépésében az olyan kerülőágakat törölni kell, melyekben főjelző áll, a fogadóvágányok alkotta „nagy teknők” kerülőágai – tekintve, hogy a fogadóvágányok két végén kijáratú jelzők állnak – törlésre kerülnek. Így a kiterjesztett alapirány-keresés esetében a „nagy teknők” a gombelhelyezésre nem lesznek hatással, hiszen valamennyi hozzájuk tartozó kerülőág elvetésre kerül, az optimumkeresésben tehát csak azok a kerülőágak fognak szerepelni, amelyek a kizárólag váltóközvetre kiterjedő keresésnél is, így a kerülőgombok helye ugyanazokra a váltókapcsolatokra várható. Ha az érintett alapvágányutak számának figyelembevétele is sorra kerül, eldönthető, hogy csak egyszerű, vagy összetett vágányutak is számításba legyenek-e véve.

Az összetett vágányutak alapirányának meghatározása az alapvágányút-kereséshez hasonlóan nem csak elemi „teknők” lépcsőzetes vizsgálatával, hanem az utólagos optimalizálás teljes vágányhálózatra történő kiterjesztésével is végezhető. Az összetett vágányutak meghatározásához ilyenkor először az elemi alapvágányút-keresés optimalizálási folyamatát kell elvégezni, majd az így előállt alapvágányutakból a lehetséges összes összetett vágányutat fel kell építeni, és ezekre elvégezni második lépcsőben az alapirány meghatározást. A két lépcsőben – mint korábban bemutatásra került – eltérően is figyelembe vehetőek az optimum-szemponatok. Az összetett vágányutak esetében is szükség lehet az egyes közbenső célok szerinti rangsorolásra, ha a berendezés megengedi kerülő összetett vágányutak beállítását.

Azokat az eseteket, amelyekben két jelző között összetett és közvetlen kapcsolat is van, szintén kezelni kell, ilyenkor eldönthető, hogy melyik lépcső szempontjai szerint történik az optimalizálás. Ha a közvetlen kapcsolat kerül ki másodlagosként, azt a kerülővágányutak listájához hozzá kell adni. Amennyiben több összetett kapcsolat is van, akkor valamennyi lehetőséget rangsorolni kell.

Az utólagos optimalizálással végzett alapirány-keresés kiterjesztésekor a kerülőgomb-elhelyezés folyamata hasonló az alapesethez. A „virtuális kerülőirányok” előállításakor ilyen esetben is csak az egyszerű kerülővágányutakat kell figyelembe venni. Azokban az esetekben, amikor egy kerülővágányút egyszerű alapvágányút nélküli, azaz az alapiránya csak összetett lehet, az útvonal-eltérést az összetett vágányúthoz képest kell vizsgálni. Előfordulhat, hogy az ilyen közvetlen kerülővágányút csak alsóbb rendű kerülési lehetőség, azaz több összetett vágányút áll felette a rangsorban, így minden ilyen összetett vágányúttól való eltérést fel kell venni a „virtuális kerülőág”-listába.

### 3.1.4. Tolatógányutak sajátosságai

Tolatógányutas berendezések tervezésekor további szempontokat is figyelembe kell venni. A tolatógányutak sajátossága, hogy a tolatásjelzők elhelyezése a főjelzőkétől eltérően nem mindig követ egy általános sémát. A tolatásjelzők a forgalmi igények függvényében a váltókörzeteken belül is tetszőleges helyen állhatnak, gyakran fordulhat elő olyan eset, mikor két tolatásjelző között közvetlen és összetett vágányút is felépíthető. Ezen okból tolatógányutak alapirány-meghatározását összetett vágányutakra kiterjesztett módon érdemes végezni. Az összetett tolatógányutak gyakran 2-3 közbenső célt is érintenek, azonban fontos korlátozás, hogy összetett tolatógányút (tolatásjelzővel egyesített) főjelzőn keresztül nem kezelhető ki.

A tolató- és vonatvágányutak alapirány-meghatározása ellentmondásos eredményekre vezethetne, ezért általános elv szerint a tolatógányutakat a vonatvágányutak alapirányai szerint kell tervezni. Azaz, ha egy „teknő” alapiránya a vonatvágányutakra vonatkozó szempontok szerint kiválasztásra került, azt az azon a „teknőn” haladó tolatógányutakra is érvényesnek kell tekinteni, még ha (pl. az eltérő sebességek miatt) kizárólag tolatógányutakra vonatkozó optimalizálás szerint a másik ág is lenne az alapirány. Ennek jelentősége abban áll, hogy két pont között mindig ugyanaz lesz az alapértelmezett útvonal, függetlenül a vágányút fajtájától, ezzel segítve a kezelőt, de a berendezés belső logikájának következménye is lehet.

A vonatvágányutakra és a tolatógányutakra vonatkozó „teknők” keresését célszerű egymástól függetlenül, külön-külön elvégezni, mert:

- lehetnek olyan vágányszakaszok, amelyek csak tolatógányútban érinthetők;
- az összetett tolatógányutak keresése főjelzőknél megáll,

így eltérő „teknők” kerülhetnek megtalálásra.

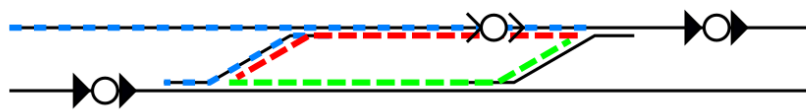
Kezdő lépésként a vonatvágányutakra vonatkozó alapirány-keresést kell futtatni, az összetett vágányutakra kiterjesztett módon. Az egyes vágányszakaszokon projektálási lehetőségként meg kell adni, hogy csak tolatógányútban érinthetőek-e, vagy vonatvágányút is áthaladhat-e rajtuk. Ha a keresés olyan szakaszhoz ér, ami csak tolatómenetben érinthető, a keresést vissza kell fordítani, az útvonallistához hozzáadni nem szabad.

Az alapirányok meghatározása és az útvonalkizárások beépítése után a tolatógányutakban érintett „teknők” keresése kell következzen. Ebben az esetben a kizárólagos start- és célpontok közé valamennyi tolatásjelzővel egyesített főjelzőt is fel kell venni, hiszen azokon tolatóútvonal nem haladhat keresztül, így egyben végső start- és célpontokként is működnek.

Amennyiben olyan „teknő” (elágazási-visszatérési váltópár) kerül megtalálásra, amelyik a vonatmenetknél már kilistázásra és optimalizálásra került, a továbbiakban figyelmen kívül hagyható.

Amennyiben a „teknő” vonatmenetben nem került megtalálásra, mert egyik ága csak tolatómenetben érinthető, de a másik vonattal járható, a kerülőág automatikusan a vonattal nem járható ág lesz annak érdekében, hogy a vonatvágányút folytonossága biztosítható legyen (35. ábra).

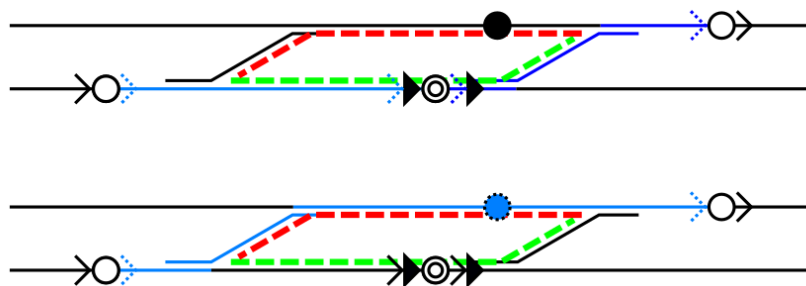
Ha mindkét ág csak tolatómenetben érinthető, optimalizálni szükséges. A tolatóvágányutak esetében a sebesség, mint szempont figyelmen kívül hagyható, hiszen az általános megengedett maximális tolatási sebesség 40 km/h, amit kitérő irányban is minden esetben alkalmazni lehet. Az egyszerű és összetett tolatóvágányutak keresése, a változatok rangsorolása a beépített útvonal-kizárásoknak megfelelően történik, akár csak vonatvágányutak esetében.



**35. ábra:** Alapirány csak tolatómenetben érinthető vágányút-változat (kék) esetén

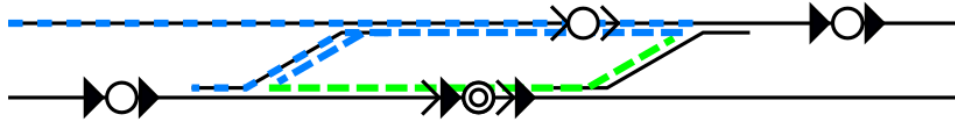
A kerülőgombok elhelyezése során figyelembe kell venni, hogy a kerülőágon tolatásjelző vagy főjelző szerepel-e. Amennyiben a kerülőágon irányhelyesen főjelző áll, az a listából törölhető, mert vonatvágányutak számára a kerülőgomb beépítésére nincs szükség, a tolatóvágányutak pedig nem haladhatnak át a főjelzőn. Ha a kerülőágon csak tolatásjelző szerepel, akkor csak abban az esetben hagyható figyelmen kívül, ha a kerülőág vonatmenettel nem járható (hiszen a vonatvágányút igényelni fogja a kerülőgomb meglétét).

Több speciális eset is előállhat az alapirányok ilyenmódon történő meghatározásakor. Ha egy teknő egyik ágán főjelző áll, ám az optimalizálás során az lesz az alapirány, a tolatóvágányút csak kerülőként (vagy ha a kerülőágban tolatásjelző áll, és kerülő összetett vágányút beállítása nem lehetséges, akkor egyszerű vágányutakból) építhető fel (36. ábra).



**36. ábra:** Összettként közvetlenül nem, csak kerülővágányútként beállítható tolatómenet

Ha egy „teknő” egyik ága csak tolatómenettel járható, míg a másikon főjelző áll (vagy egyéb ok miatt tolatóvágányút nem építhető fel rajta), az sem a vonat-, sem a tolatómenetek teknőkeresésekor nem kerül meg megtalálásra, ekkor előáll az a helyzet, hogy más vágányút épül fel alapértelmezés szerint vonat- és tolatóvágányutakban (37. ábra).



**37. ábra:** Egymástól független tolató- és vonatalapirány

Amennyiben az optimalizálás utólagos alapirány-meghatározással történik – tekintve, hogy nincsenek előre kijelölt kerülőágak – a tolatóvágányutak a vonatvágányutaktól függetlenül kezelhetők. A vonatvágányutak és tolatóvágányutak közötti alapirány-azonosság csak akkor biztosítható, ha a két vágányút azonos jelzők között épül fel.

### **3.2. Megcsúszások optimalizálásának módszertana**

A javasolt optimalizálási módszertan célja, hogy elsősorban a FEDIT-hez hasonló eszközök számára a tervezés automatizálásához, de akár manuális projektáláshoz is segítséget nyújtson. Fontos, hogy a módszer az optimalizálási kritériumokat szem előtt tartva általánosan alkalmazható, az elméletileg lehetséges eseteket lefedve. További szempont volt, hogy az algoritmust attól függetlenül lehessen használni, hogy megcsúszási vágányutas, vagy megcsúszási távolságos függőségeket használ-e a tervezni kívánt berendezés.

#### **3.2.1. Általános megfontolások**

Az optimalizálási módszer során – éppen a széleskörű felhasználhatóság biztosítása érdekében – csak a legalapvetőbb, az egyszerű táblázatos berendezésekkel is megvalósítható függőségeket alkalmazásával célszerű élni. A függőségek eszköztára ennek megfelelően a következő: minden megcsúszáshoz hozzá lehet rendelni

- tetszőleges szakasz-igénybevételeket;
- tetszőleges váltók tetszőleges irányban történő lezárását.

Amennyiben csúccsal szemben álló váltó lezárása elő van írva, az automatikusan irányfüggő megcsúszásnak tekinthető, és a különböző irányokba történő csúszások külön (kezelő által választható) esetként kezelhetők

A vágányutas megcsúszások esetében ezen felül annyi megkötés van, hogy a céljelző és a megcsúszási cél között valamennyi érintett szakasz igénybevitelét és valamennyi váltó helyes irányban történő lezárását kötelezően elő kell írni.

Egyrészt a könnyebb megérthetőség miatt, másrészt az optimalizálási szempontoknál (2.3.2.) megfogalmazottak alapján – miszerint a prioritási listában első helyen szereplő kritérium, azaz a legkevesebb nem kívánt menetkizárás teljesítését a megcsúszási vágányutak teljesítik – teljes egészében a megcsúszási vágányutaknál alkalmazott függőségi előírásokból célszerű kiindulni. Azaz kezdetben minden megcsúszás irányfüggően, az érintett váltók megfelelő irányban történő lezárásával, és valamennyi érintett szakasz igénybevételének figyelembevételével van megvalósítva.

Az irányfüggő megcsúszások azon halmaza, melyek azonos céljelzőhöz tartoznak, és azonos látási viszonyok között értelmezettek (azaz rövid vagy hosszú megcsúszások), tehát egymást helyettesíthetik, egy megcsúszási csoportot alkotnak. Másképpen fogalmazva azok a megcsúszások tartoznak egy csoportba, melyek egy csúccsal álló váltó lezárásának elhagyásával egy – az adott váltó tekintetében immár nem irányfüggő – megcsúszássá összevonhatók. Ez természetesen feltételezi, hogy a megcsúszás kizárólag a céljelzőtől függ, amennyiben a megcsúszás a konkrét vágányút függvényében változhat – azaz startfüggő is –, akkor csak adott vágányúthoz (vagy vágányút-csoporthoz, ha azonos megcsúszás tartozik hozzájuk) tartozó megcsúszások sorolhatók egy megcsúszás-csoportba.

### 3.2.2. Megcsúszási célok áthelyezése

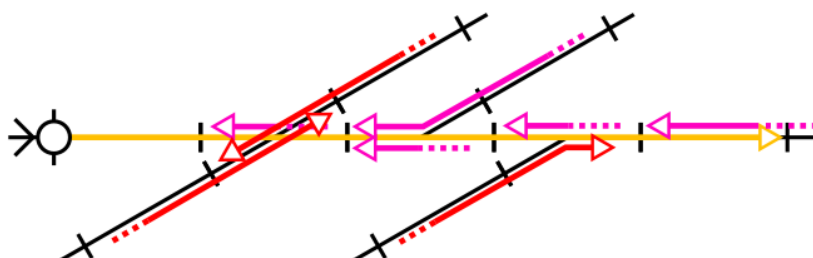
Az első lépés az egyértelműen felesleges szakaszigénybevétel-függőségek törlése. Ebben a lépésben nem történik más, mint a megcsúszási célpontok olyan áthelyezése, mellyel az oldalvédelmek figyelembevétele nélkül:

- minden egymásra veszélyes menet kölcsönös kizárása továbbra is megvalósul;
- de a megcsúszási célok „hátrahúzásával” csúccsal álló váltók szabadulnak fel, így felengedve azok irányfüggő lezárását.

A megcsúszási célokat áthelyezni úgy lehet, ha az utolsó igénybe vett szakasztól kezdve a megcsúszási igénybevételek a céljelző felé visszatörlésre kerülnek a B.I folyamatára szerint. Szakasz-igénybevételek törlésére abban az esetben kerülhet sor, ha a megcsúszást más menet nem veszélyezteti. A veszélyeztetés ebben az esetben lehet

- ellenirányú (B.III):
  - egyenes szakaszra, gyökkel álló váltóra vagy keresztezésre szemből érkező igénybevétel van előírva;
  - csúccsal álló váltóra annak tetszőleges szárán érkező igénybevétel van előírva;

- oldalirányú (B.IV):
  - gyökkel álló váltó nem érintett szárán oldalról érkező igénybevétel van előírva;
  - keresztezés bármely nem érintett szárán oldalról érkező igénybevétel van előírva. (38. ábra)

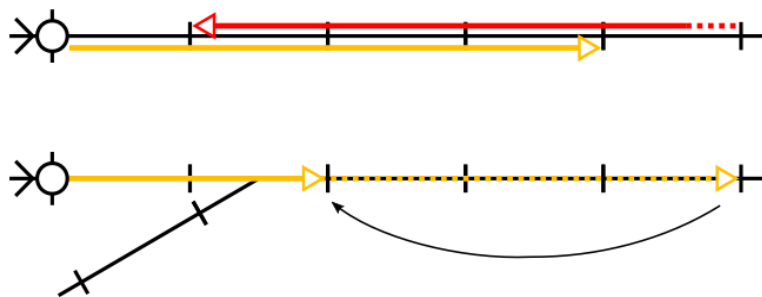


**38. ábra:** Célvisszahúzás esetén figyelembeveendő ellenirányú és oldalirányú veszélyeztetések

A veszélyeztető menetek esetében lényegtelen, hogy a szakasz-igénybevétel vágányútra vagy megcsúszási vágányútra vonatkozik-e. Egy menet alatt így egy vágányút és egy hozzá tartozó lehetséges megcsúszási vágányút kombinációját kell érteni.

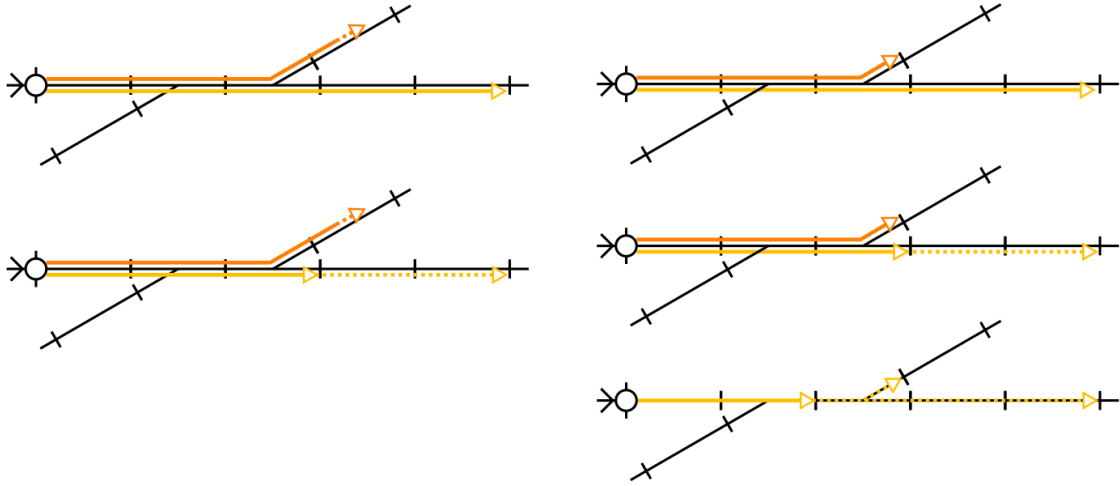
A veszélyeztetések megállapításához nem elég ismerni az egyes szakaszok igénybevételének meglétét, hanem annak irányultságát is tudni kell (azaz a csúszás vagy menet melyik irányból éri el a szakaszt). Ezen felül az egyes váltók helyzetének ismerete is fontos, azaz hogy a megcsúszásban gyökkel vagy csúccsal áll-e.

Feltételezhető, hogy gyökkel álló váltón és keresztezésen mindig számolni kell oldalirányú veszélyeztetéssel, így a visszatörlés ezeken az objektumokon nem megengedett, igénybevétel törléséről tehát csak egyenes szakasz vagy megcsúszásban csúccsal érintett váltó esetében lehet szó. Amennyiben az utolsó szakaszon nincs ellenirányú veszélyeztetés (és az nem gyökkel álló váltó vagy keresztezés), a szakasz-igénybevétel törölhető. A vizsgálatot a következő szakaszra is elvégezve a visszatörlés addig ismételgethető, amíg nincs egy esetleges ellenirányú veszélyeztetés, az adott objektum nem váltó/átszelés, vagy a törlés el nem érte a céljelzőt (39. ábra).



**39. ábra:** A cél (további) visszahúzást gátló ellenirányú (fent) vagy oldalirányú (lent) veszélyeztetés

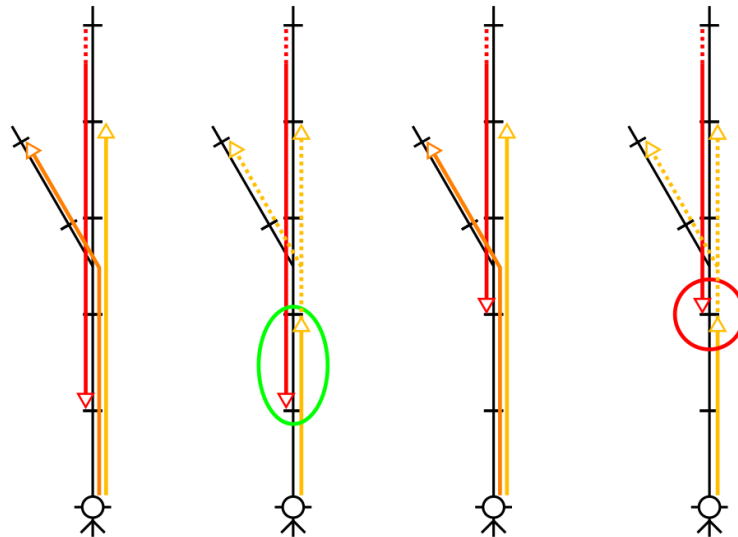
Ha a visszatörés csúccsal álló váltóhoz ért, és a másik száron haladó megcsúszáspár (amely a nevezett váltóig a vizsgált megcsúszással megegyezik, lásd. B.VII) utolsó szakasza is a nevezett váltó, a visszatörés a két megcsúszás összevonásával akkor folytatható, hogyha a váltószakaszon nincs ellenirányú veszélyeztetés (40. ábra).



**40. ábra:** A célvisszahúzás csúccsal álló váltón

Mivel az egyes menetek egy darab közösen igénybeveendő szakasszal is kizárják egymást, ellenirányú veszélyeztetés esetén is lehetőség lenne a megcsúszási cél hátrahúzására egy olyan szakaszig, amelyet minden ellenirányból veszélyes menet is még igénybe vesz. Ennek olyan esetben van jelentősége, ha a megcsúszási cél hátrahúzásával csúccsal álló váltó szabadítható fel. Ezért amennyiben az utolsó szakaszon ellenirányú veszélyeztetés van, törölni ugyan nem szabad, de hátraléptetve minden szakaszra meg vizsgálni, hogy azt milyen ellenirányú veszélyeztetés veszi igénybe, a B.VI folyamatábra szerint.

