

## 6. fejezet

### Tesztelés

A modellek fejlesztése és tesztelése során, a saját számítógépemen dolgoztam. A felhasznált környezet paramétereit:

Hardver:

- Lenovo Z50-75 laptop
- AMD FX-7500 Radeon R7, 10 Compute Cores 4C+6G 2.10 GHz processzor
- 8 GB DDR3 RAM

Szoftverek:

- Microsoft Windows 8.1 Pro 64 bites operációs rendszer
- GUSEK (GLPK Under Scite Extended Kit) v0.2.21
- GLPSOL GLPK LP/MIP Solver, v4.63
- Gurobi Optimizer v8.1.1
- GitHub Desktop v2.6.0

A fejlesztés során a GUSEK GUI-t használtam és a GLPSOL programmal futtattam a modelleket. A következőkben az elkészült MILP modellek futási eredményeit mutatom be.

### Feladatosztály 1

Ehhez az osztályhoz két modell tartozott: Modell 1A és Modell1B. A modellek a probléma megközelítésében eltértek egymástól, azonban mivel ugyanazokat a halmazokat és paramétereket használták a modell felírásakor, ezért az adatfájljuk megegyezett. A feladatosztály célja az átmeneti távolságok minimalizálása. A közös .dat fájl a .ábrán látható. A felhasznált adatok random számok.

```

set Helyek := A B C D;
param tav: A B C D :=
  -> A 0 14 17 8
  -> B 14 0 5 10
  -> C 17 5 0 20
  -> D 8 10 20 0
; #km

param ido: A B C D :=
  -> A 0 21 26 12
  -> B 21 0 8 15
  -> C 26 8 0 30
  -> D 12 15 30 0
; #perc

param jaratszam := 12;

param : honnan hova mikortol meddig:=
1 A B 10 35
2 C D 10 45
3 A C 70 100
4 B A 40 65
5 B C 20 30
6 C A 105 135
7 D A 50 65
8 B D 110 130
9 A D 140 155
10 D B 160 180
11 D C 55 90
12 C B 95 105
;

param buszszam := 3;

```

**.ábra: Feladatosztály 1-hez tartozó .dat fájl**


A kimeneti .out fájlok több ezer sorból állnak, ezért printf függvények segítségével jobban átlátható kimenetet generáltam. A két modell futási eredményeinek összehasonlítása az alábbi, táblázatban található.

**.táblázat: Modell 1A és Modell 1B futási eredményének összehasonlítása**

	Modell 1A	Modell 1B
Busz 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jarat 5: B (20) -&gt; C (30)</li> <li>Atmenet: Jarat 5 --5--&gt; Jarat 4: C (30) -&gt; B (40)</li> <li>Jarat 4: B (40) -&gt; A (65)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jarat 5: B (20) -&gt; C (30)</li> <li>Atmenet: Jarat 5 --5--&gt; Jarat 4: C (30) -&gt; B (40)</li> <li>Jarat 4: B (40) -&gt; A (65)</li> </ul>