Amennyiben a keresés csúccsal álló váltóhoz ér, az igénybevételeket a másik száron haladó megcsúszás esetén is meg kell vizsgálni. Ezt követően ellenőrizni kell, hogy a váltót megelőző szakaszt minden addig vizsgált szakaszon (a váltót is ideértve) található ellenirányú veszélyeztetés is igénybe veszi-e. Ha igen, a megcsúszási cél a megcsúszások összevonásával a váltó csúcsához hátrahúzható (41. ábra), ezt mutatja be a B.V melléklet. A keresés ezután folytatható tovább. A keresés mindig meg kell álljon olyan esetben, ha gyökkel álló váltót/kereszteződést talál, vagy elérte a céljelzőt.



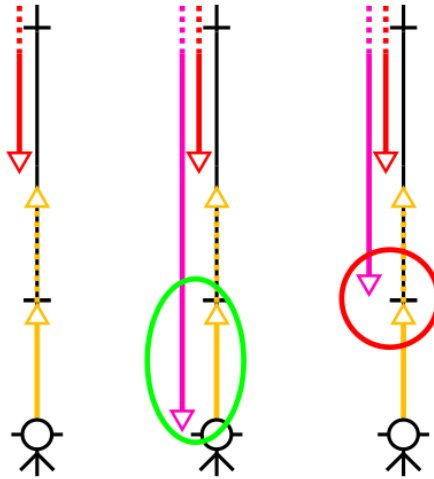
**41. ábra:** Csúccsal álló váltó „felszabadítása” ellenirányú veszélyeztetéskor

Mivel az igénybevételek meghatározása foglaltsági szakaszonként történik, előfordulhat, hogy bár közös igénybevétel miatt a megcsúszást egy másik menet kizárja, azonban szelvénytípus szerint mégis megengedhetőek lennének (B.II folyamatábra).

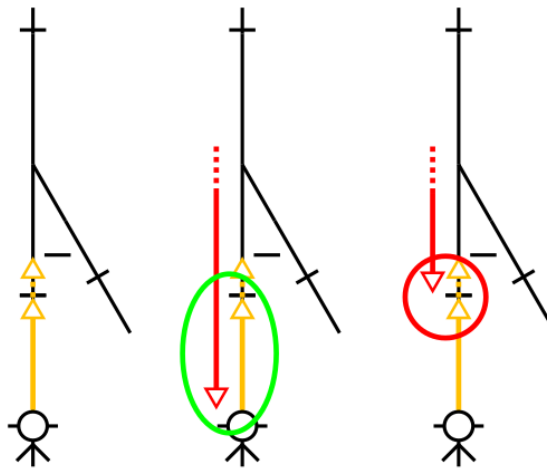
Ellenirányú veszélyeztetés esetén ez azt jelenti, hogy a szemben álló megcsúszások utolsó szakaszai közősek ugyan, de szelvénytípus szerint nem fedik át egymást (42. ábra, B.IV melléklet), oldalirányú veszélyeztetés esetén pedig azt, hogy a megcsúszás utolsó szakasza gyökkel álló váltó/keresztezés, de szelvénytípus szerint a megcsúszás célja még a biztonsági határon kívül van (43. ábra). Ilyen esetekben a megcsúszás célja hátrahúzható akkor, ha valamennyi, az utolsó szakaszon esetlegesen szemből (ténylegesen is) veszélyeztető menet az előttes foglaltsági szakaszt is igénybe veszi, ezzel biztosítva továbbra is a veszélyes menetek közötti kizárást.

Amennyiben van ellenirányú veszélyeztetés, de a fentiek alapján a kölcsönös kizárás továbbra is biztosított, a cél automatikus visszahúzása így sem nem javasolt. Csak akkor érdemes az utolsó szakasz igénybevételét törölni, ha azzal nem kívánt kizárás előzhető meg (van szelvénytípus szerint nem veszélyes szembemenet vagy biztonsági határt el nem érő megcsúszás), ugyanis a több átfedett szakasz a veszélyes megcsúszás céláthelyezésénél nagyobb mozgásteret enged.





**42. ábra:** Igénybevétel törlése egymást nem veszélyeztető szembecsúszások utolsó szakaszán

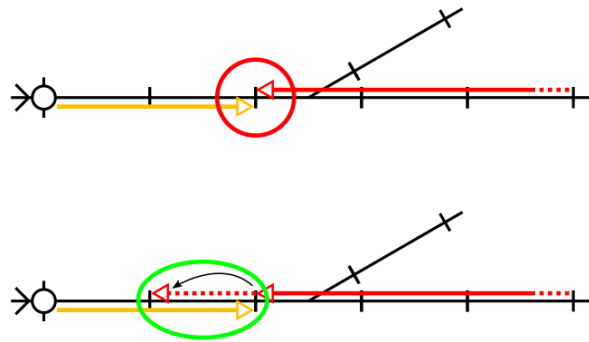


**43. ábra:** Igénybevétel törlése biztonsági határt el nem érő megcsúszás utolsó szakaszán

Opcionálisan lehetőség van azoknak a helyzeteknek a kezelésére is, amikor a célvisszahúzás azért nem megengedett, mert így nem lenne biztosítható a kölcsönös kizárás. Ilyenkor meg lehet vizsgálni, hogy a veszélyeztető megcsúszás céljának kitolása alkalmazható-e, ezzel megfelelő átfedést biztosítva az igénybevételek között.

A veszélyeztető megcsúszás céljának kitolására akkor van lehetőség, ha ezzel nem zár ki tőle egyébként függetlenül megengedhető menetet. Ha olyan eset áll elő, hogy a célkitolással kizárna tőle függetlenül megengedhető menetet, meg lehet vizsgálni, a kizárt megcsúszás célja visszahúzható-e, és így tovább (44. ábra).

Ha a biztosítóberendezés rendszertechnikailag alkalmas arra, hogy ne szakaszonként határozza meg a megcsúszási igénybevételeket, hanem a megcsúszási vágányutak céljai szakaszhatárokon átfedhetőek legyen (pl. Elektra 2), a megcsúszási célok az említett esetekben (41. ábra, 42. ábra, 43. ábra) mindig visszahúzhatóak, csak biztosítani kell az átlapolást.

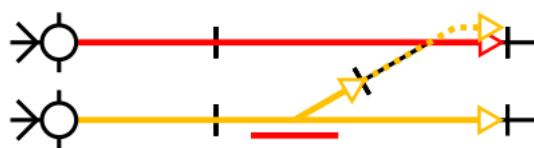


44. ábra: Megcsúszási cél kitolása

### 3.2.3. Optimalizálás oldalvédelem segítségével

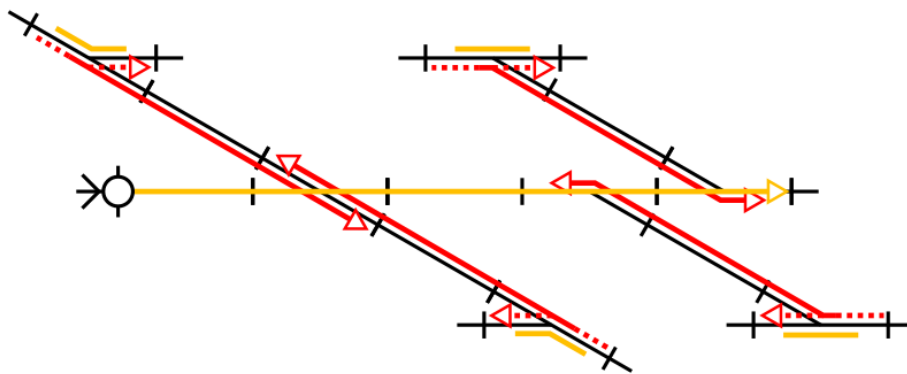
A következő feladat – ahogy az a prioritási sorrendből is következik – annak megoldása, hogy ahol lehet, az irányfüggő megcsúszások kiküszöbölésre kerüljenek az egy csoportba tartozó megcsúszások összevonásával. Az optimalizálás alapfelvetéséből kiindulva bizonyos esetekben az irányfüggő megcsúszás elhagyása nem eredményez több menetkizárást. Bár alapesetben a csúccsal álló váltó lezárása nélkül valamennyi, a megcsúszási övezetben található veszélyes menetet ki kellene zárni, viszont ha a váltónak egyik szára felé található veszélyes menetek elkérik a váltót védőállásban, ezeket a veszélyes meneteket a megcsúszásban kizárni nem kell.

Annak érdekében, hogy egy le nem zárt váltón szétágazó megcsúszási függőség ne zárja ki automatikusan az összes menetet mindkét szárán, az igénybevételek előírását kell törölni. Amennyiben a megcsúszás igénybevételi függőségei az adott cél feltételei között maradnának, a berendezés merev működésmódja miatt a szerteágazó megcsúszás bármely részét veszélyeztető menet vagy másik megcsúszás kizárásra kerülne. A váltó adott szárát követő megcsúszási igénybevételek törlésére azonban csak abban az esetben kerülhet sor, ha biztosítható, hogy minden, a megcsúszást az adott szárát követő szakaszon veszélyeztető menet – ideértve a megcsúszásokat is – a váltót elkérje oldalvédelemben, ezzel a törölt igénybevételű szár felhasználását valóban lehetetlenné téve (45. ábra).



45. ábra: Megcsúszási oldalvédelem előírása az egyidejű megengedhetőség érdekében



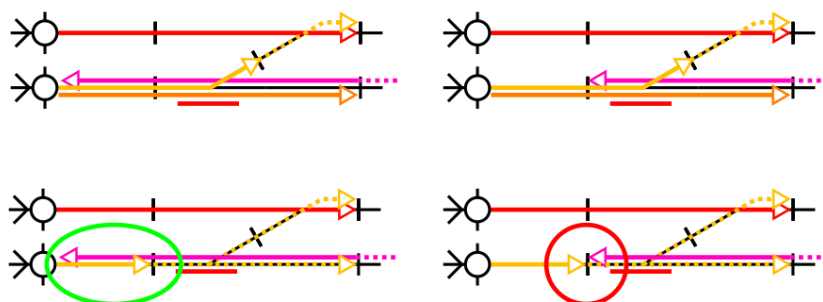


**47. ábra:** Oldalirányból veszélyeztető megcsúszás kizárása oldalvédelemmel

A védelmet nyújtani képes váltó terelőállásban való lezárását elő kell írni a megcsúszás feltételei között, és el kell tárolni, hogy melyik veszélyeztető megcsúszás(ok) miatt van szükség a védelemre (B.XI melléklet). Ha veszélyeztetési pont és a veszélyeztető megcsúszás kiinduló céljelzője között több terelési lehetőség is van, mindig csak a veszélyeztetési ponthoz közelebbit szabad figyelembe venni.

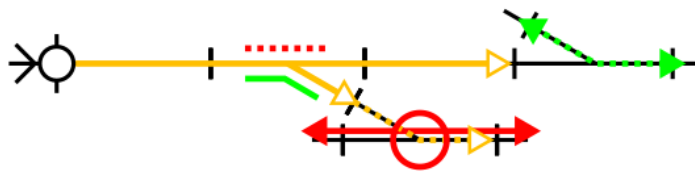
Következő lépésben meg kell vizsgálni, hogy melyik megcsúszási csoport mely tagjai vonhatók össze páronként egy-egy csúccsal álló váltó irányfüggő lezárásának elhagyásával. A vizsgálatot megcsúszási csoportonként kell elvégezni, a céljelzőtől legtávolabbi csúccsal álló váltóval kezdve, a B.XVI mellékletben bemutatott algoritmus szerint. A megcsúszási csoporthoz tartozó váltókat a B.XVII folyamatábra szerint javasolt megkeresni. Az alábbiakban összefoglalt esetekben nem lehet elhagyni a váltó megcsúszásában történő irányfüggő lezárásától.

- a) Ha a megcsúszás vágányutas, az irányfüggő lezárást meg kell tartani, kivéve akkor, ha a váltószakaszról a megcsúszási célt hátra lehet húzni. Ezt akkor lehet megtenni, ha a váltószakaszt igénybe vevő valamennyi megcsúszás a megelőző szakaszt is igénybe veszi, így biztosítva továbbra is a megfelelő kizárásokat (48. ábra, B.XXII). (Opcionálisan a veszélyeztető megcsúszás célja is kitolható (44. ábra), vagy ha a berendezés erre alkalmas, átlapoló megcsúszási célok is alkalmazhatóak, ha a kölcsönös kizárás nem lenne biztosított.)



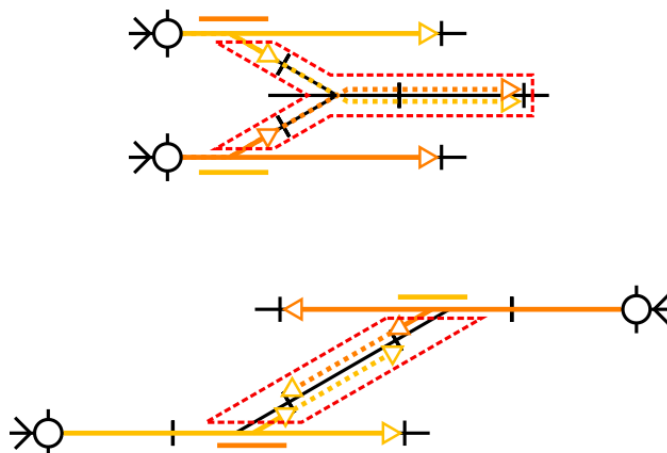
**48. ábra:** Igénybevétel törlése vágányutas megcsúszás esetén

- b) Csak abban az esetben törölhető a váltó adott szárán igénybevétel, ha az adott szárát követő szakaszokat veszélyeztető menetek elkérik terelőállásban a váltót. Ehhez a megcsúszási csoport valamennyi megcsúszását tetszőleges módon veszélyeztető (azaz a megcsúszási csoportban érintett bármely szakaszt szintén igénybe vevő) vágányutakból kivonva azokat, amelyek a megcsúszási csoport más megcsúszásait (is) veszélyeztetik, megkaphatóak azok a vágányutak, amelyek kizárólag a vizsgált váltó adott szárán vezető megcsúszással kerülnek konfliktusba (B.XIX folyamatábra). (Azért csak vágányutakat kell ellenőrizni, mert megcsúszások esetén kötelező jelleggel elő vannak írva az oldalvédelmek.) Ezek mindegyikén ellenőrizni kell, hogy a váltót elkérik-e védőállásban feltétel nélkül, a B.XX melléklet szerint. A feltétel nélküliség azt is jelenti, hogy oldalvédelem továbbadására sem kerülhet sor. Ha nem biztosított minden esetben az oldalvédelem, az igénybevételek törlésére nem kerülhet sor, a többletkizárások elkerülését az irányfüggő megcsúszás megtartásával kell biztosítani (49. ábra).



**49. ábra:** Továbbadott oldalvédelem miatti veszélyeztetés

- c) Lehetséges, hogy a megcsúszási oldalvédelmek kölcsönösen olyan közbeékelte vágányszakaszt zárnak ki, amelyet a megcsúszások egyike igénybe tudna venni. Ennek ellenőrzésére a B.XXI szerint meg vizsgálni, hogy adott megcsúszásban szereplő váltón van-e olyan megcsúszástól származó oldalvédelmi kérés, amelyet a vizsgált megcsúszás oldalvédelemmel kizár. Ha van ilyen, szintén irányfüggő megcsúszásnál kell maradni az adott váltó esetében (50. ábra).

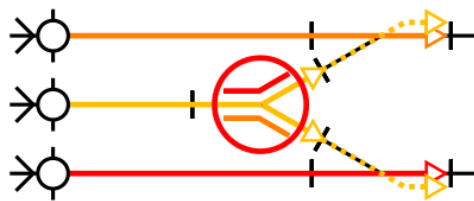


**50. ábra:** Kölcsönösen kizárt szakaszok

- d) A váltó irányfüggő lezárását adott megcsúszási csoportban meg kell hagyni, ha azt követő csúccsal álló váltón is megmarad az irányfüggő lezárás. A váltók vizsgálata sorrendjének ebből a szempontból van jelentősége. Annak ellenőrzésére, hogy van-e távolabbi irányfüggőnek meghagyandó váltó, meg kell vizsgálni, hogy a váltó azonos szárán haladnak-e páros megcsúszások (melyek a későbbi váltón ágaznak el). A B.XVIII folyamatábra alapján az adott váltón jobbra, illetve balra haladó megcsúszás-párok kiválasztása történik. Amennyiben egy jobb megcsúszással a váltóig megegyező megcsúszás van, vagy egy jobb megcsúszáshoz több bal megcsúszáspár is tartozik, akkor a jobb, illetve bal szárat követően irányfüggőnek megtartandó váltó van.

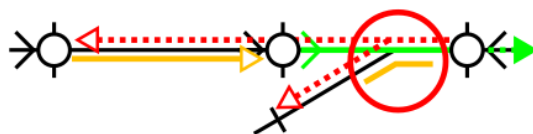
Vannak olyan továbbá olyan feltételek, melyek valamennyi, a váltón haladó menet esetében megkövetelik az irányfüggő megcsúszások megtartását, megcsúszási csoporttól függetlenül, ezeket célszerű előzetesen vizsgálni a B.XII szerint.

- e) Ha a váltót megcsúszás elkerülési oldalvédelemben, akkor meg kell vizsgálni, hogy másik állása szerepel-e védőként előírva más (tőle függetlenül megengedhető) menetben (menet alatt továbbra is egy vágányút-megcsúszás kombinációt kell érteni). Ha igen, akkor a két, oldalvédelmet előíró menet feleslegesen kizárná egymást. Ekkor irányfüggő megcsúszás megtartásával (majd az oldalvédelmek későbbi törlésével) kell biztosítani a menetek egyidejű beállíthatóságát. (51. ábra)



**51. ábra:** Megcsúszási oldalvédelmekkel egymást kölcsönösen kizáró menetek

- f) Előfordulhat, hogy az oldalvédelemben lezárt váltót egy, az oldalvédelmet kérő megcsúszástól független menet másik állásában érintene. Ezért meg kell vizsgálni, hogy az adott váltóra oldalvédelmet előíró menettől független (vele közös szakaszt igénybe nem vevő) menetek a védőállástól eltérő állásában kívánják-e lezárni a váltót. Ha igen, akkor a két menet kizárná egymást. Ekkor irányfüggő megcsúszás megtartásával (majd az oldalvédelmek későbbi törlésével) kell biztosítani a menetek egyidejű beállíthatóságát. (52. ábra)



**52. ábra:** Megcsúszási oldalvédelem miatt lehetetlenné tett váltóigénybevétel

Az e) és f) pontok összevontan is vizsgálhatók, ha az oldalvédelemben és érintettként történő lezárás együttesen kerül ellenőrzésre (lásd. B.XII). A vizsgált megcsúszás és az idegen menet egyidejű megengedhetőségét a B.XIII szerint kell ellenőrizni (közös igénybe vett szakaszt a B.XIV, elemek ellentétes állásban történő lezárását a B.XV vizsgálja, mint egyidejű megengedhetőség általános feltételeit).

Ha fentiek teljesülnek, akkor az adott váltó irányfüggő lezárása felengedhető a jobb és bal megcsúszások összevonásával, és a védett száron az igénybevételek törölhetőek (B.XVI szerint). (Mivel azonban a váltólezárás felengedése csak akkor lehetséges, ha a veszélyeztető menetek a váltót oldalvédelemben elkérik, így a nem védett száron nem lehet veszélyeztetés. Így nem csak a védett, hanem a nem védett szárat követő igénybevételek is törölhetőek lennének, amennyiben a cél még nem lenne hátrahúzva a váltóig.) A nem vágányutas megcsúszások esetében valamennyi gyökkel álló váltó lezárásától is el lehet tekinteni.

Amennyiben a védett száron a váltószakaszig valamennyi igénybevétel törölve lett, továbbá a váltót követően a másik száron sincs igénybevétel előírva, a törlés a csúcs felé folytatható – ugyan azon szabályok szerint, mint az első lépés során.

Következő lépésben sor kerülhet a felesleges oldalvédelmek törlésére, a harmadik optimalizálási szempontnak megfelelően. A B.XXIII mellékletben bemutatott algoritmus szerint ehhez minden megcsúszásnál, melyhez valamely váltó védőállása elő lett írva, meg kell vizsgálni, hogy az a veszélyeztető megcsúszás, ami miatt a védelem előírásra került, irányfüggőnek van-e meghagyva az adott váltón, vagy össze lett-e vonva. (Ezért volt szükség eltávolítani, hogy melyik veszélyes megcsúszások miatt volt szükség a megcsúszási oldalvédelemre.) Ha a váltót az adott idegen megcsúszásban irányhelyesen le kell zárni, az oldalvédelem törölhető, hiszen ebben az esetben az idegen megcsúszásban a védett száron sem lehet eltekinteni az igénybevételek törlésétől. A váltó oldalvédelmére több veszélyes megcsúszás miatt is szükség van, az csak akkor törölhető, ha minden veszélyes megcsúszásban le kell zárni a váltót.

Összefoglalásképpen az optimalizálás a következő főbb lépésekből áll:

- megcsúszási célok áthelyezése;
- szükséges megcsúszási oldalvédelmek előírása;
- annak eldöntése, hogy adott csúccsal álló váltón az irányfüggő megcsúszások összevonhatóak-e, és ha igen, az összevonás elvégzése;
- a megcsúszásban irányhelyesen nem lezárandó váltók védett szárain a megcsúszási igénybevételek törlése;
- felesleges megcsúszási oldalvédelmek törlése.

## 4. Összefoglalás

A vasúti biztosítóberendezések tervezése a vágányhálózat növekedésével egyre nehezebbé, bonyolultabbá válik, különösképpen a táblázatos szerkesztési elvű berendezések esetében. E probléma kiküszöbölésére merült fel az igény különböző tervezést támogató eszközök bevezetésére, a tervezési lépések automatizálására. A dolgozatban két fő feladat algoritmizálásának lehetséges megoldása került bemutatásra.

Az első témakör az alapvágányút-meghatározás, és a különböző kerülési lehetőségek rangsorolása, valamint az ehhez kapcsolódó feladatok. A dolgozat bemutatja a vágányútváltozatok felfedezésének, kilistázásnak módját is. A vágányútváltozatok rangsorolására két, eltérő megközelítést alkalmazó módszer jelenik meg. Az első az elemi útvonalváltozatok („teknők”) páronkénti összehasonlításával, hierarchikusan felépülve a teljes vágányhálózatra megadja a két tetszőleges pont közötti alapértelmezett irányt. Ehhez kapcsolódva bemutatásra kerül az alapirányok kijelölésének egy lehetséges módszere útvonal-kizárások segítségével. A második módszer egyszerűbben, a teljes felépített vágányutakra utólagos rangsorolással adja meg az alapirányt. A dolgozat javaslatot tesz az útvonalak összehasonlításánál alkalmazandó alapirány-kiválasztási szempontokra. Ezen felül bemutatásra kerülnek az összetett vágányutakhoz és tolatóvágányutakhoz kapcsolódó sajátosságok, illetve a kerülőgomb-elhelyezés automatizálásának egy lehetséges módszertana is.

A második fő témakör a megcsúszások optimalizálása, azaz a megcsúszási függőségek „átrendezése” olyan módon, hogy a lehető legkevesebb felesleges megkötéssel (menetkizárás, váltólezárás) biztosítható legyen valamennyi veszélyes menet kizárása. A dolgozatban elsősorban a táblázatos berendezéseknél beépíthető függőségek kerültek figyelembevételre. A bemutatott módszer két fő fázisra tagolódik. Első lépésben csupán a megcsúszási célpontok átrendezésre történik meg olyan módon, mely a lehető legkevesebb említett megkötést eredményezi. Második lépésben annak módszere kerül bemutatásra, hogy megcsúszási oldalvédelmek előírásával, és egyéb feltételek ellenőrzésével törölhető bizonyos igénybevételek, ezzel megcsúszásban érintett váltók lezárása nélkül is elkerülhetőek a nem kívánt menetkizárások.

Bár mindkét fő optimalizálási feladat algoritmizálása általánosan, az esetek döntő többségében alkalmazható, ám részben bizonyos topológiai, vagy berendezés működésbeli sajátosságok miatt egyedi esetekben mindig szükség lehet manuális tervezésre. A módszerek bizonyos sajátos, esetlegesen nem kezelt esetek figyelembevételével bővíthetőek, ezeknek a beépítésére fordított erőforrások viszont már nem feltétlenül állnak arányban az ilyen egyedi esetek manuális kezelése által igényelt ráfordításokkal.



## 5. Ábrajegyzék

1. ábra: Meneterv (balra) és elzárási terv (jobbra) (forrás: [2]) .....	7
2. ábra: Jelfogóegységek közötti geografikus nyomkábelezés (D70) (forrás: [5]) ....	9
3. ábra: Grafikus függőségi terv részlete (forrás: [7]).....	14
4. ábra: Egyszerű vágánykapcsolatok alkotta elemi „teknő” .....	14
5. ábra: Célvágány legkésőbbi elérése és legkorábbi elérése okozta menetkizárások .....	19
6. ábra: Az adólánc felépülése (forrás: [2]).....	22
7. ábra: A nyugtázólánc felépülése (forrás: [2]) .....	22
8. ábra: Kerülőirányok kizárása D55 berendezés esetén (forrás: [2]).....	23
9. ábra: Kerülőút-kizárás és -kiválasztás áramköri megvalósítása D70 berendezések esetén (forrás: [5]) .....	25
10. ábra: Megcsúszási vágányutak .....	28
11. ábra: Megcsúszási távolság .....	29
12. ábra: Megcsúszások optimalizációja oldalvédelem segítségével.....	32
13. ábra: Rugalmas megcsúszási vágányutak működése .....	34
14. ábra: Indirekt veszélyeztetések kizárása a kezdő- és céljelfogók áramkörében (D55) .....	36
15. ábra: Oldalvédelmi célkizárás, és feloldási lehetősége D70 berendezésben.....	37
16. ábra: A FEDIT eszközzel szerkeszthető torz helyszínrajz (részlet) (forrás: [7]).....	40
17. ábra: Váltók konfigurálását lehetővé tevő szerkesztőablak (FEDIT) (forrás: [7]).....	41
18. ábra: Jelző konfigurálását lehetővé tevő szerkesztőablak (FEDIT) (forrás: [7]).....	42
19. ábra: Foglaltsági szakaszok konfigurálását lehetővé tevő szerkesztőablak (FEDIT) (forrás: [7]).....	43
20. ábra: Adott célponthoz vezető fa projektálása a FEDIT programban (forrás: [7]).....	47
21. ábra: Útvonalkizárás alapján megengedett és kizárt útvonalak elemi teknőben.	51
22. ábra: Teknőkeresés logikája .....	52
23. ábra: Független teknők .....	53
24. ábra: Egymást tartalmazó teknők .....	53
25. ábra: Három átlapoló teknő, és az öt független eset (zöld: alapirány; narancs: 1. kerülési lehetőség; vörös: 2. kerülési lehetőség) .....	54
26. ábra: A visszatérési váltó szárain maradó legfeljebb 1-1 útvonal.....	56
27. ábra: Korábbi kizárás miatt meghatározott alapirány .....	57
28. ábra: Korábbi kizárások miatt kizárt mindkét útvonal .....	57
29. ábra: Korrigált sebességprofil (zöld).....	58

30. ábra: Egymást metsző alapirány-útvonalak .....	61
31. ábra: Kerülőgomb egyértelmű elhelyezése .....	64
32. ábra: Kerülőágak (vörös) lefedésének lehetőségei kerülőgombokkal .....	65
33. ábra: Összetett vágányút, és kerülési lehetőségei .....	71
34. ábra: Kizárólag elsődleges (fent), valamint másodlagos (lent) kerülési lehetőségként beállítható közvetlen (egyszerű) vágányút .....	72
35. ábra: Alapirány csak tolatómenetben érinthető vágányút-változat (kék) esetén .	75
36. ábra: Összetettként közvetlenül nem, csak kerülővágányútként beállítható tolatómenet .....	75
37. ábra: Egymástól független tolató- és vonatalapirány .....	76
38. ábra: Célvisszahúzás esetén figyelembeveendő ellenirányú és oldalirányú veszélyeztetések .....	78
39. ábra: A cél (további) visszahúzást gátló ellenirányú (fent) vagy oldalirányú (lent) veszélyeztetés .....	78
40. ábra: A célvisszahúzás csúccsal álló váltón .....	79
41. ábra: Csúccsal álló váltó „felszabadítása” ellenirányú veszélyeztetéskor .....	80
42. ábra: Igénybevétel törlése egymást nem veszélyeztető szembeesésű szakaszok utolsó szakaszán .....	81
43. ábra: Igénybevétel törlése biztonsági határt el nem érő megcsúszás utolsó szakaszán .....	81
44. ábra: Megcsúszási cél kitolása.....	82
45. ábra: Megcsúszási oldalvédelem előírása az egyidejű megengedhetőség érdekében.....	82
46. ábra: Utolsó szakaszt szemből veszélyeztető megcsúszás kizárása oldalvédelemmel .....	83
47. ábra: Oldalirányból veszélyeztető megcsúszás kizárása oldalvédelemmel .....	84
48. ábra: Igénybevétel törlése vágányutas megcsúszás esetén .....	84
49. ábra: Továbbadott oldalvédelem miatti veszélyeztetés .....	85
50. ábra: Kölcsönösen kizárt szakaszok .....	85
51. ábra: Megcsúszási oldalvédelmekkel egymást kölcsönösen kizáró menetek.....	86
52. ábra: Megcsúszási oldalvédelem miatt lehetetlenné tett váltóigénybevétel .....	86
53. ábra: Folyamatábrák kapcsolata és jelmagyarázat.....	94

## 6. Táblázatjegyzék

1. táblázat: Berendezés szerkesztési elvek összehasonlítása tervezési szempontból	10
2. táblázat: A lezárási táblázat egy részlete (SIMIS IS) <i>(forrás: [7])</i> .....	11
3. táblázat: Megcsúszási vágányutak táblázatos függőségei (SIMIS IS, részlet): váltólezárások és szakasz-igénybevételek <i>(forrás: [7])</i> .....	29
4. táblázat: Megcsúszási vágányút és megcsúszási távolság összehasonlítása .....	31
5. táblázat: Vágányútváltozat-rangsorolási módszerek összehasonlítása .....	62

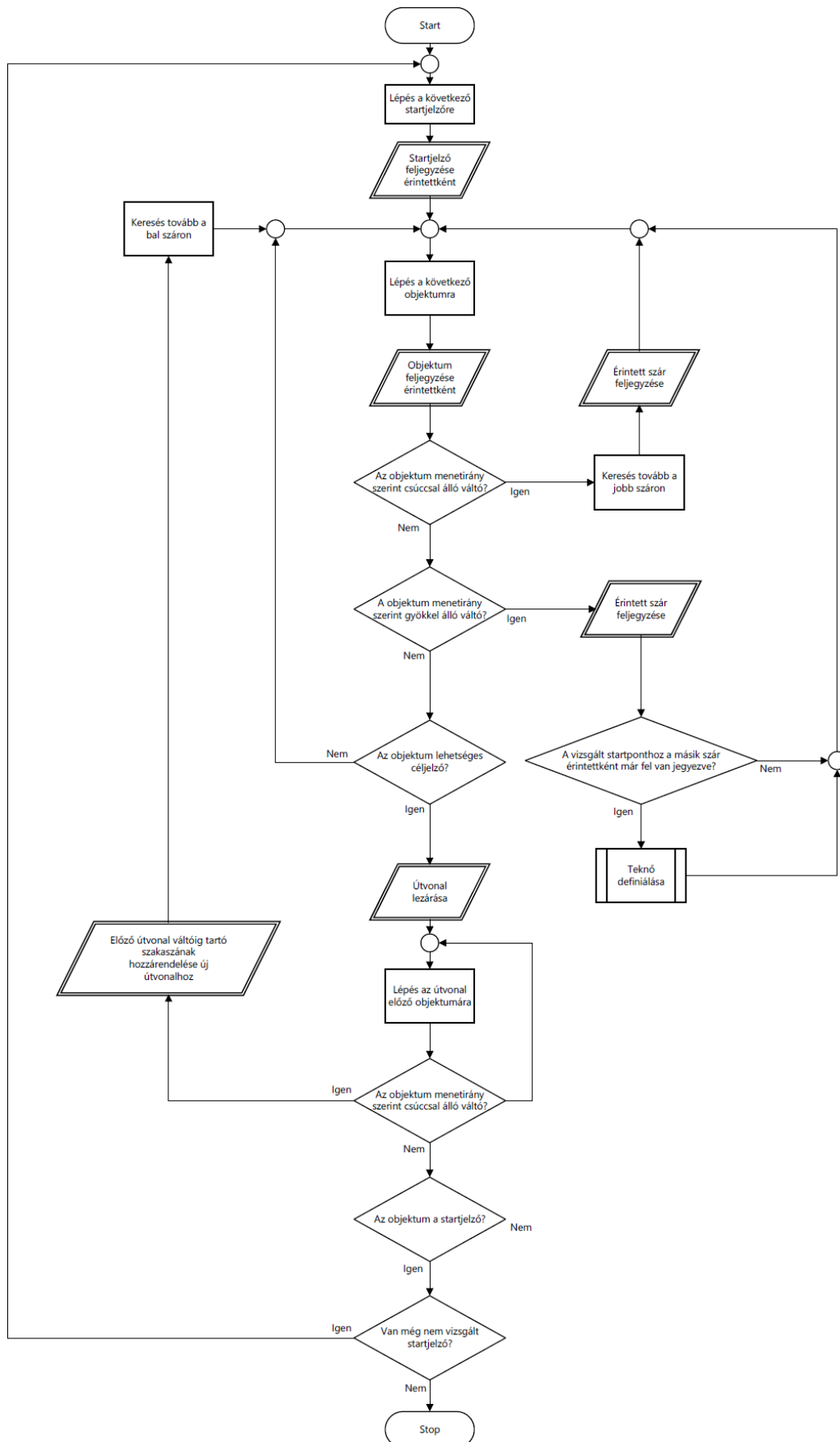
## 7. Felhasznált irodalom

- [1] *BME KÖZLEKEDÉS- ÉS JÁRMŰIRÁNYÍTÁSI TANSZÉK: Függőségi tervek.* [számítógép-fájl] Budapest, BME KJIT.  
URL: [http://www.kjit.bme.hu/images/stories/targyak/vasirkom/vasti\\_irnyt\\_s\\_kommunikcis\\_rendszerek.zip](http://www.kjit.bme.hu/images/stories/targyak/vasirkom/vasti_irnyt_s_kommunikcis_rendszerek.zip) (letöltve: 2018.12.09)
- [2] *BOROS István: Dominó 55 rendszerű állomási biztosítóberendezések.* Budapest, MÁV Rt. Személyügyi Főosztálya, 1997.
- [3] *FARKAS Balázs: Formális modellezés alkalmazásának lehetőségei a vasúti biztosítóberendezések területén.* [diplomaterv] BME Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék, 2016.
- [4] *BME KÖZLEKEDÉS- ÉS JÁRMŰIRÁNYÍTÁSI TANSZÉK: A vágányúti logika leképezése.* [számítógép-fájl] Budapest, BME KJIT.  
URL: [http://www.kjit.bme.hu/images/stories/targyak/vasirkom/a\\_vgnyi\\_logika\\_lekpezse.pdf](http://www.kjit.bme.hu/images/stories/targyak/vasirkom/a_vgnyi_logika_lekpezse.pdf) (letöltve: 2018.12.09)
- [5] *CZIFRA Zoltán és DIVINYI Sándor: Dominó 70 állomási biztosítóberendezés.* Budapest, Közlekedési Dokumentációs Vállalat, 1981.
- [6] *BME KÖZLEKEDÉS- ÉS JÁRMŰIRÁNYÍTÁSI TANSZÉK: Függőségek.* [számítógép-fájl] Budapest, BME KJIT.  
URL: [http://www.kjit.bme.hu/images/stories/targyak/vasirkom/vasti\\_irnyt\\_s\\_kommunikcis\\_rendszerek.zip](http://www.kjit.bme.hu/images/stories/targyak/vasirkom/vasti_irnyt_s_kommunikcis_rendszerek.zip) (letöltve: 2018.12.09)
- [7] *BOLDIS Bálint: Szakmai gyakorlat beszámoló.* Bi-Logik Kft., 2018.
- [8] *MÁV Rt.: Feltétfüzet a MÁV „Dominó-70” típusú biztosítóberendezés kialakításához.* Budapest, 1969.
- [9] *MÁV TEBK: Elektronikus állomási biztosítóberendezések feltétfüzete.* 1.03 verzió. 2002.
- [10] *MAJOROS Antal és FORGÓ János: Vasúti biztosítóberendezési szakmai ismeretek I.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1966
- [11] *GRÓF József: Elektrodinamikus vasúti biztosítóberendezések I. kötet.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965
- [12] *GRÓF József: Elektrodinamikus vasúti biztosítóberendezések II. kötet.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1968

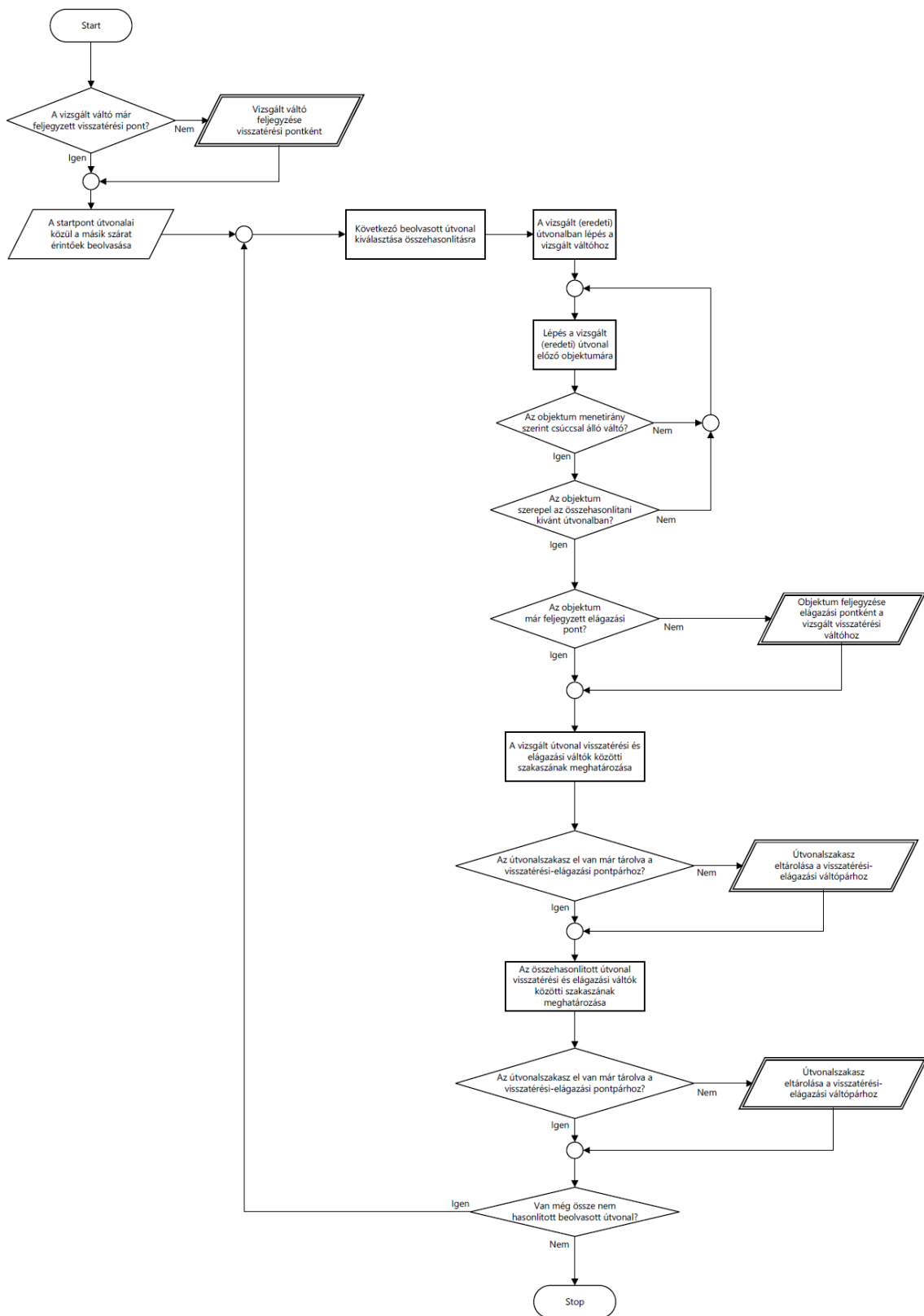
- [13] *LUDVÁNYI István: Metró vasútbiztosító-berendezések II. kötet.* BKV Rt. Metró Üzemigazgatóság, 2000.
- [14] *SIEMENS SCHWEIZ AG: Iltis Parancskatalógus Simis IS (Projekt: MÁV, Magyarország).* 2013.
- [15] *THALES RSS Kft.: Kezelési Szabályzat a Batthyány tér, Aquincum-elágazás és Békásmegyer állomás Elektra 2 – EBO2 kezelői felületéhez.* 2016.
- [16] *Dr. ROHÁCS József: Numerikus módszerek: Extrémum problémák – optimalizálás.* [előadás fóliásor]. BME VRHT.