	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atmenet: Jarat 4 --0--&gt; Jarat 9: A (65) -&gt; A (140)</li> <li>• Jarat 9: A (140) -&gt; D (155)</li> <li>• Atmenet: Jarat 9 --0--&gt; Jarat 10: D (155) -&gt; D (160)</li> <li>• Jarat 10: D (160) -&gt; B (180)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atmenet: Jarat 4 --0--&gt; Jarat 3: A (65) -&gt; A (70)</li> <li>• Jarat 3: A (70) -&gt; C (100)</li> <li>• Atmenet: Jarat 3 --0--&gt; Jarat 6: C (100) -&gt; C (105)</li> <li>• Jarat 6: C (105) -&gt; A (135)</li> <li>• Atmenet: Jarat 6 --0--&gt; Jarat 9: A (135) -&gt; A (140)</li> <li>• Jarat 9: A (140) -&gt; D (155)</li> </ul>
Busz 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jarat 2: C (10) -&gt; D (45)</li> <li>• Atmenet: Jarat 2 --0--&gt; Jarat 7: D (45) -&gt; D (50)</li> <li>• Jarat 7: D (50) -&gt; A (65)</li> <li>• Atmenet: Jarat 7 --0--&gt; Jarat 3: A (65) -&gt; A (70)</li> <li>• Jarat 3: A (70) -&gt; C (100)</li> <li>• Atmenet: Jarat 3 --0--&gt; Jarat 6: C (100) -&gt; C (105)</li> <li>• Jarat 6: C (105) -&gt; A (135)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jarat 1: A (10) -&gt; B (35)</li> <li>• Atmenet: Jarat 1 --10--&gt; Jarat 11: B (35) -&gt; D (55)</li> <li>• Jarat 11: D (55) -&gt; C (90)</li> <li>• Atmenet: Jarat 11 --0--&gt; Jarat 12: C (90) -&gt; C (95)</li> <li>• Jarat 12: C (95) -&gt; B (105)</li> <li>• Atmenet: Jarat 12 --0--&gt; Jarat 8: B (105) -&gt; B (110)</li> <li>• Jarat 8: B (110) -&gt; D (130)</li> <li>• Atmenet: Jarat 8 --0--&gt; Jarat 10: D (130) -&gt; A (160)</li> <li>• Jarat 10: D (160) -&gt; B (180)</li> </ul>
Busz 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jarat 1: A (10) -&gt; B (35)</li> <li>• Atmenet: Jarat 1 --10--&gt; Jarat 11: B (35) -&gt; D (55)</li> <li>• Jarat 11: D (55) -&gt; C (90)</li> <li>• Atmenet: Jarat 11 --0--&gt; Jarat 1: C (90) -&gt; C (95)</li> <li>• Jarat 12: C (95) -&gt; B (105)</li> <li>• Atmenet: Jarat 12 --0--&gt; Jarat 8: B (105) -&gt; B (110)</li> <li>• Jarat 8: B (110) -&gt; D (130)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jarat 2: C (10) -&gt; D (45)</li> <li>• Atmenet: Jarat 2 --0--&gt; Jarat 7: D (45) -&gt; D (50)</li> <li>• Jarat 7: D (50) -&gt; A (65)</li> </ul>
Cél	15 km	15 km
Futási idő	0.3 mp	312.2 mp

Memória	2.2 MB	26.3 MB
---------	--------	---------

A táblázatban levő Modell 1A oszlopában a Busz1 sorában található Jarat 5: B (20) -> C (30) , hogy az 5-ös számú járatot az 1-es számú busz végezte el és a járat B helyről indult 20 perckor és a C helyre érkezett 30 perckor. Az idősíkot percben számoltam, szóval a 110 perc az hajnali 01:50-nek felel meg. A Modell 1A Busz 3 sorában található Atmenet: Jarat 1 --10--> Jarat 11: B (35) -> D (55) pedig azt jelenti, hogy az 1-es járatot a 3-as busz 35 perckor a B helyen fejezte be és onnan a 11-es járat kezdési helyére halad át, ami 55 perckor indul a D helyről. A B és D hely közötti átmeneti távolság 10 kilométer. Amennyiben a nyílon található számjegy 0, az az előző érkezési helye megegyezik a másik indulási helyével.

Modell 1B-nél a 3-as busz menetrendje úgy néz ki, hogy elvégzi a 2-es járatot, majd 5percet várakozik D helyen és elvégzi a 7-es járatot is.

A cél a köztes kilométerek minimalizálása volt, ami mindkét modell esetben 15 kilométerre jött ki.

Mindkét modell talált optimális megoldást, de a táblázatból szépen látszik az indok, amiért továbbfejlesztésre a Modell1A-t választottam:  gyorsabban végezte el a feladatát tizedannyi memóriahasználattal.

## Feladatosztály 2

A második feladatosztályban található Modell 2 az 1A továbbfejlesztéseként már depókat is rendel minden buszhoz. A modell célja megegyezik az előző feladatosztályban megfogalmazottal. Az előző modellek által használt adatfájllal futtattam ezt a modellt is, ám ebben az esetben a .ábrán található depo paraméter kiegészítéssel. A .táblázatban pedig a futási eredmény látható.

```
param depo:=
1 A
2 B
3 A
;
```