## A.I. Teknőkeresés

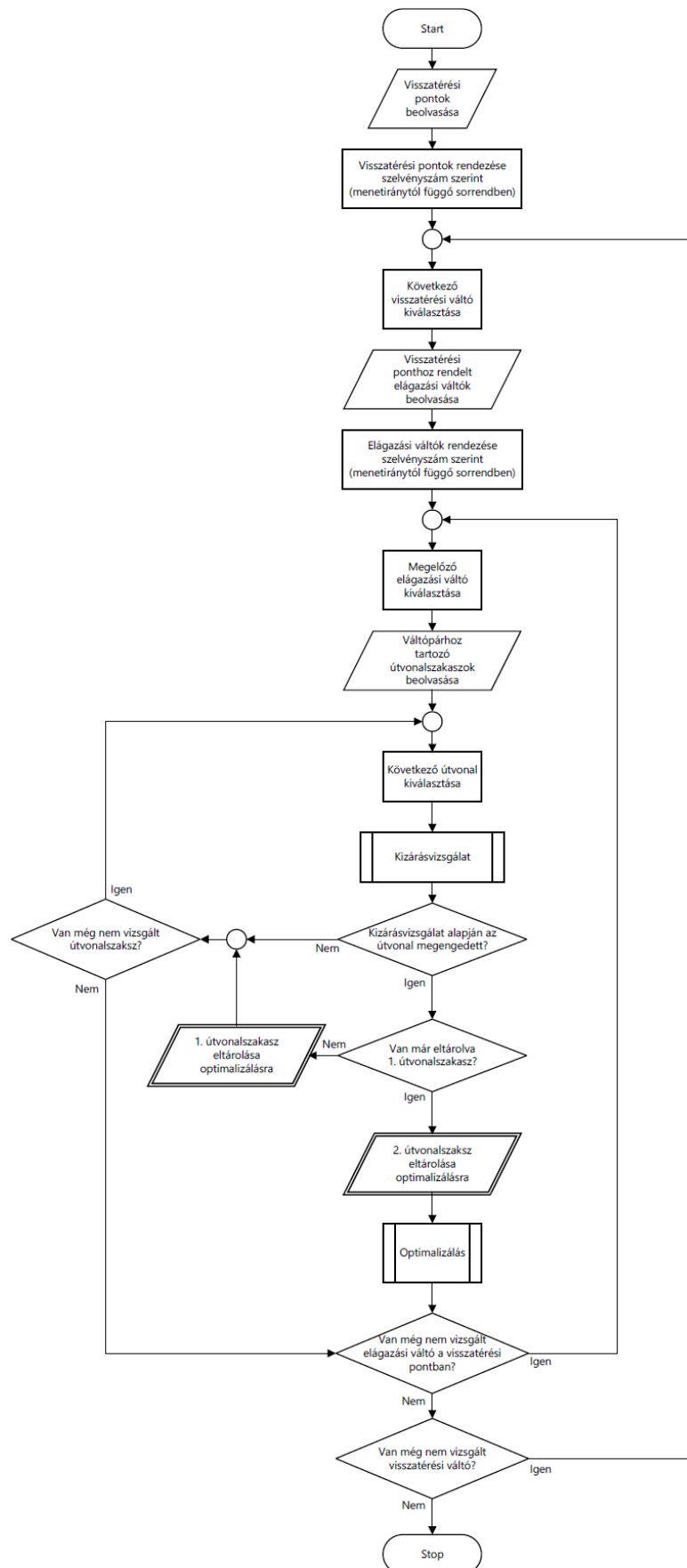


## A.II. Teknő definiálása

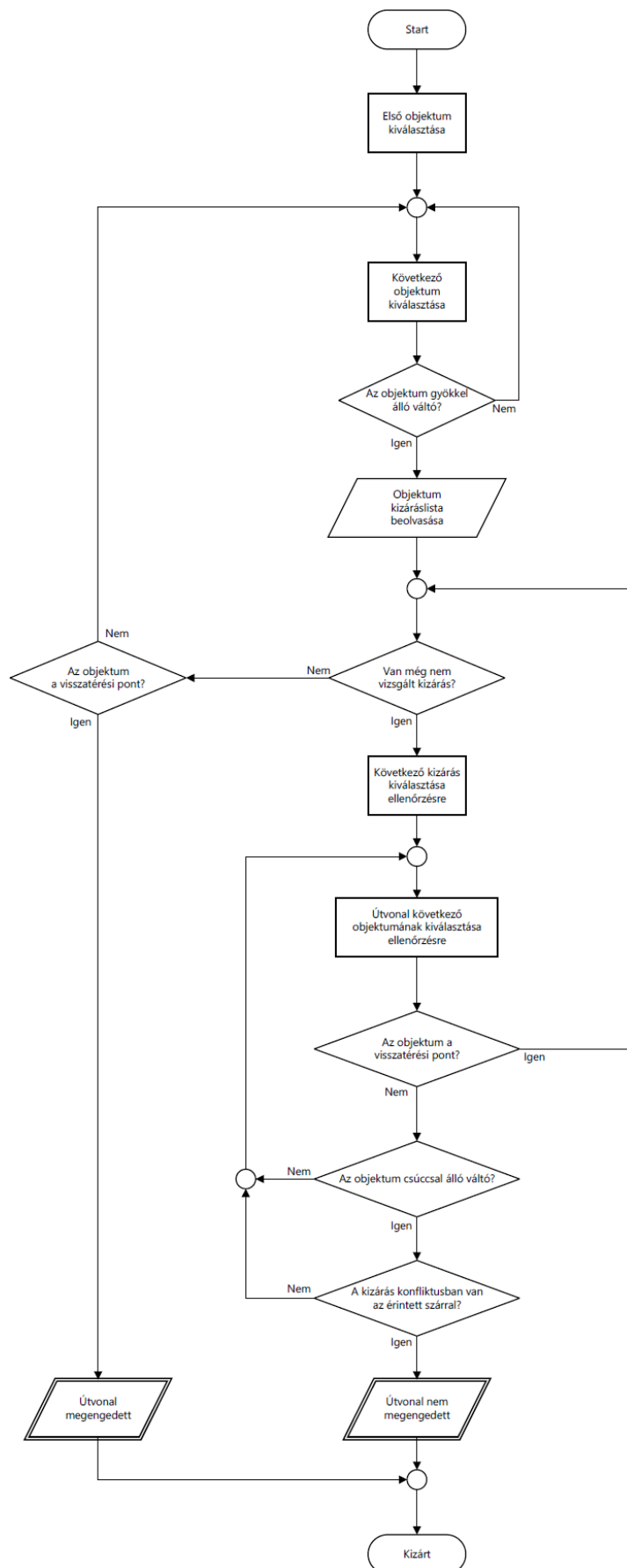




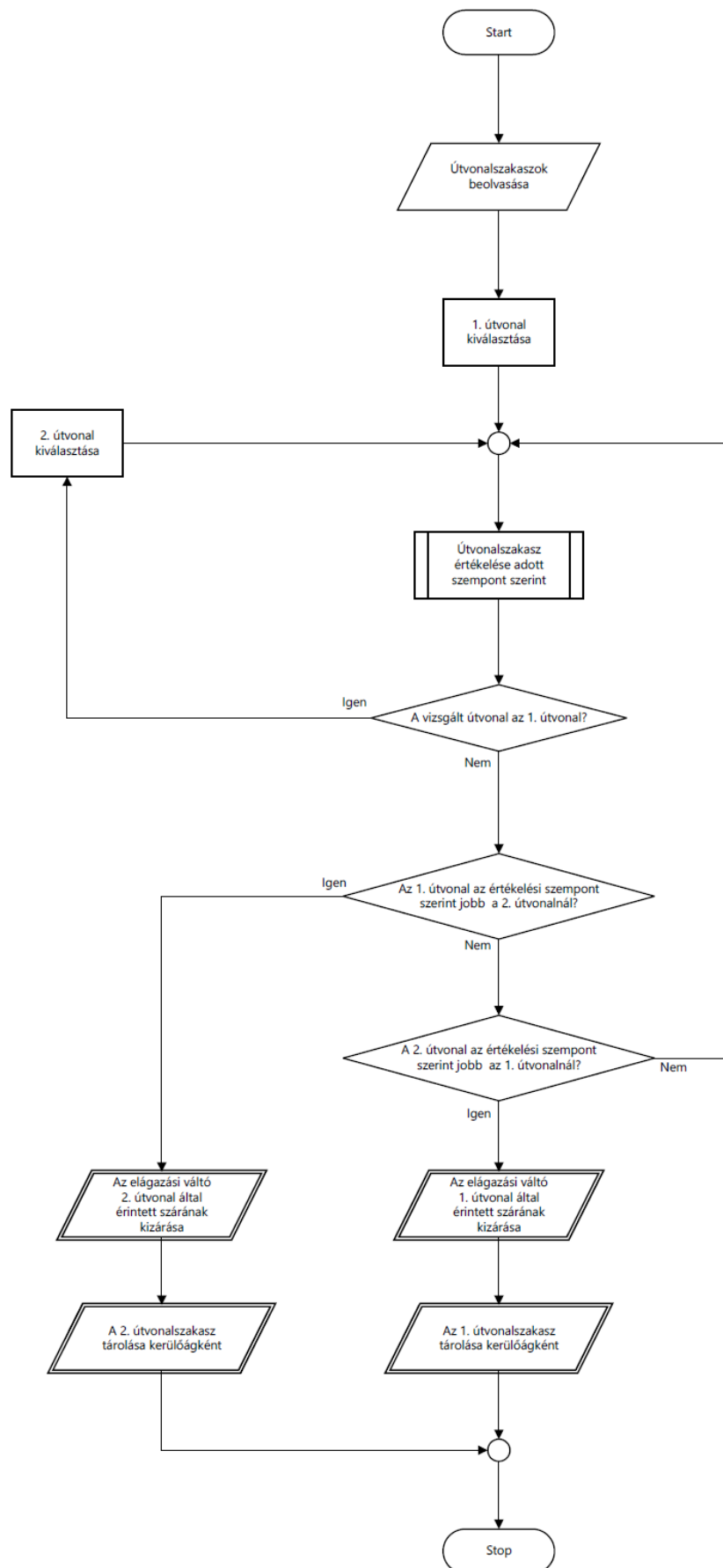
### A.III. Alapirány meghatározása



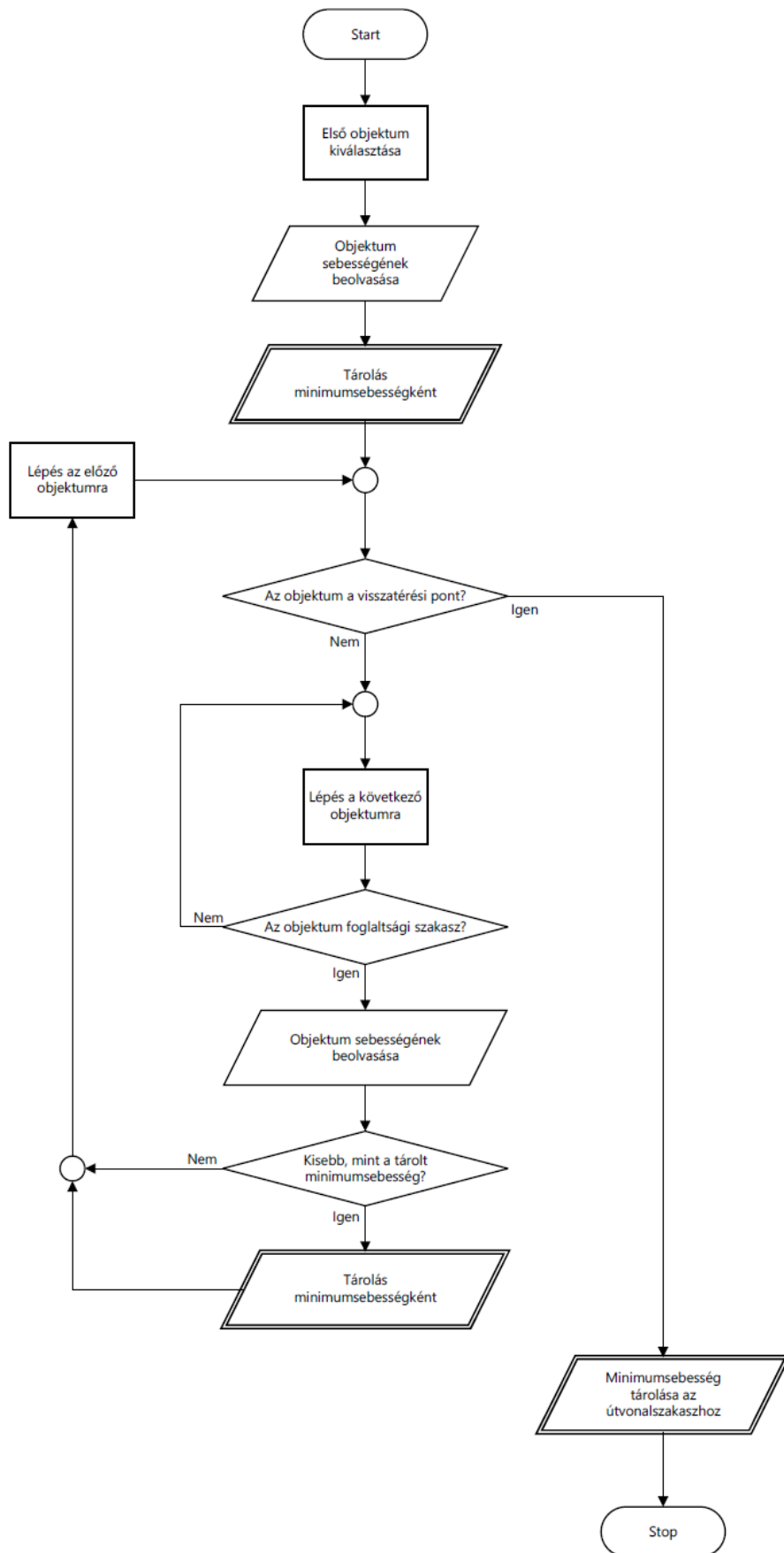
## A.IV. Kizárásvizsgálat



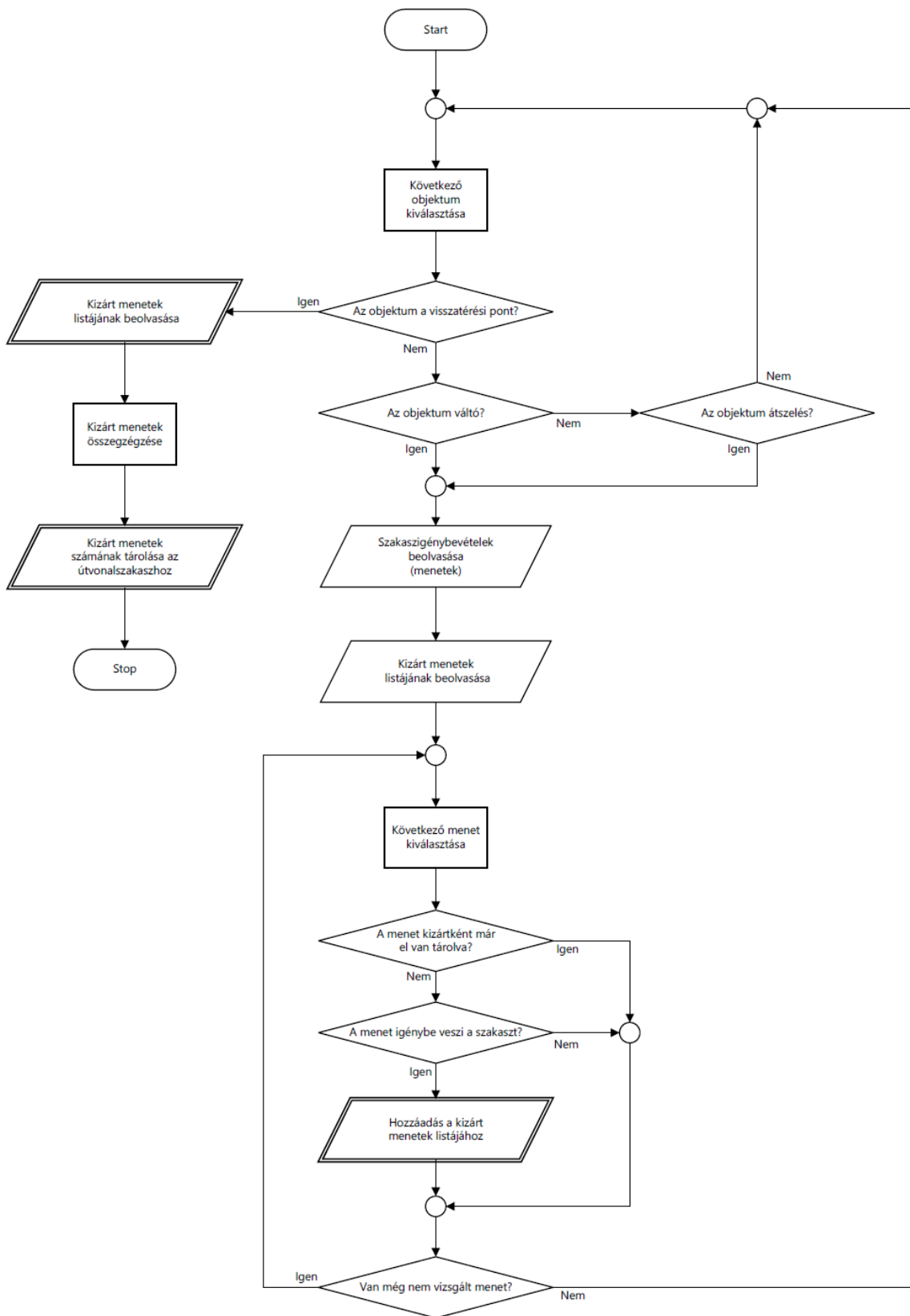
## A.V. Optimalizálás



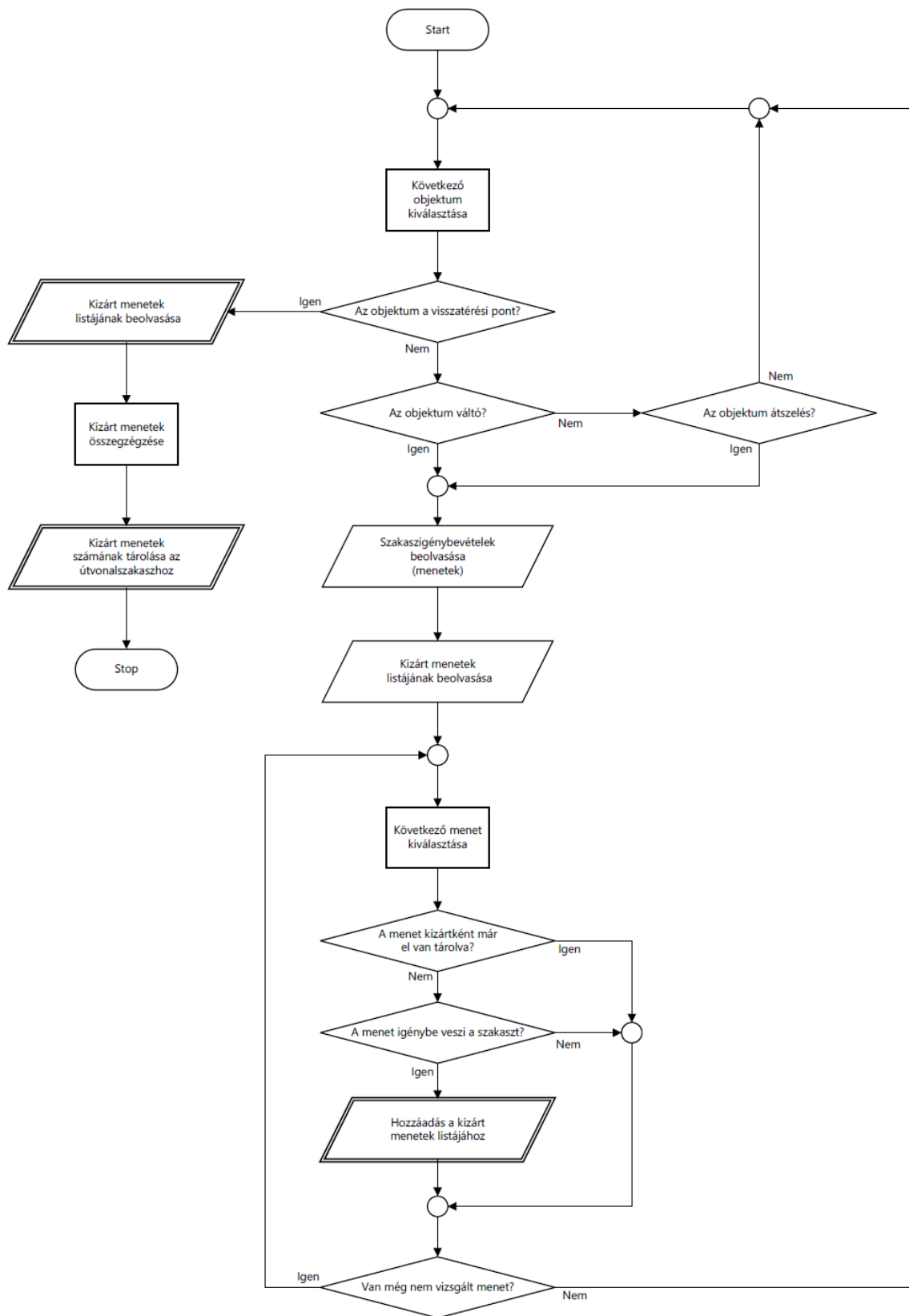
## A.VI. Minimumsebesség



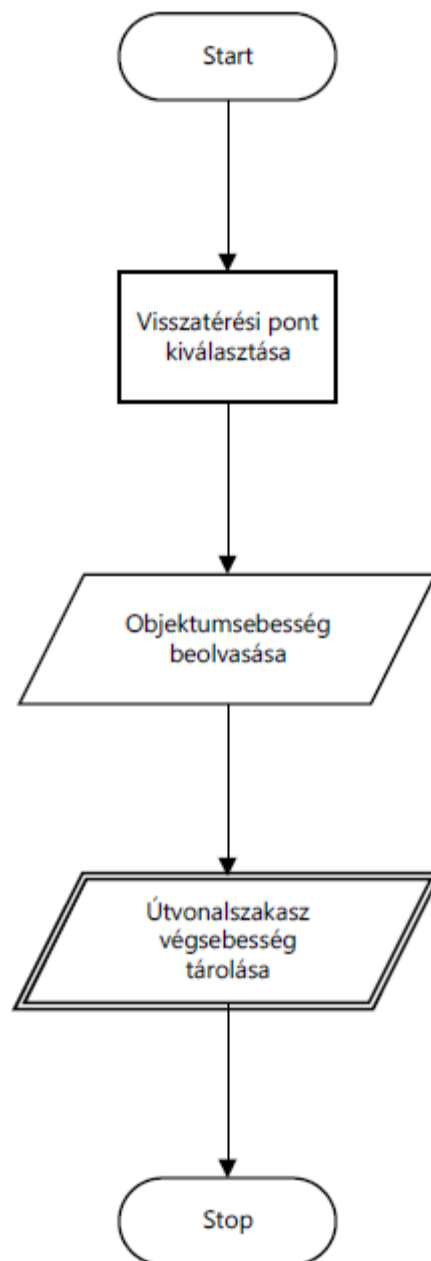
## A.VII. Részletes sebességprofil



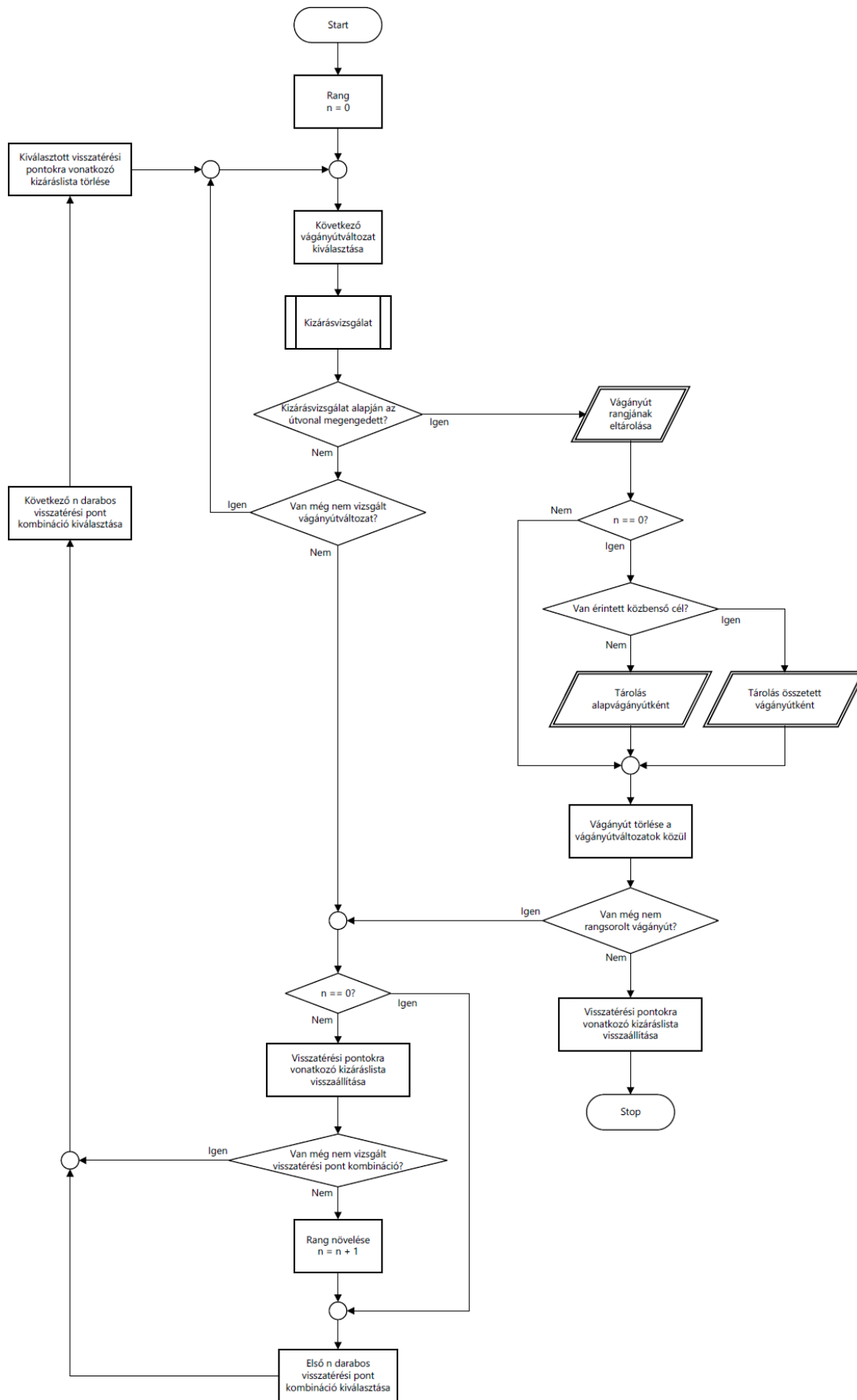
## A.VIII. Kizárt menetek száma



## A.IX. Egyenes irány elérése

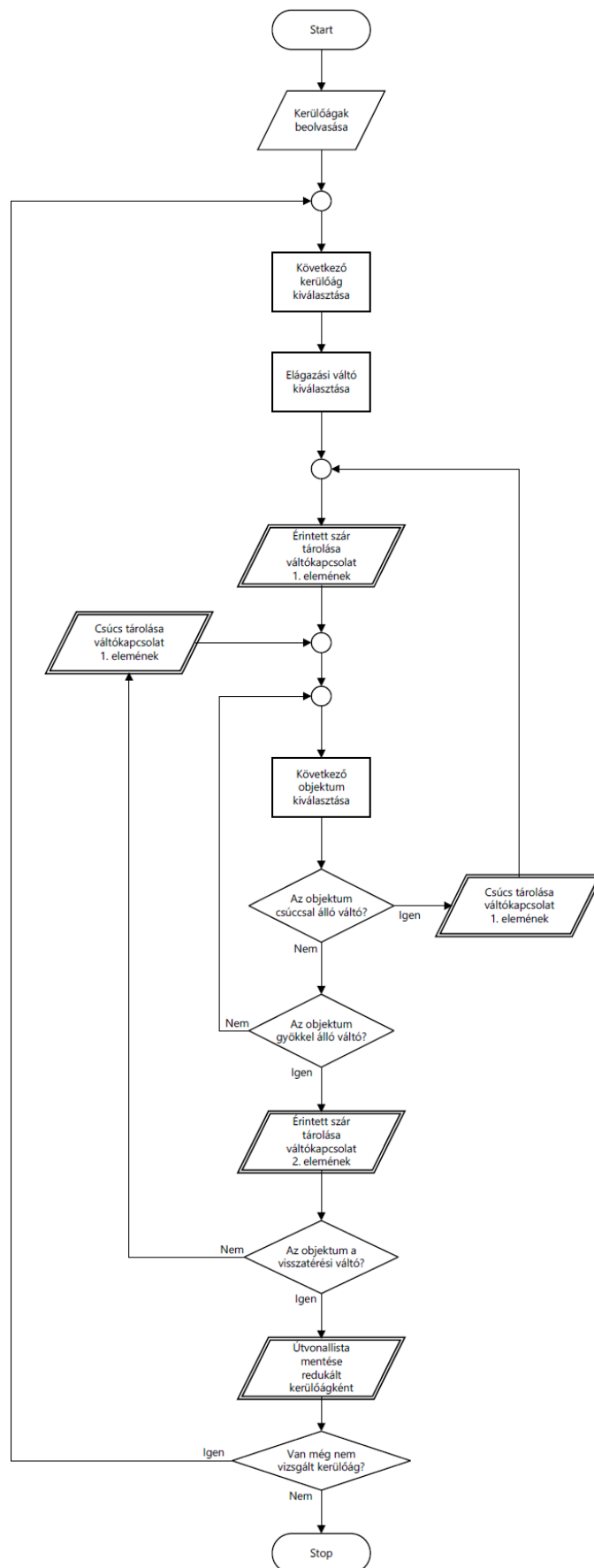


# A.X. Rangsorolás

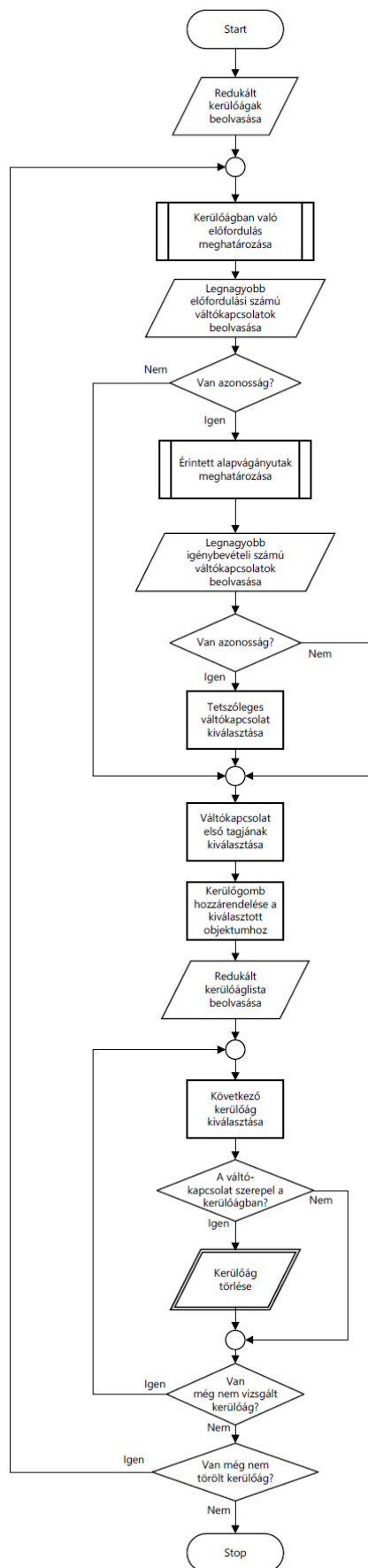




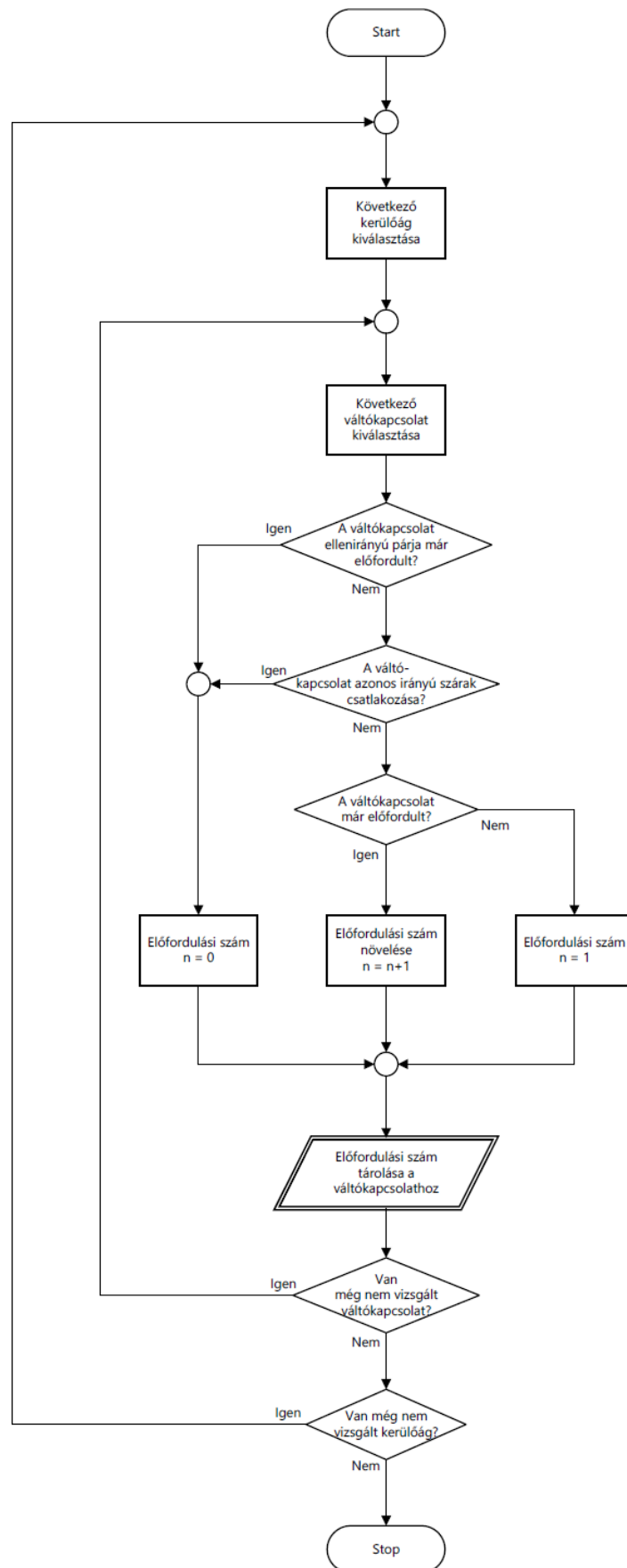
## A.XI. Útvonallista redukálása váltókapcsolatokra



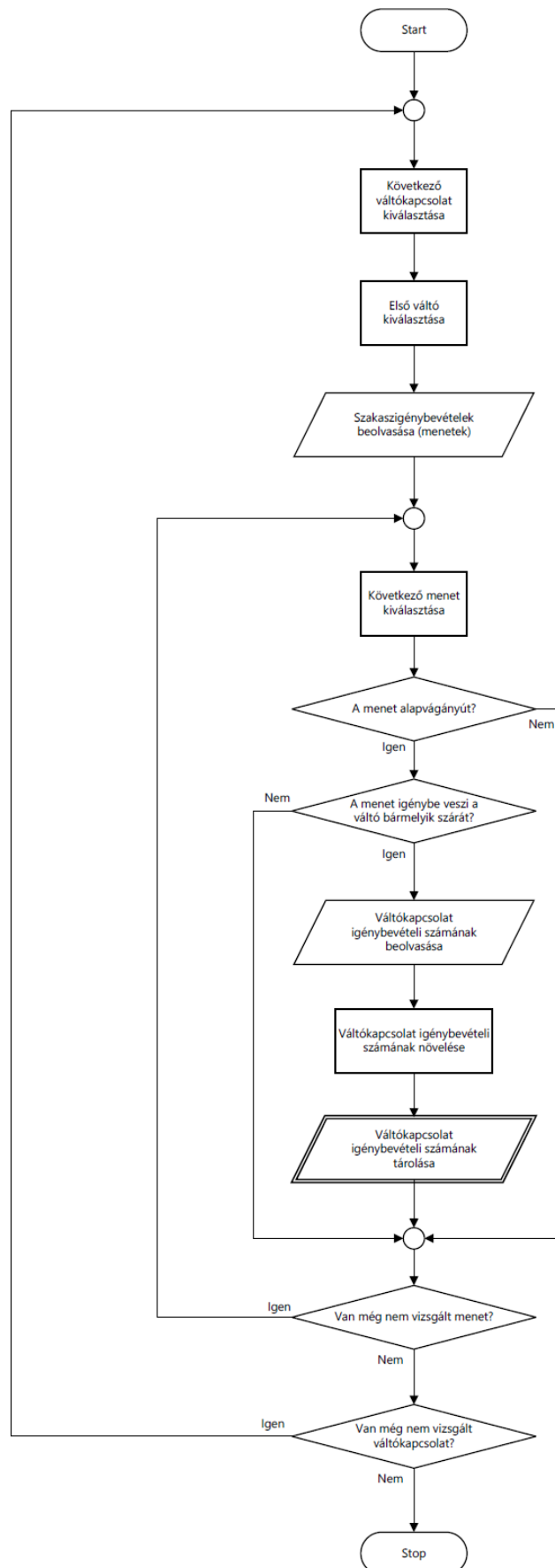
## A.XII. Kerülőgomb elhelyezés



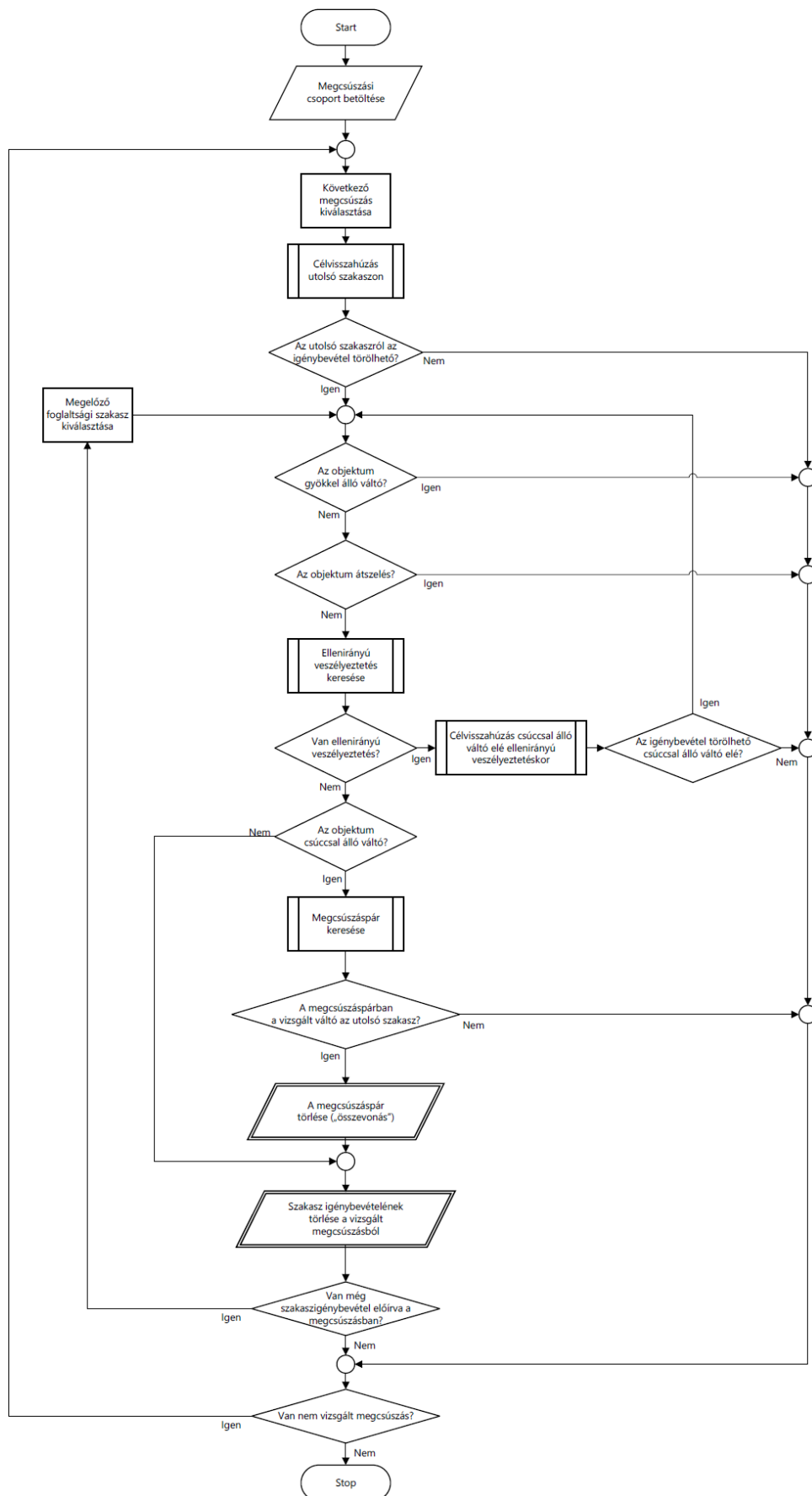
### A.XIII. Kerülőágban való előfordulás meghatározása