**.ábra: A depo paraméter értékei**

**.táblázat: Modell2 futási eredménye**

Busz 1	<ul style="list-style-type: none"><li>• Elsojarat: Depo --0--&gt; Jarat 1: A (0) -&gt; A (10)</li><li>• Jarat 1: A (10) -&gt; B (35)</li><li>• Atmenet: Jarat 1 --10--&gt; Jarat 7: B (35) -&gt; D (50)</li><li>• Jarat 7: D (50) -&gt; A (65)</li><li>• Atmenet: Jarat 7 --0--&gt; Jarat 3: A (65) -&gt; A (70)</li><li>• Jarat 3: A (70) -&gt; C (100)</li><li>• Atmenet: Jarat 3 --0--&gt; Jarat 6: C (100) -&gt; C (105)</li><li>• Jarat 6: C (105) -&gt; A (135)</li><li>• Utolsojarat: Jarat 6 --0--&gt; Depo: A (135) -&gt; A (135)</li></ul>
Busz 2	<ul style="list-style-type: none"><li>• Elsojarat: Depo --0--&gt; Jarat 5: B (0) -&gt; B (20)</li><li>• Jarat 5: B (20) -&gt; C (30)</li><li>• Atmenet: Jarat 5 --5--&gt; Jarat 4: C (30) -&gt; B (40)</li><li>• Jarat 4: B (40) -&gt; A (65)</li><li>• Atmenet: Jarat 4 --0--&gt; Jarat 9: A (65) -&gt; A (140)</li><li>• Jarat 9: A (140) -&gt; D (155)</li><li>• Atmenet: Jarat 9 --0--&gt; Jarat 10: D (155) -&gt; D (160)</li><li>• Jarat 10: D (160) -&gt; B (180)</li><li>• Utolsojarat: Jarat 10 --0--&gt; Depo: B (180) -&gt; B (180)</li></ul>
Busz 3	<ul style="list-style-type: none"><li>• Elsojarat: Depo --17--&gt; Jarat 2: A (0) -&gt; C (10)</li><li>• Jarat 2: C (10) -&gt; D (45)</li><li>• Atmenet: Jarat 2 --0--&gt; Jarat 11: D (45) -&gt; D (55)</li><li>• Jarat 11: D (55) -&gt; C (90)</li><li>• Atmenet: Jarat 11 --0--&gt; Jarat 12: C (90) -&gt; C (95)</li><li>• Jarat 12: C (95) -&gt; B (105)</li><li>• Atmenet: Jarat 12 --0--&gt; Jarat 8: B (105) -&gt; B (110)</li><li>• Jarat 8: B (110) -&gt; D (130)</li><li>• Utolsojarat: Jarat 8 --8--&gt; Depo: D (130) -&gt; A (142)</li></ul>
Cél	40 km
Futási idő	1 mp
Memória	3.3 MB

A depók bevezetésével láthatjuk a célként definiált minimum értékének, a futási időnek és a memóriahasználatnak a növekedését is.

### Feladatosztály 3

A harmadik feladatosztályhoz egy modell tartozott: Modell 3, aminek a célja továbbra is a köztes kilométerek minimalizálása volt. Ebben a modellben két új paraméter került bevezetésre: a járatok valós távolságát jelző `tav2` és a buszok által egy töltéssel megtehető kilométerek számát jelölő `maxtav`. Az adatfájlban szereplő értékeiket a . és a . ábrán láthatjuk. A modell futási eredményét a . táblázat mutatja.

```
param tav2:=
1 16
2 21
3 19
4 16
5 8
6 19
7 10
8 12
9 10
10 12
11 21
12 8
;
```