## A.XIV. Érintett alapvágányutak meghatározása

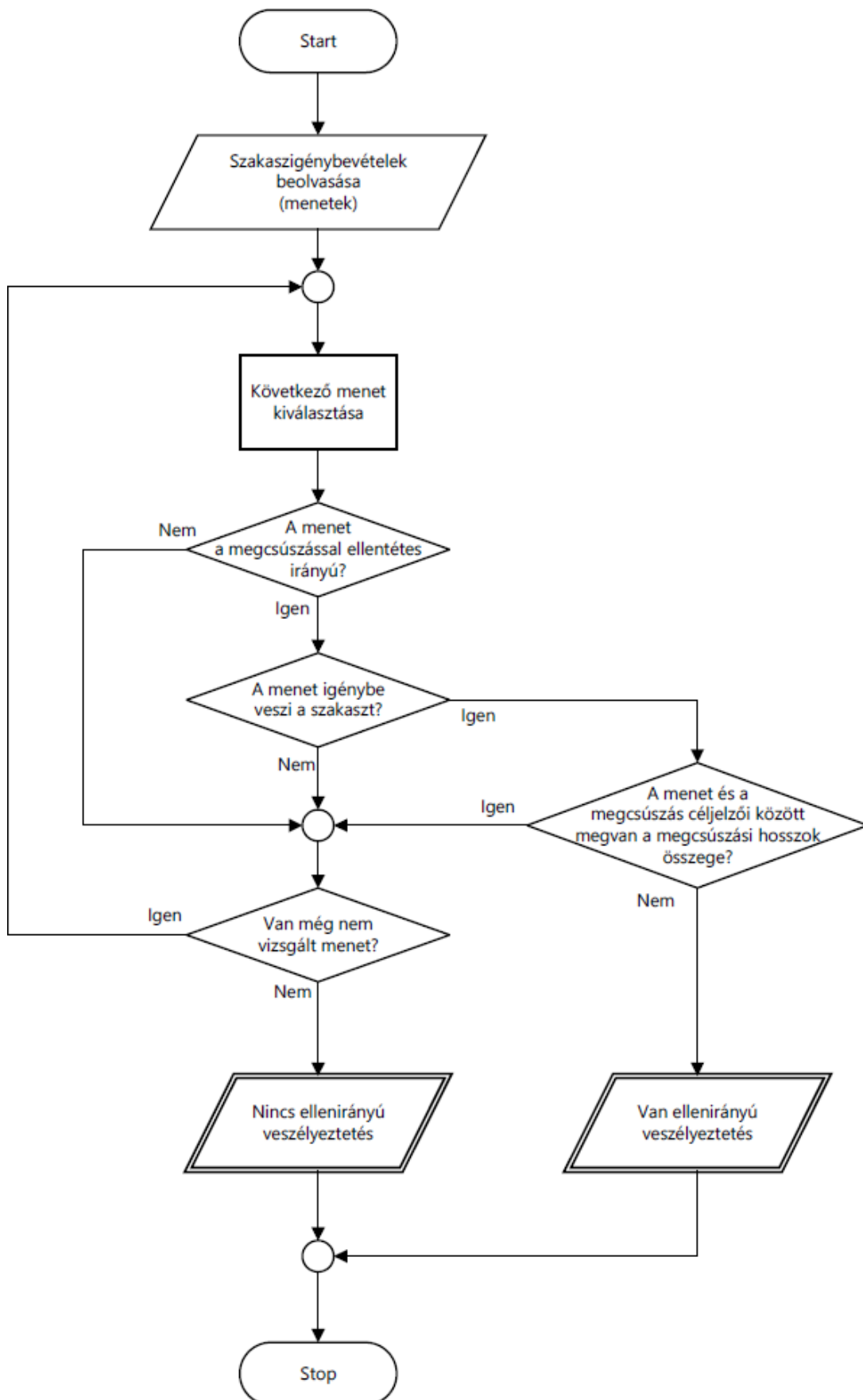


## B.I. Célvisszahúzás

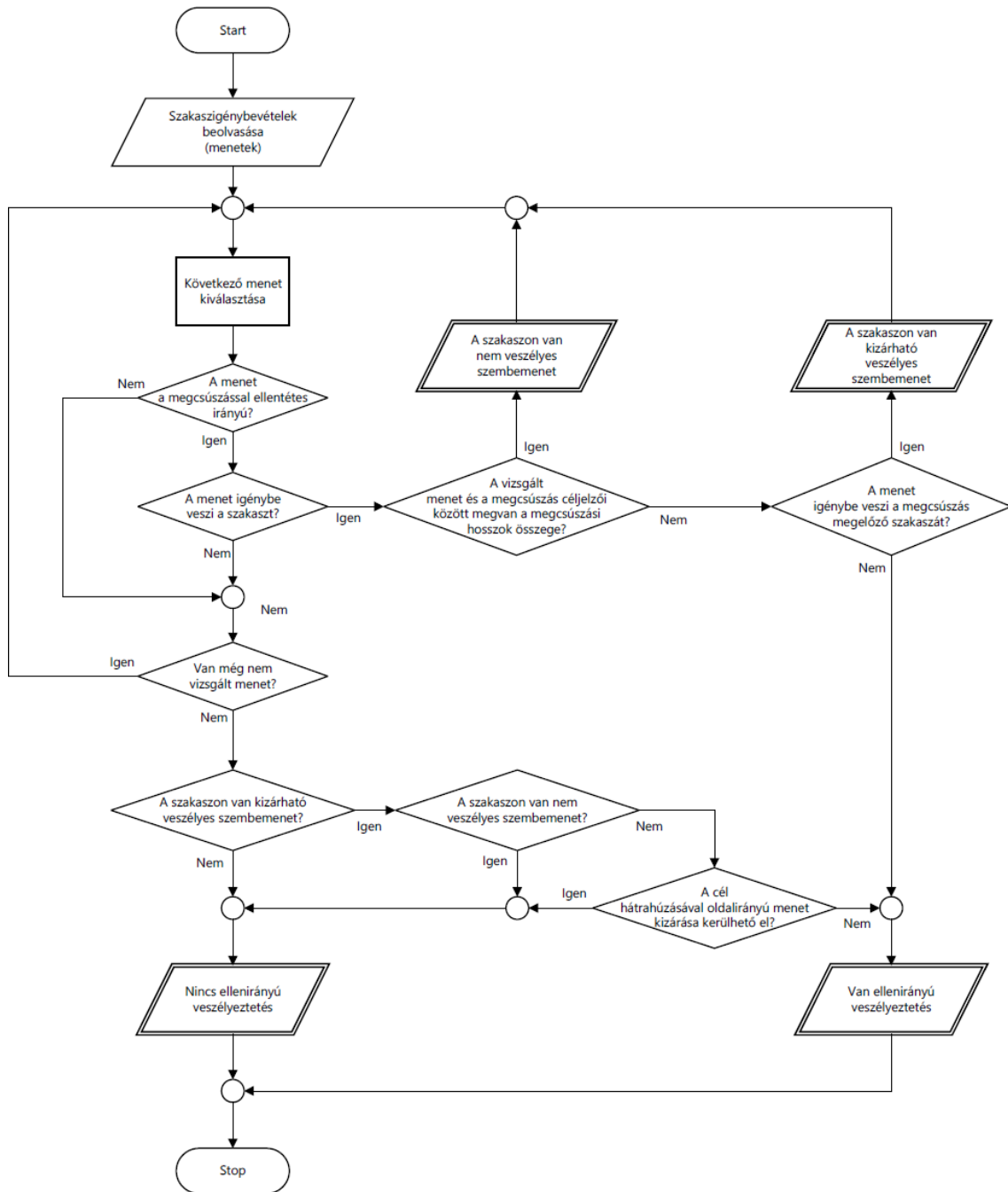




### B.III. Ellenirányú veszélyeztetés keresése

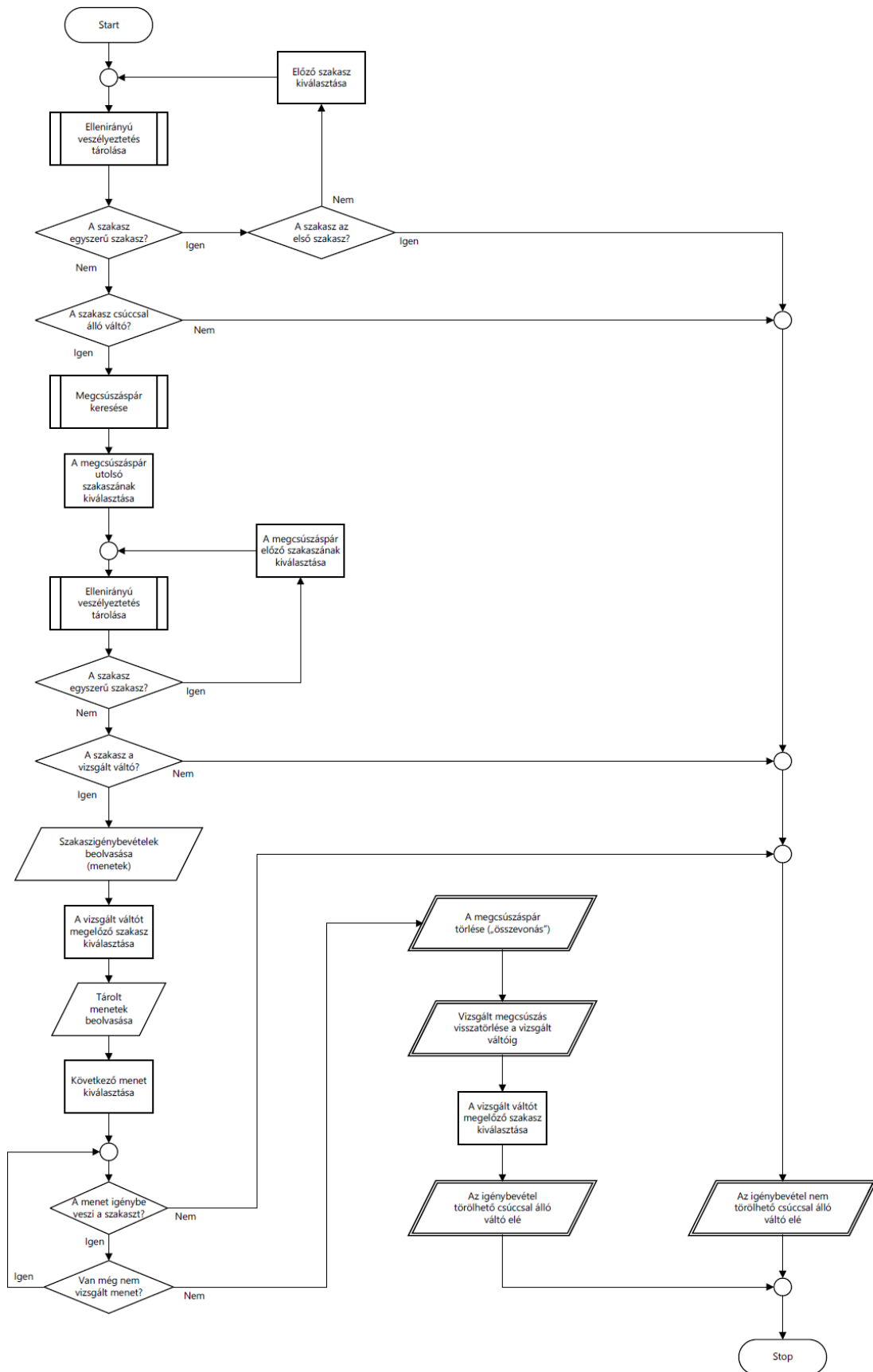


## B.IV. Ellenirányú veszélyeztetés keresése utolsó szakaszon

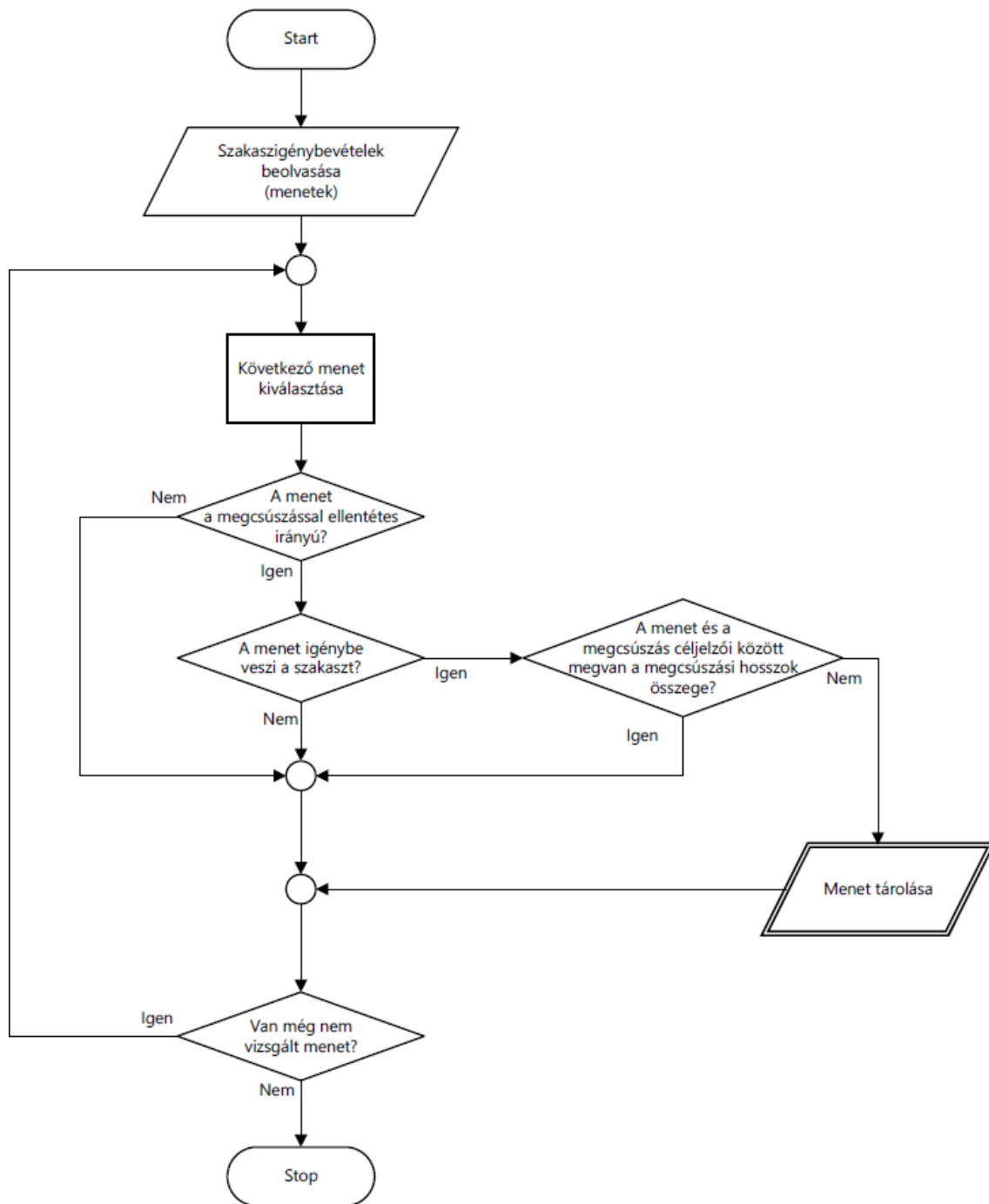




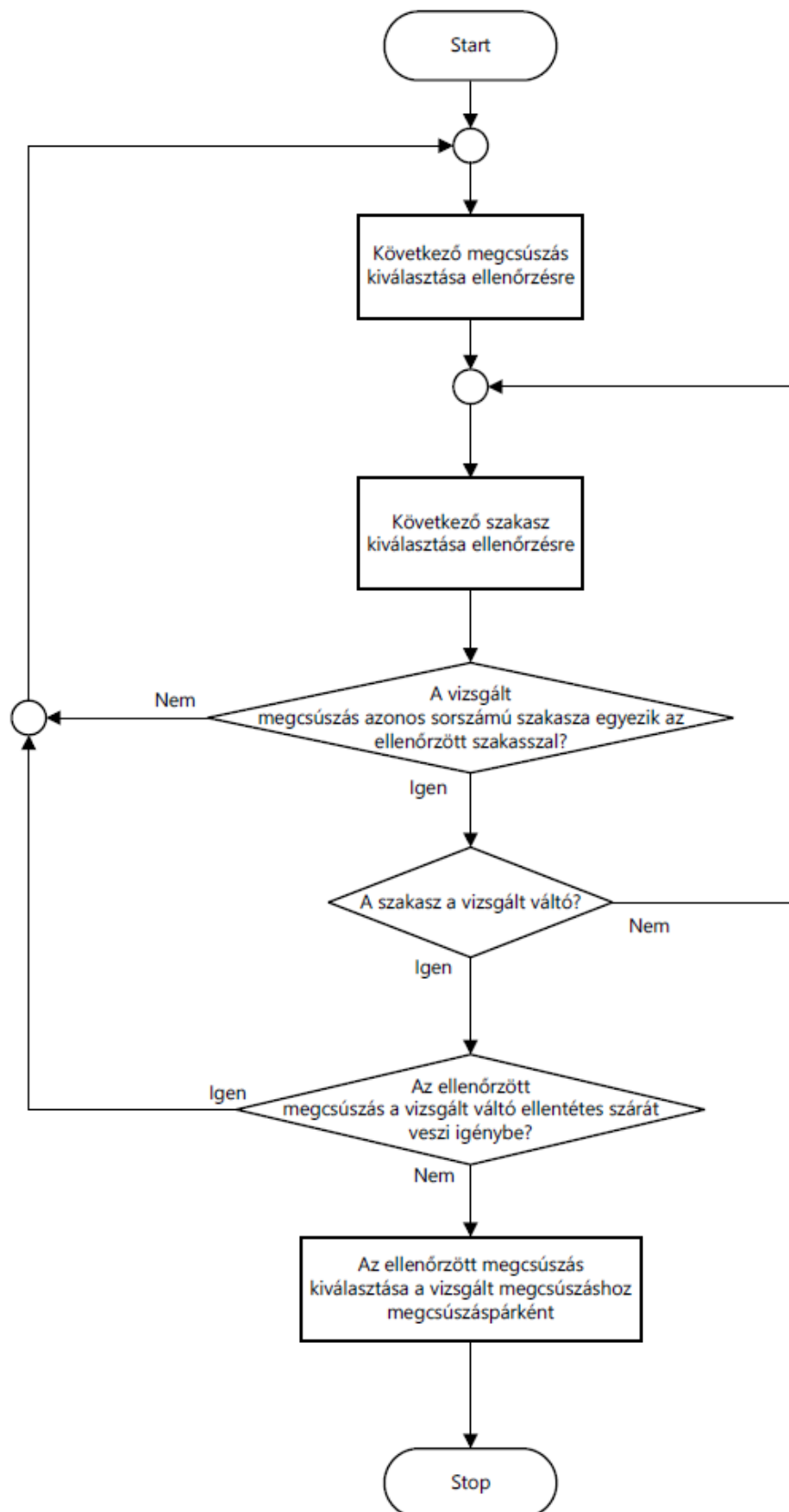
## B.V. Célvisszahúzás csúccsal álló váltó elé ellenirányú veszélyeztetéskor



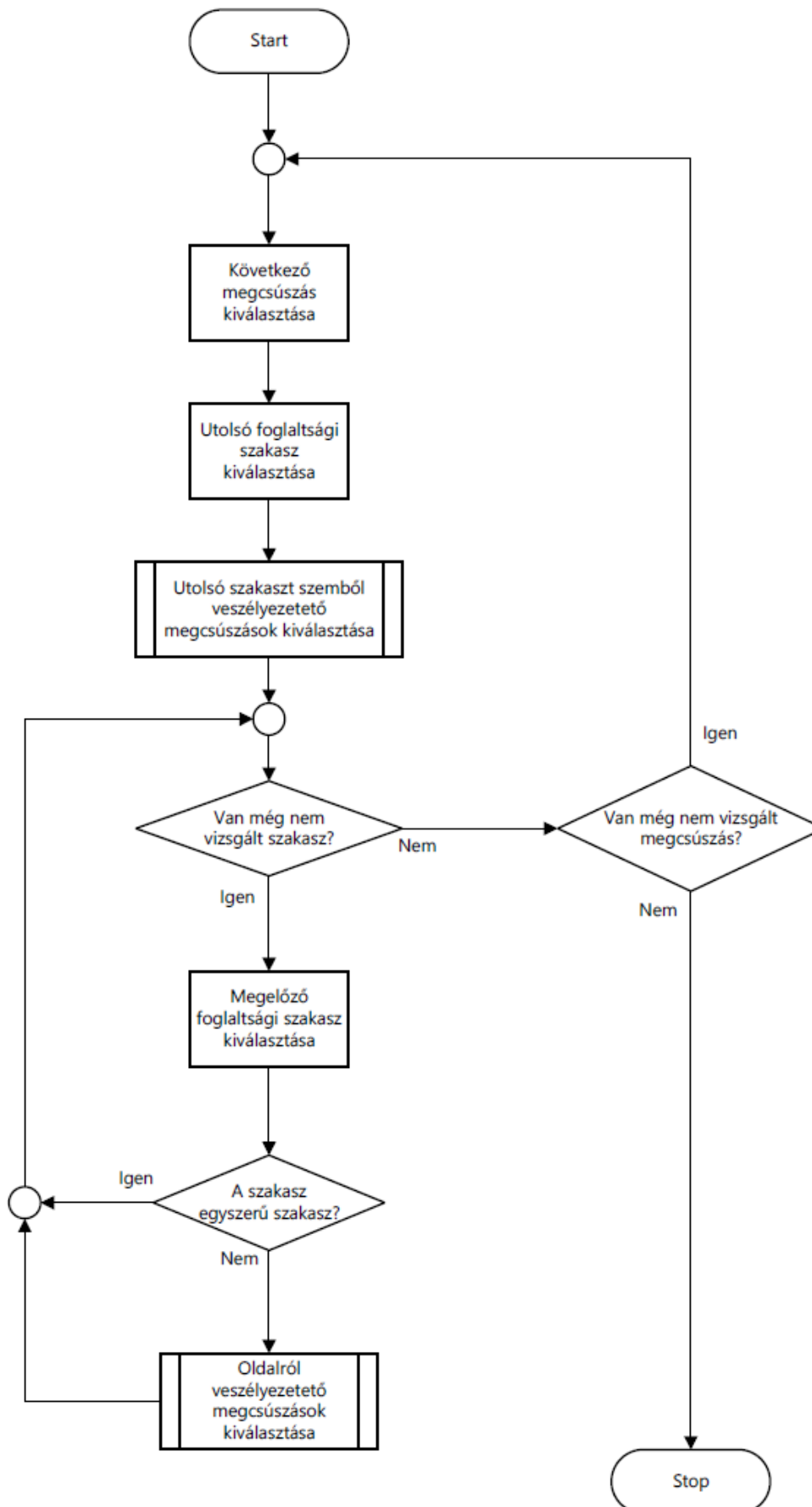
## B.VI. Ellenirányú veszélyeztetés tárolása



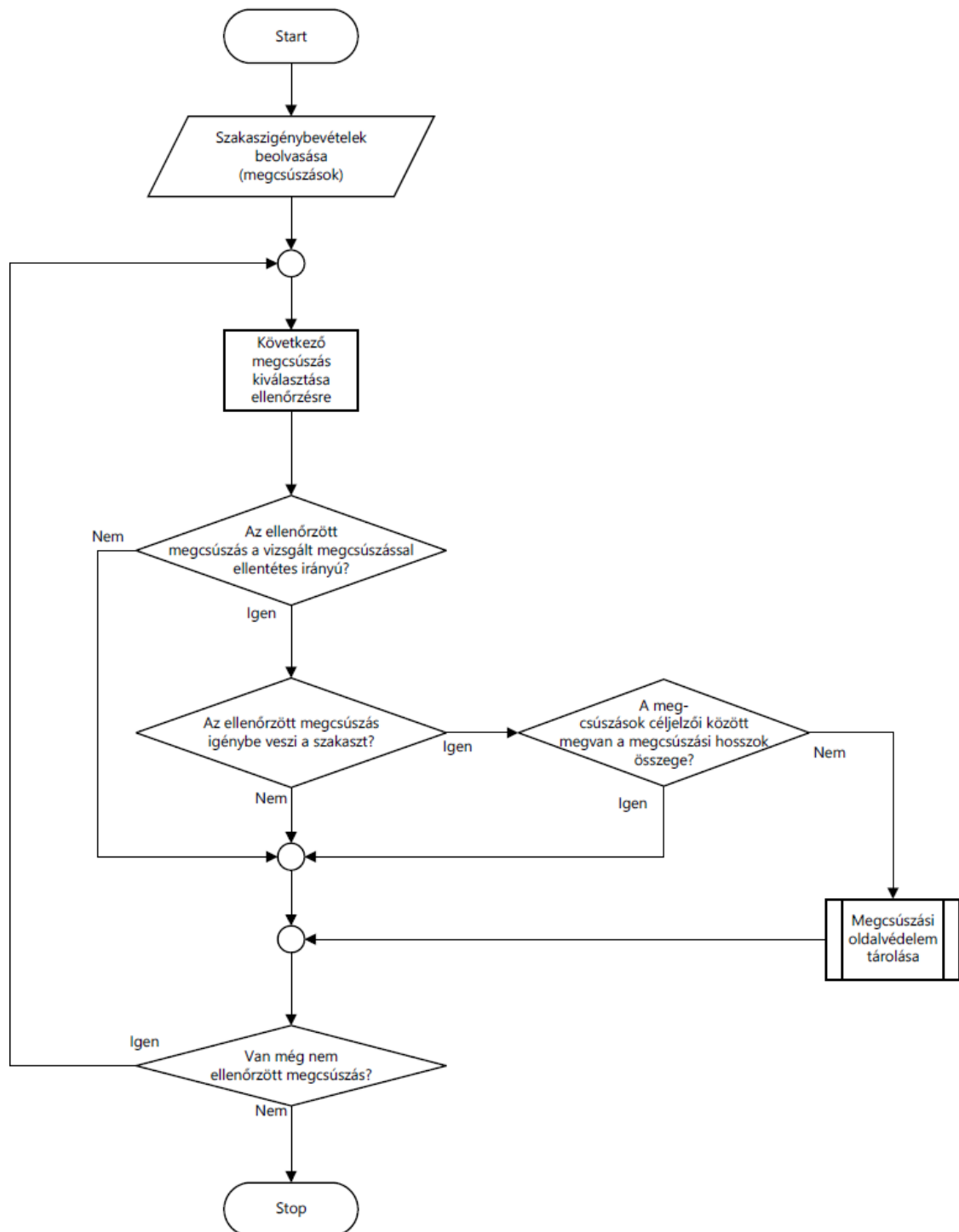
## B.VII. Megcsúszáspár keresése



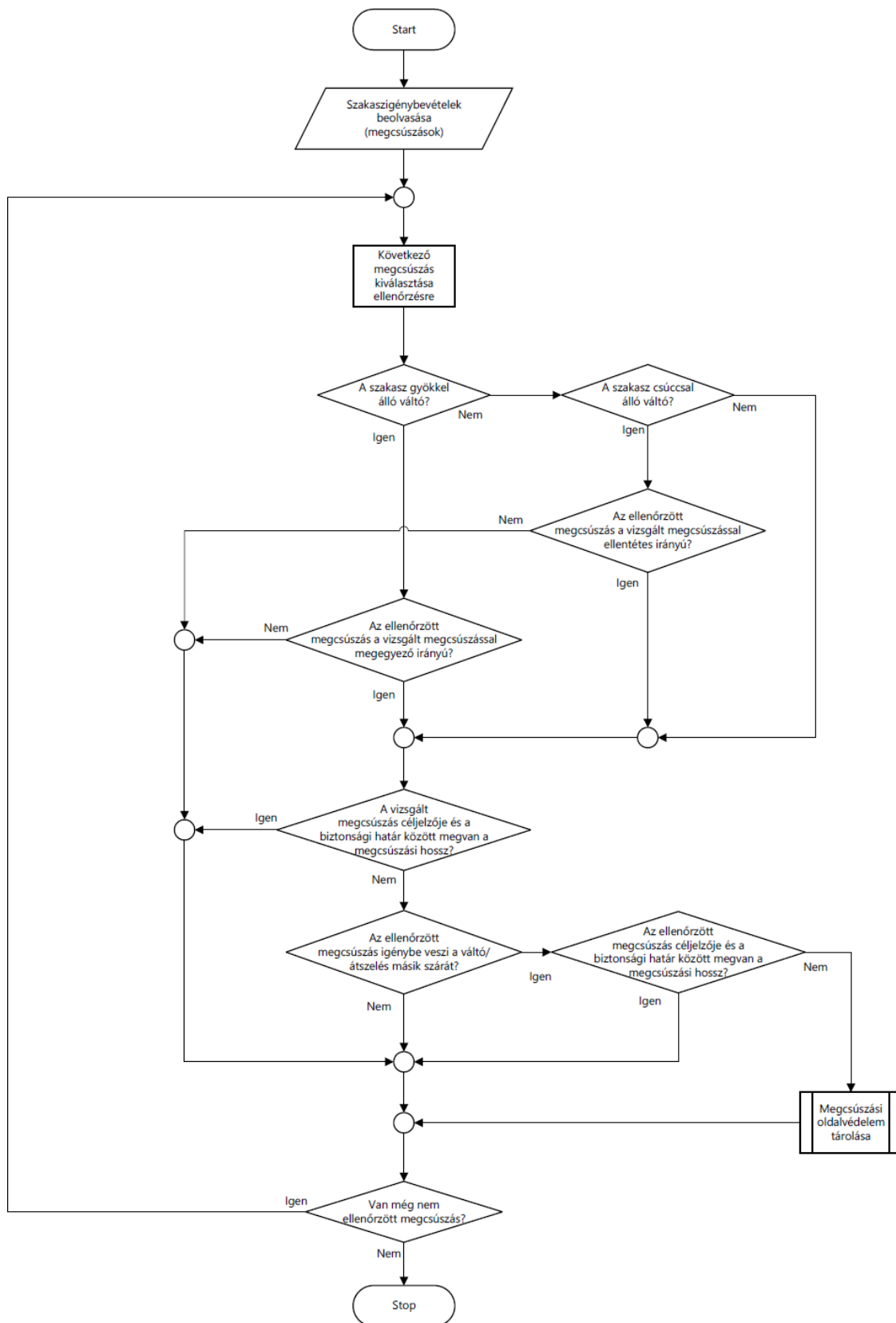
## B.VIII. Megcsúszási oldalvédelem keresés



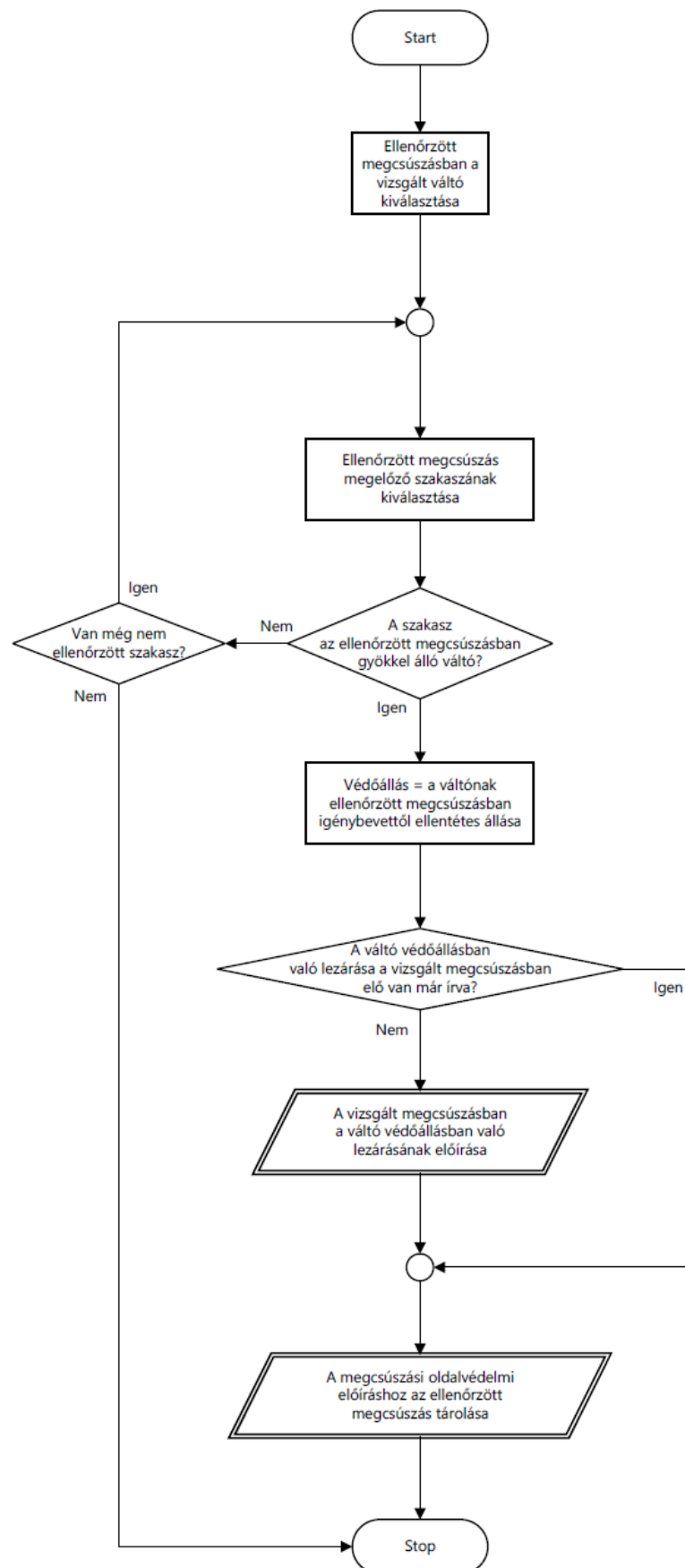
## B.IX. Utolsó szakaszt szemből veszélyeztető megcsúszások kiválasztása



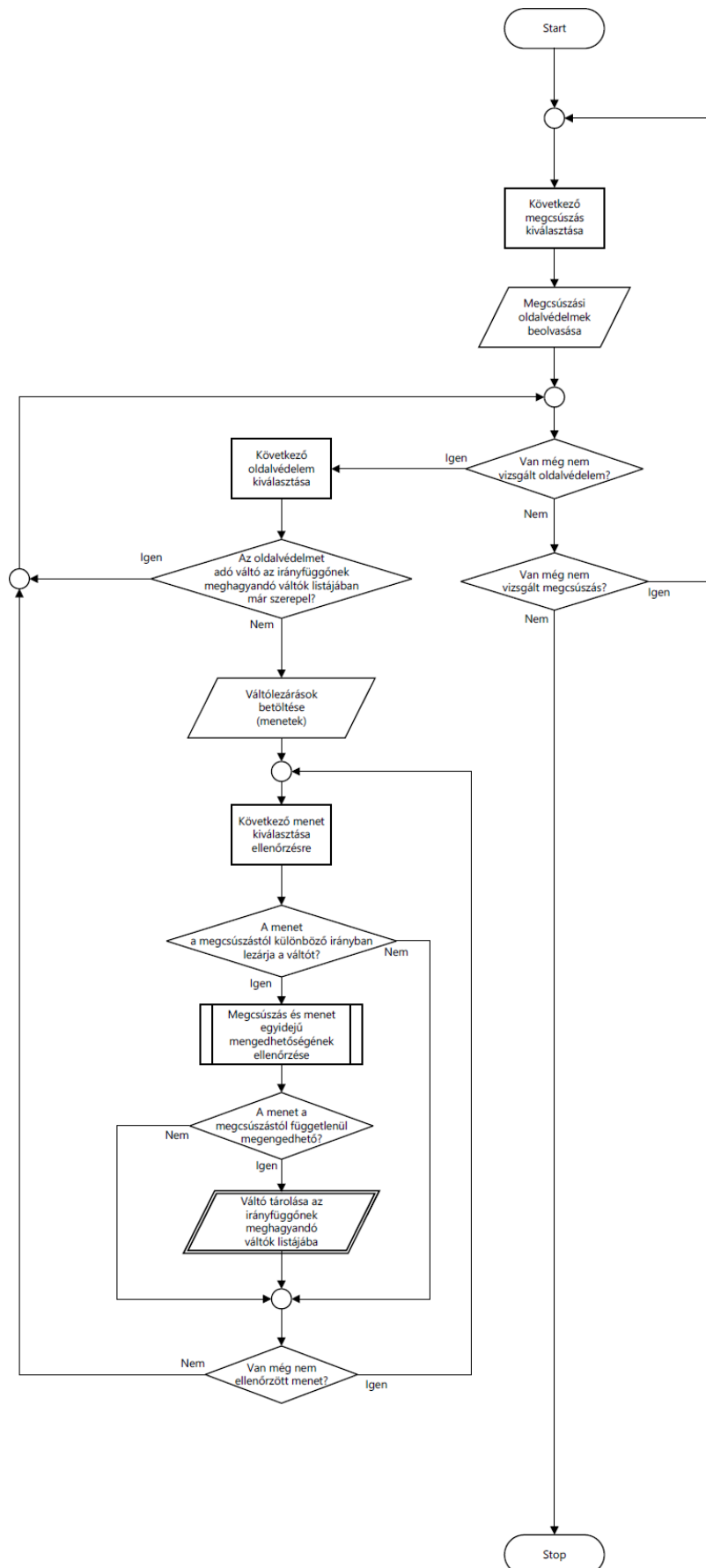
## B.X. Oldalról veszélyeztető megcsúszások kiválasztása



## B.XI. Megcsúszási oldalvédelem tárolása

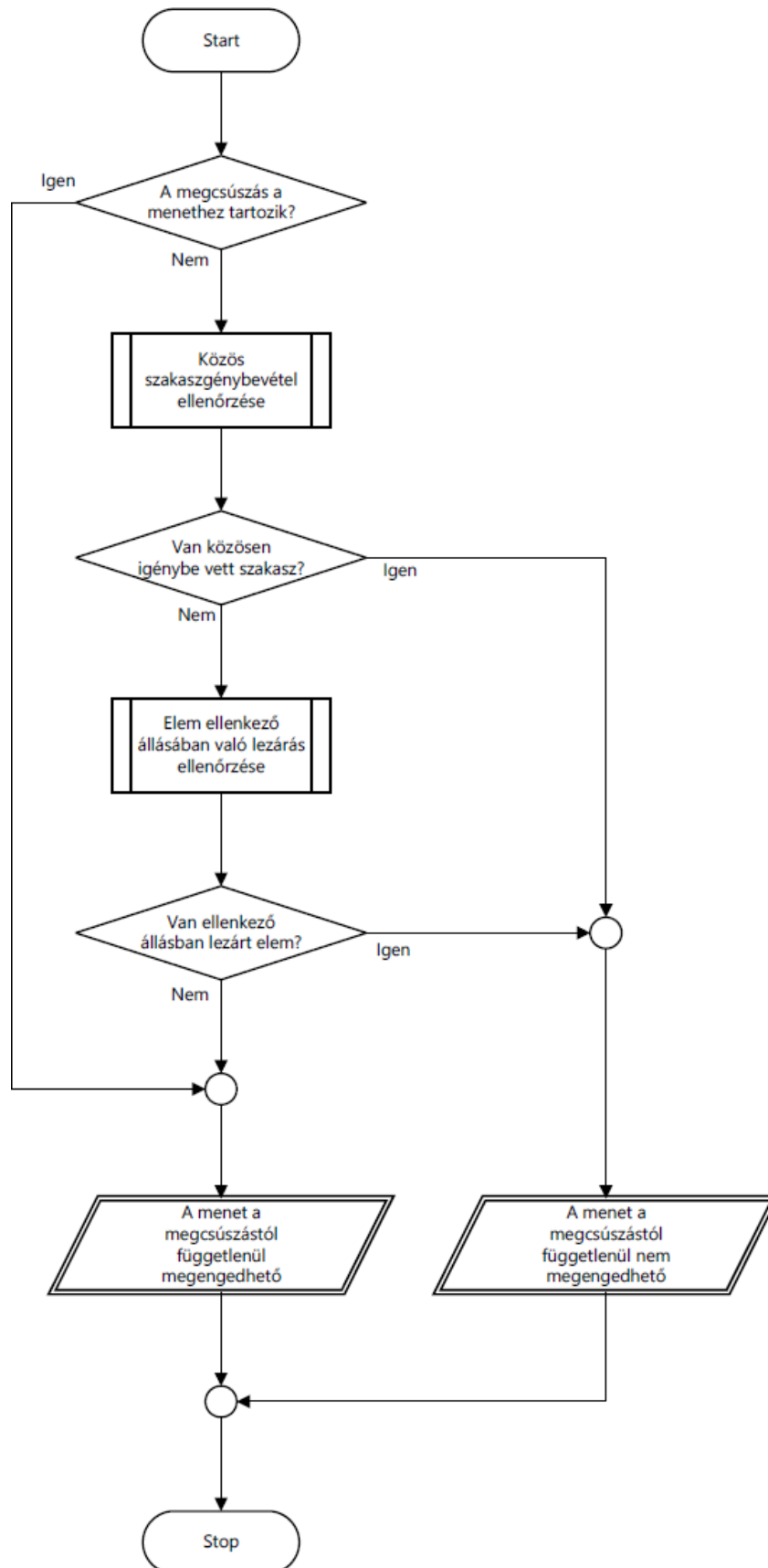


## B.XII. Váltó felvétele az irányfüggőnek meghagyandók közé

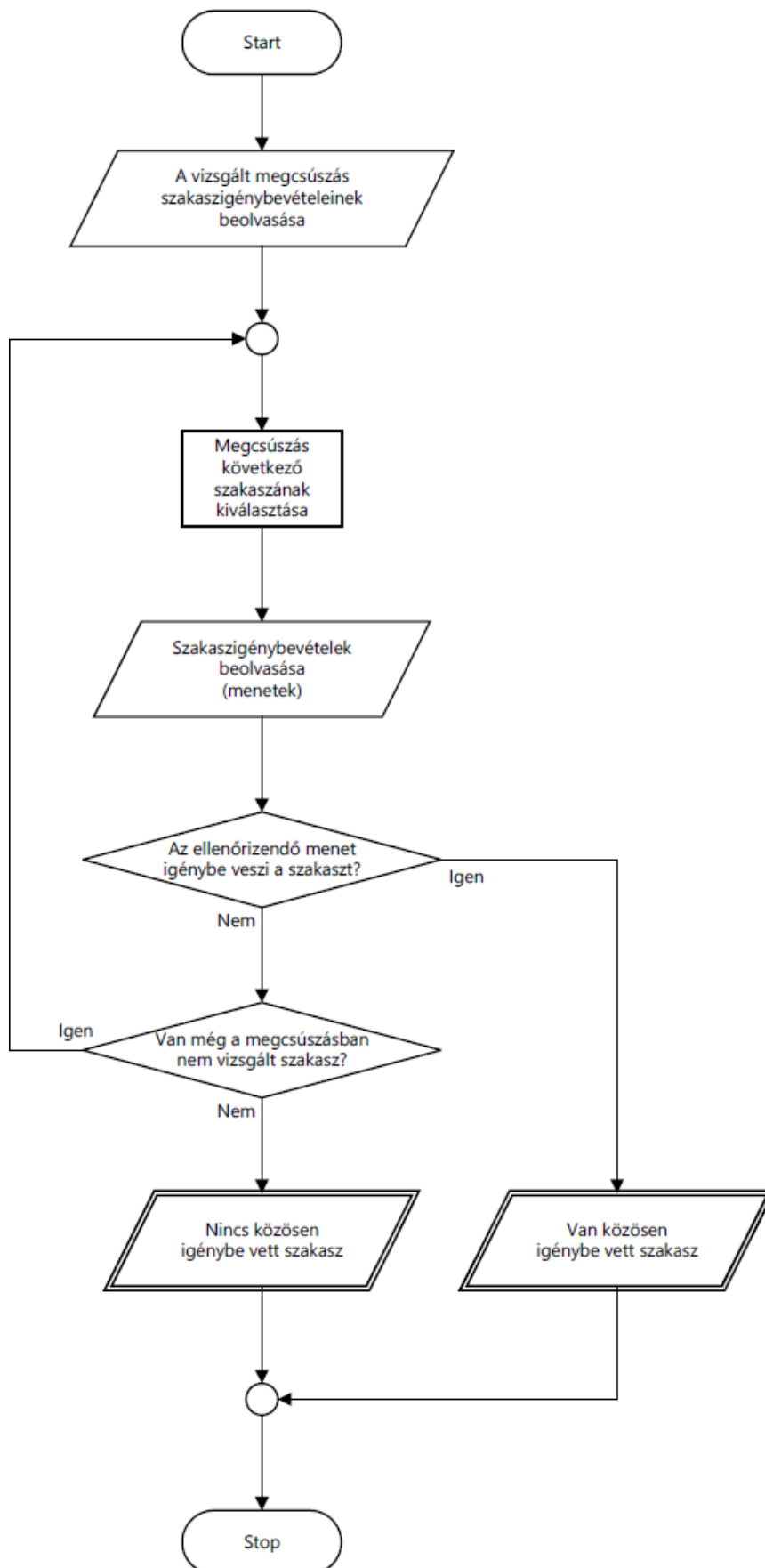




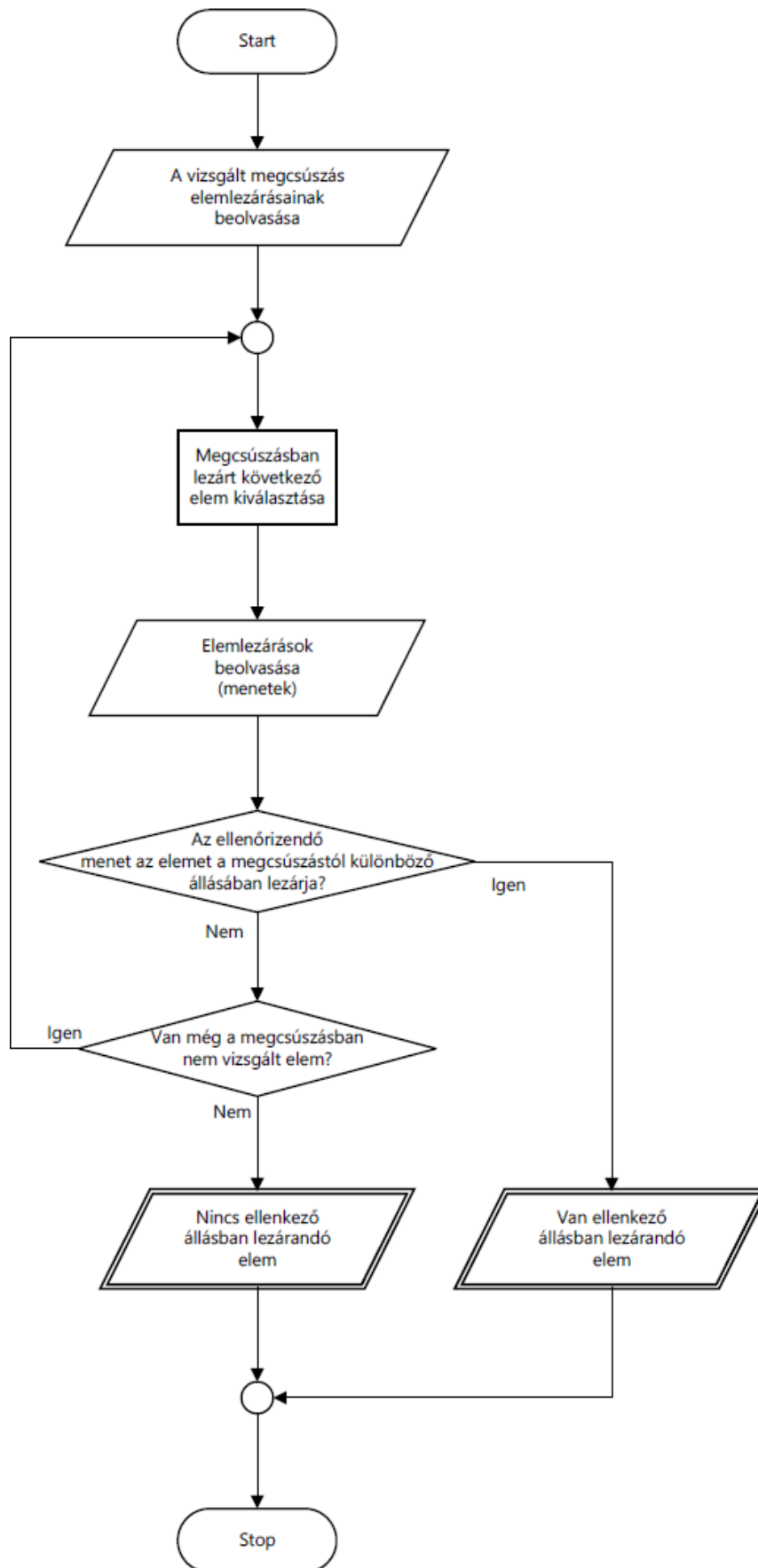
### B.XIII. Megcsúszás és menet egyidejű megengedhetőségének ellenőrzése



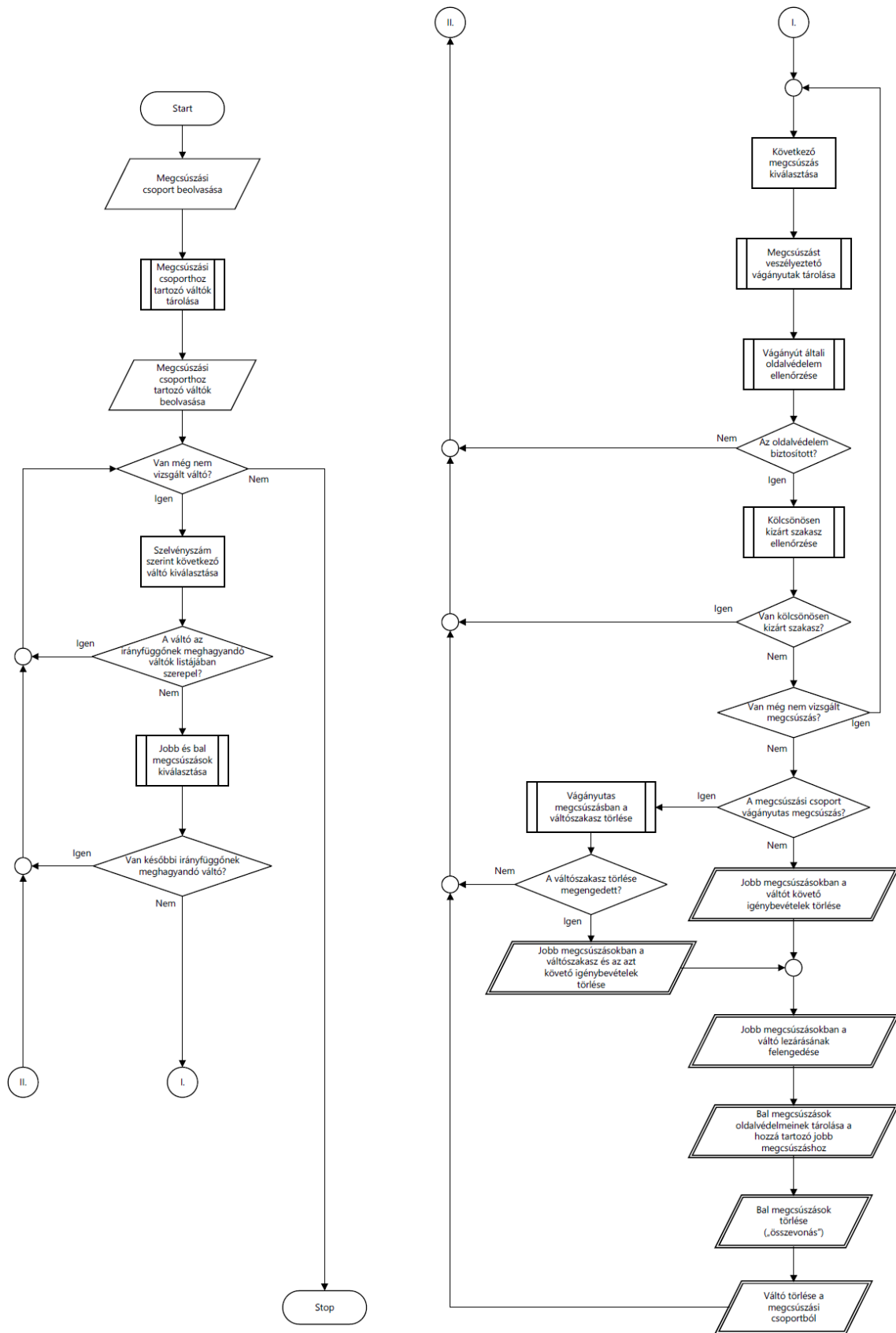
## B.XIV. Közös szakasz-igénybevétel ellenőrzése



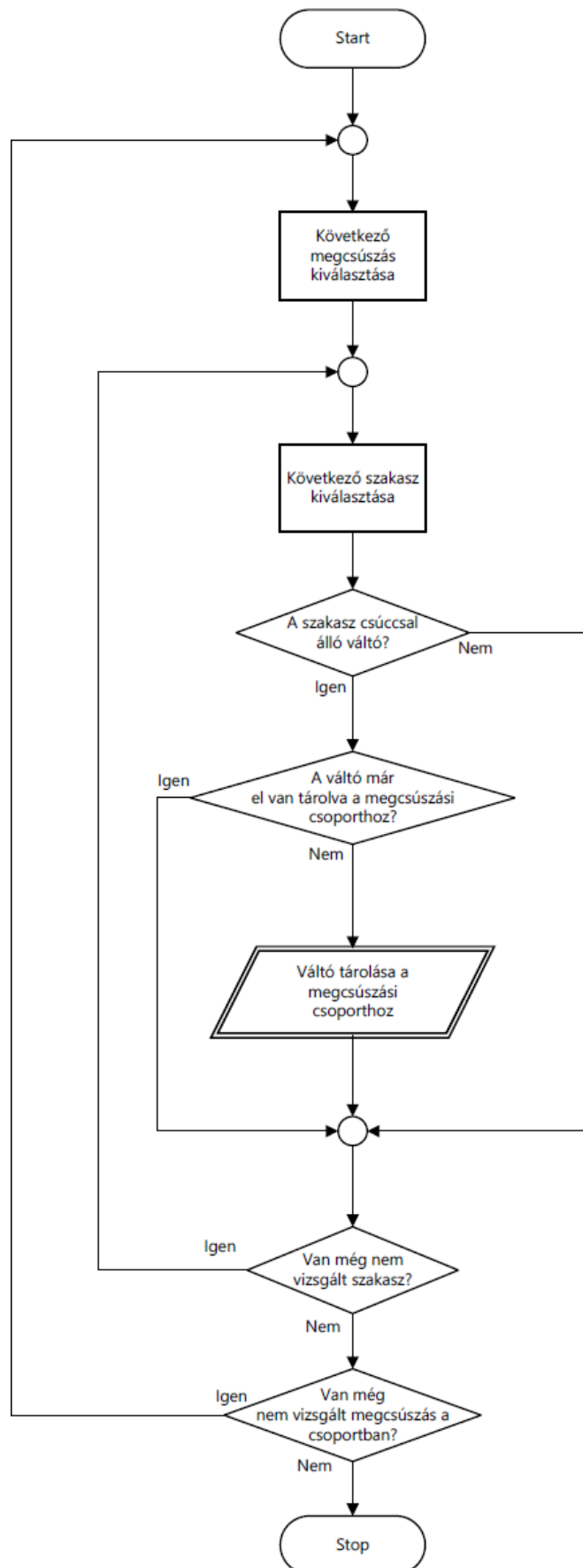
## B.XV. Elem ellenkező állásban való lezárásának ellenőrzése



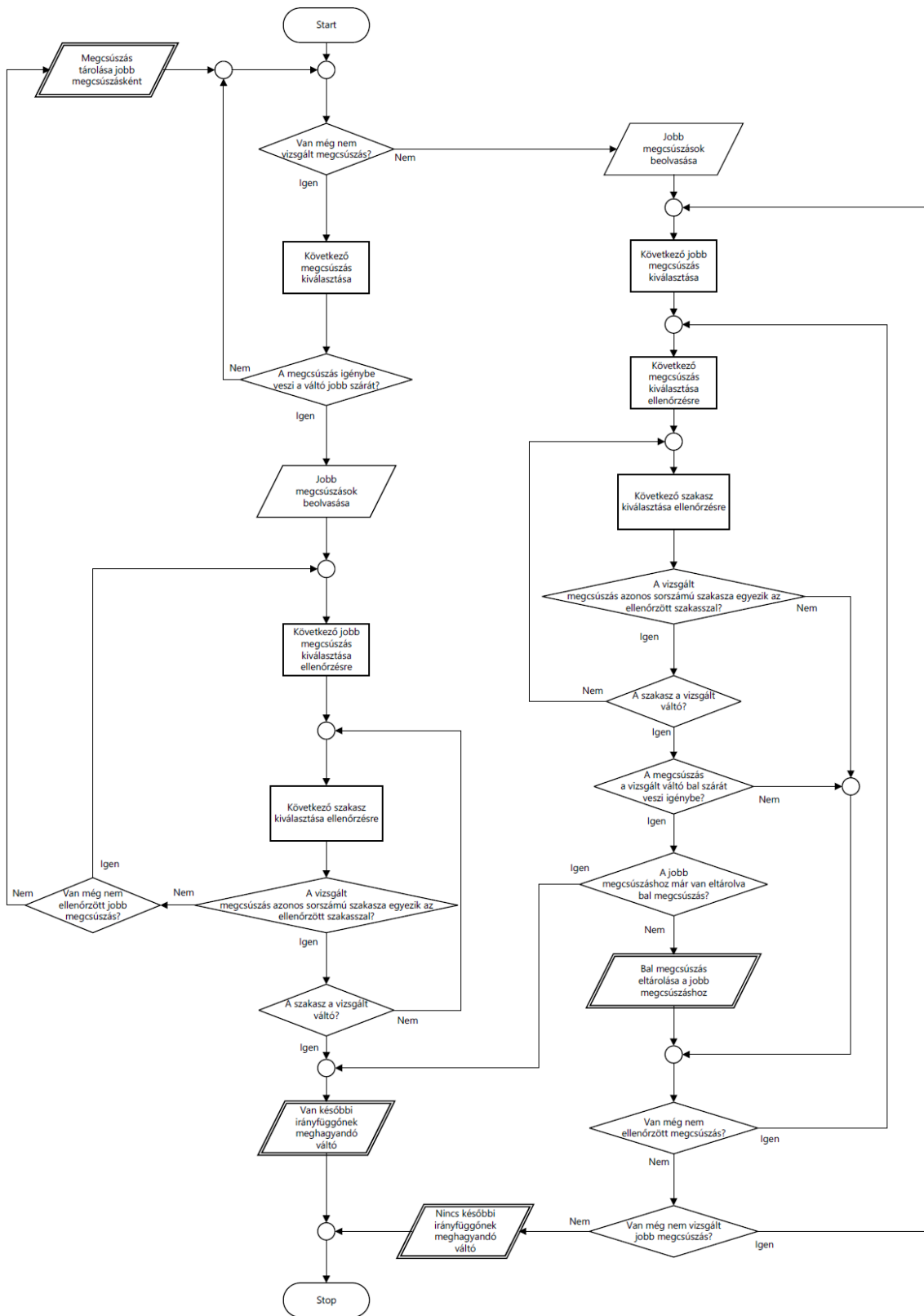
## B.XVI. Váltolezárás felengedésének vizsgálata



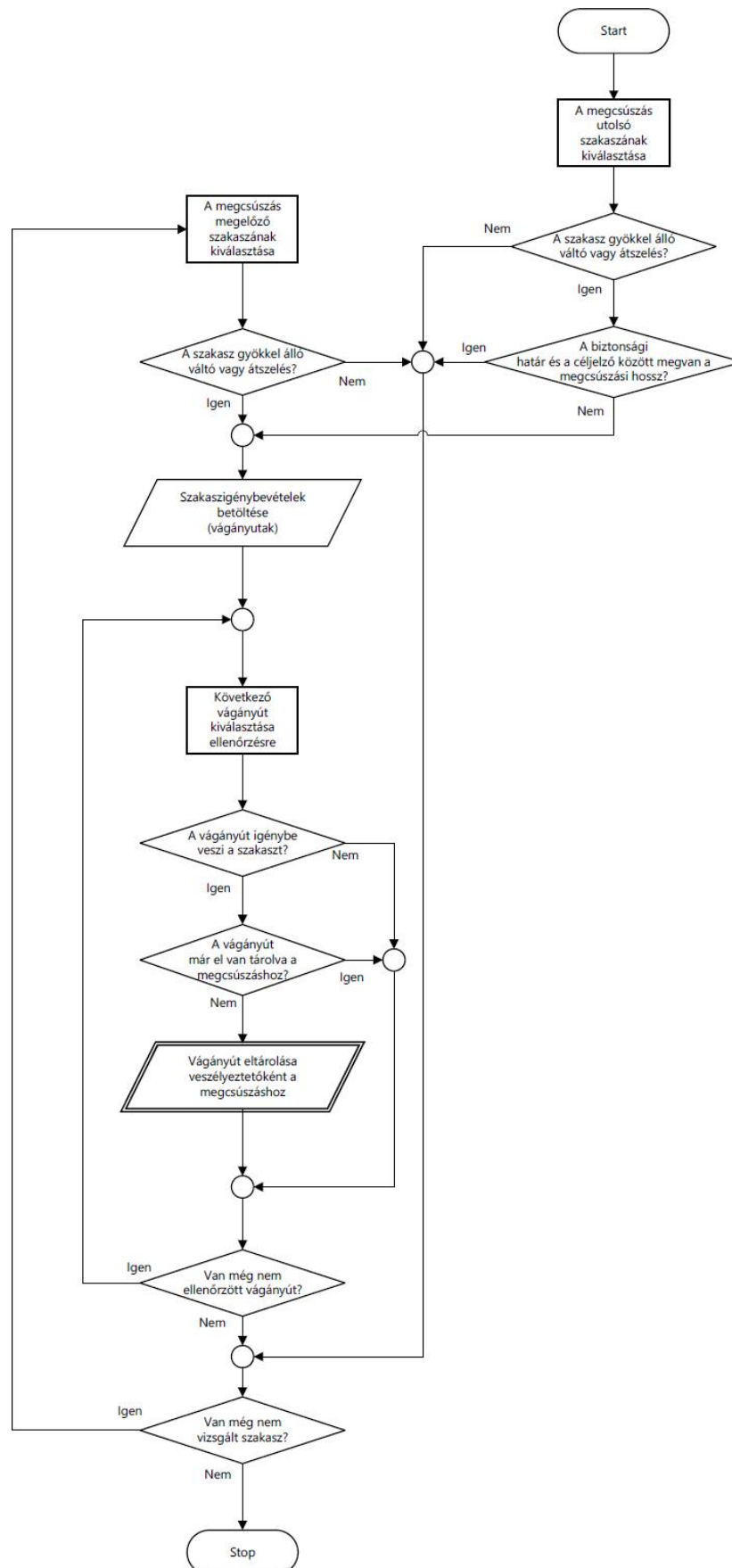
## B.XVII. Megcsúszási csoporthoz tartozó váltók tárolása



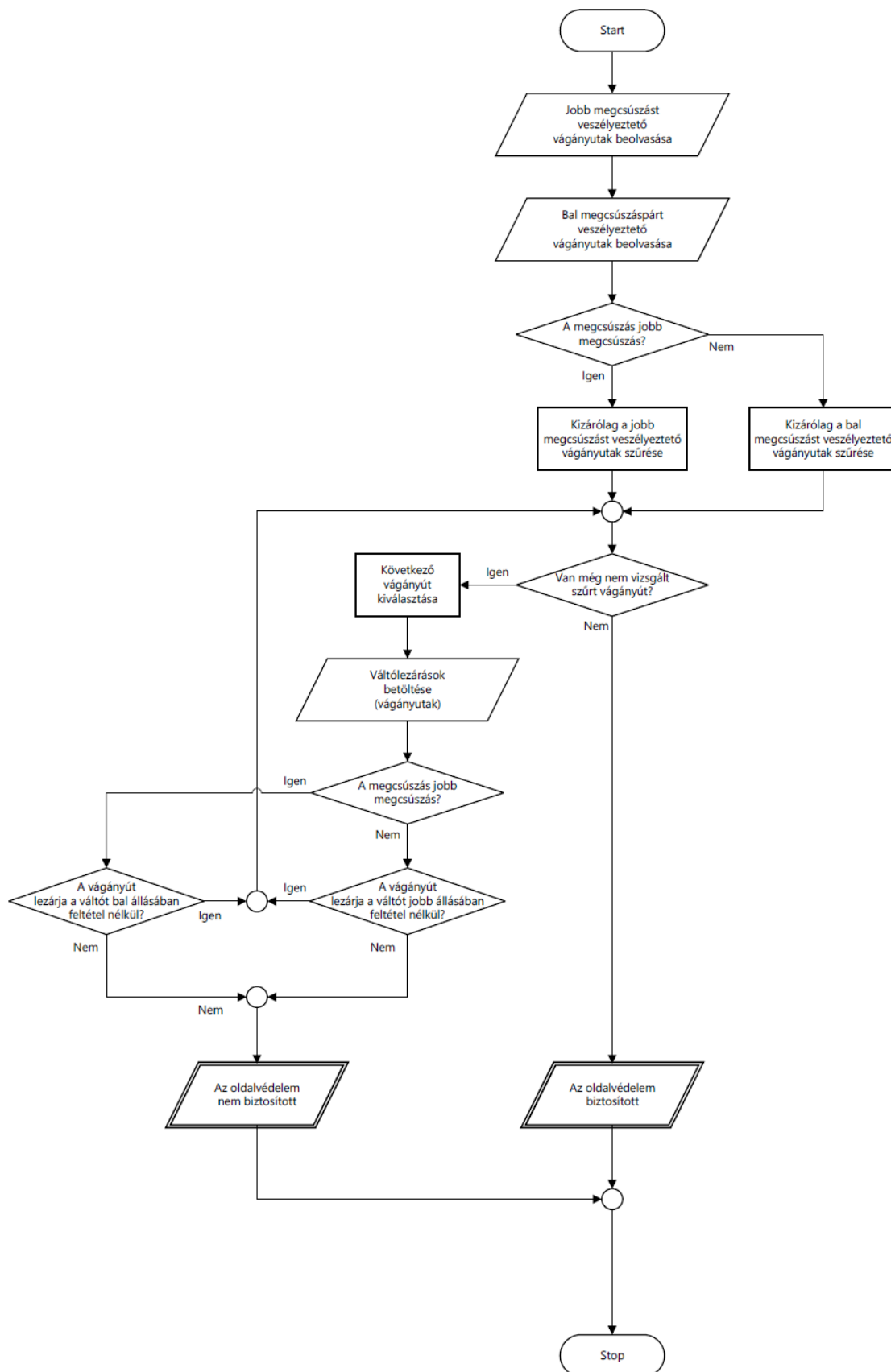
## B.XVIII. Jobb és bal megcsúszások kiválasztása



## B.XIX. Megcsúszást veszélyeztető vágányutak tárolása

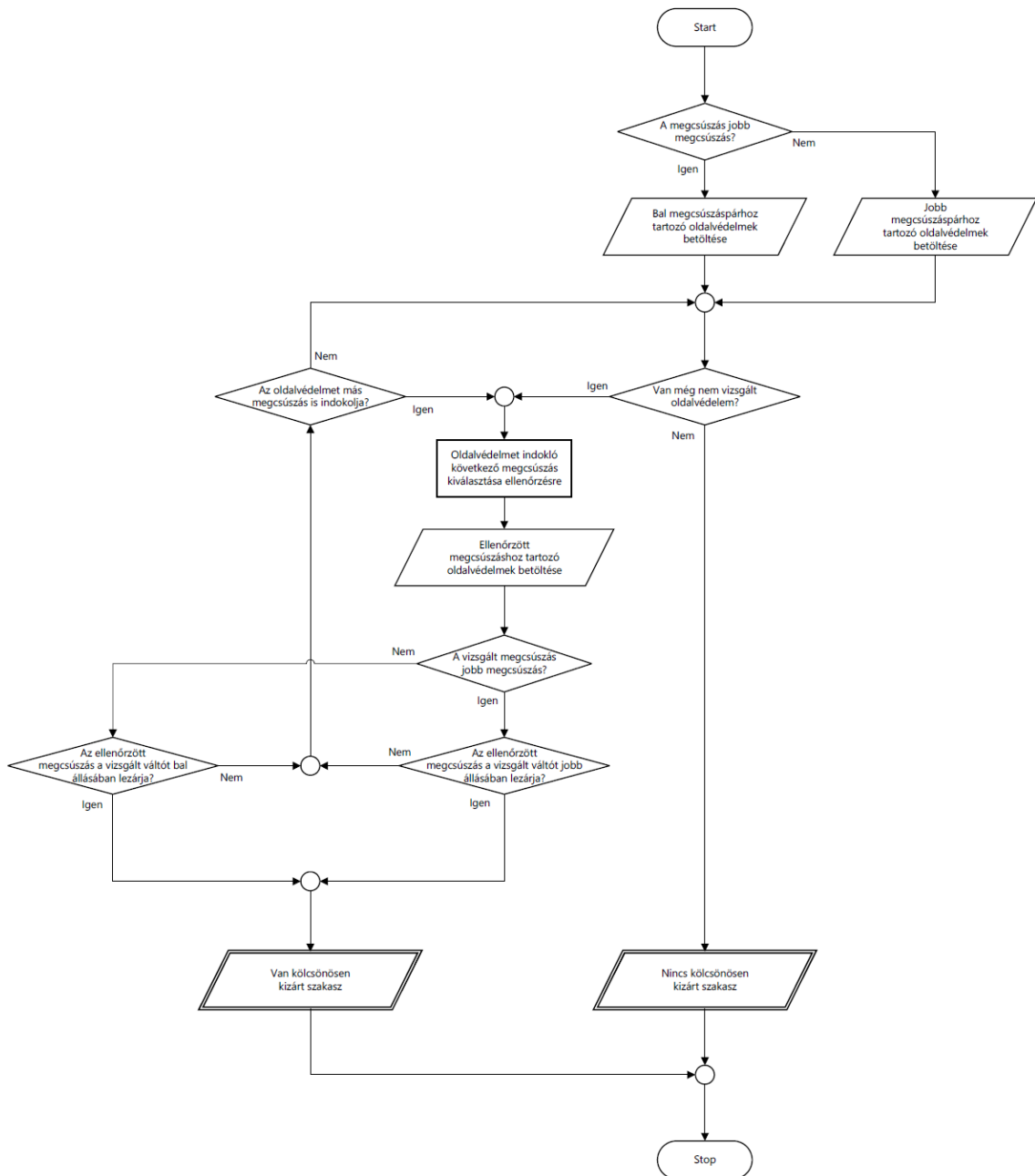


## B.XX. Vágányút általi oldalvédelem ellenőrzése

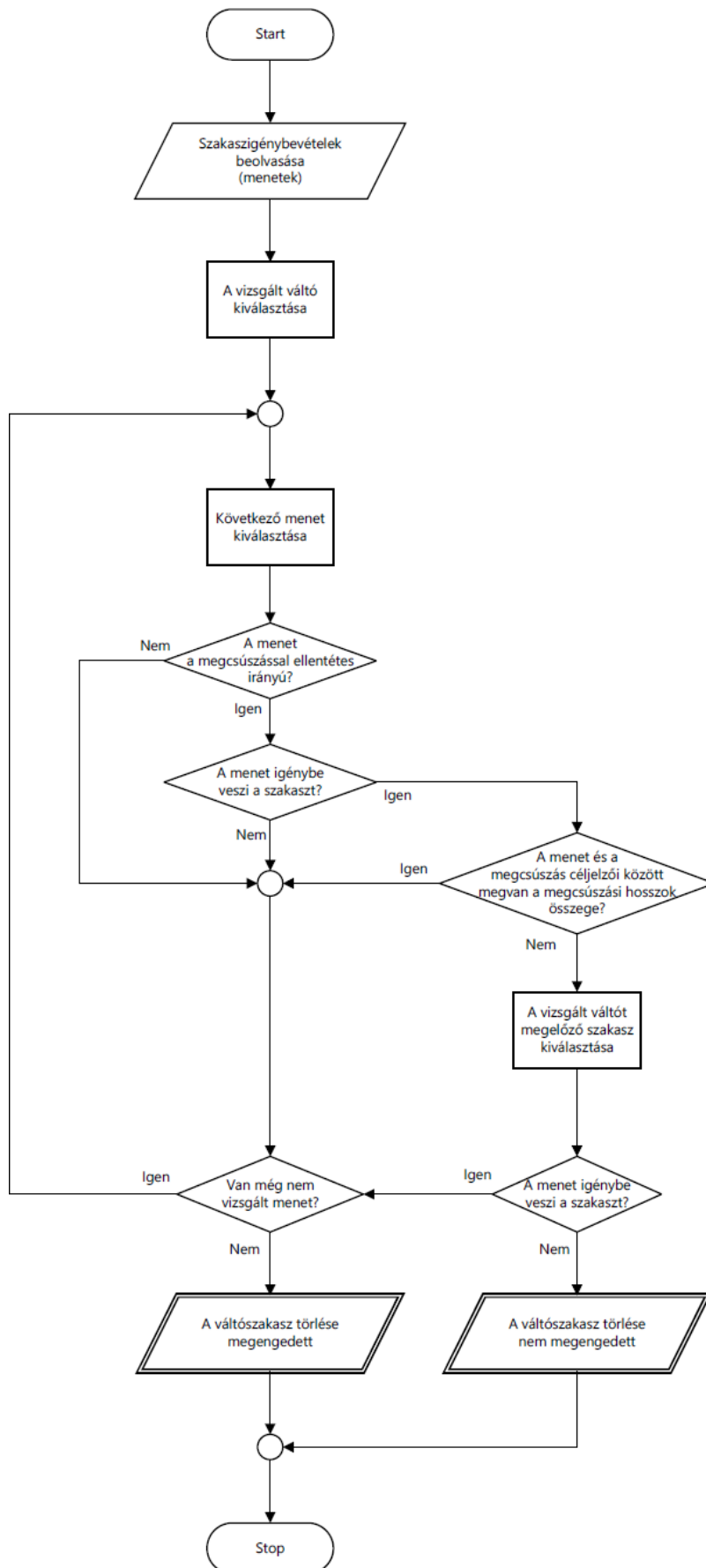




## B.XXI. Kölcsönösen kizárt szakasz ellenőrzése



## B.XXII. Vágányutas megcsúszásban a váltószakasz törlése



## B.XXIII. Nem szükséges megcsúszási oldalvédelmek törlése