.ábra: A `tav2` paraméter értékei

```
param maxtav:=
1 200
2 300
3 250
;
```

.ábra: A `maxtav` paraméter értékei

.táblázat: Modell3 futási eredménye

Busz 1	<ul style="list-style-type: none"><li>• Elsojarat: Depo --17--&gt; Jarat 2: A (0) -&gt; C (10)</li><li>• Jarat 2: C (10) --21--&gt; D (45)</li><li>• Atmenet: Jarat 2 --0--&gt; Jarat 7: D (45) -&gt; D (50)</li></ul>
--------	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jarat 7: D (50) --10--&gt; A (65)</li> <li>• Atmenet: Jarat 7 --0--&gt; Jarat 3: A (65) -&gt; A (70)</li> <li>• Jarat 3: A (70) --19--&gt; C (100)</li> <li>• Atmenet: Jarat 3 --0--&gt; Jarat 6: C (100) -&gt; C (105)</li> <li>• Jarat 6: C (105) --19--&gt; A (135)</li> <li>• Utolsojarat: Jarat 6 --0--&gt; Depo: A (135) -&gt; A (135)</li> <li>• <b>Ossz futott km / maxtav: 86 / 200</b></li> </ul>
Busz 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elsojarat: Depo --0--&gt; Jarat 5: B (0) -&gt; B (20)</li> <li>• Jarat 5: B (20) --8--&gt; C (30)</li> <li>• Atmenet: Jarat 5 --5--&gt; Jarat 4: C (30) -&gt; B (40)</li> <li>• Jarat 4: B (40) --16--&gt; A (65)</li> <li>• Atmenet: Jarat 4 --0--&gt; Jarat 9: A (65) -&gt; A (140)</li> <li>• Jarat 9: A (140) --10--&gt; D (155)</li> <li>• Atmenet: Jarat 9 --0--&gt; Jarat 10: D (155) -&gt; D (160)</li> <li>• Jarat 10: D (160) --12--&gt; B (180)</li> <li>• Utolsojarat: Jarat 10 --0--&gt; Depo: B (180) -&gt; B (180)</li> <li>• <b>Ossz futott km / maxtav: 51 / 300</b></li> </ul>
Busz 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elsojarat: Depo --0--&gt; Jarat 1: A (0) -&gt; A (10)</li> <li>• Jarat 1: A (10) --16--&gt; B (35)</li> <li>• Atmenet: Jarat 1 --10--&gt; Jarat 11: B (35) -&gt; D (55)</li> <li>• Jarat 11: D (55) --21--&gt; C (90)</li> <li>• Atmenet: Jarat 11 --0--&gt; Jarat 12: C (90) -&gt; C (95)</li> <li>• Jarat 12: C (95) --8--&gt; B (105)</li> <li>• Atmenet: Jarat 12 --0--&gt; Jarat 8: B (105) -&gt; B (110)</li> <li>• Jarat 8: B (110) --12--&gt; D (130)</li> <li>• Utolsojarat: Jarat 8 --8--&gt; Depo: D (130) -&gt; A (142)</li> <li>• <b>Ossz futott km / maxtav: 75 / 250</b></li> </ul>
Cél	40 km
Futási idő	1.3 mp
Memória	3.2 MB

A járatok nyilain olvasható a járatok által megtett valós távolság hossza, illetve minden busznál jeleztem az összesen megtett távolságot illetve a maximálisan megtehető távolságot. Mint a táblázatból láthatjuk a célfüggvény értéke megegyezett a Modell 2-esével és a járatok

ütemezését a kiegészítésekkel együtt is hasonlóan hajtotta végre ez a modell. A futási idő és memóriahasználatban sincs túl nagy eltérés.

### Feladatosztály 4

Az osztályhoz tartozó Modell4-ben már figyelembe vettem azt is, hogy elektromos buszokról van szó és a modell célja is megváltozott: innentől kezdve az összes fogyasztás minimalizálása lett a cél. A `maxtav` paraméter helyére a `maxtoltes` paraméter került, ami a buszok akkumulátorának **kWatt**-ban mért kapacitását jelöli. A `fogyasztas` paraméter a kilométerenkénti kilowattóra fogyasztást jelöli. A `.dat` fájl többi értéke egyezik az eddigiekben bemutatottal. Az adatok továbbra is szabadon választott számok. A `maxtoltes` és `fogyasztas` paraméterek a .ábrán láthatók, Modell4 futási eredménye pedig a .táblázatban.

```
param : maxtoltes fogyasztas:=  
1 200 2  
2 300 4  
3 250 3  
;
```


.ábra: a maxtoltes és fogyasztas paraméterek értékei

.táblázat: Modell 4 futási eredménye

Busz 1	<ul style="list-style-type: none"><li>• Elsojarat: Depo --17--&gt; Jarat 2: A (0) -&gt; C (10)</li><li>• Jarat 2: C (10) --21--&gt; D (45)</li><li>• Atmenet: Jarat 2 --0--&gt; Jarat 11: D (45) -&gt; D (55)</li><li>• Jarat 11: D (55) --21--&gt; C (90)</li><li>• Atmenet: Jarat 11 --0--&gt; Jarat 12: C (90) -&gt; C (95)</li><li>• Jarat 12: C (95) --8--&gt; B (105)</li><li>• Atmenet: Jarat 12 --0--&gt; Jarat 8: B (105) -&gt; B (110)</li><li>• Jarat 8: B (110) --12--&gt; D (130)</li><li>• Utolsojarat: Jarat 8 --8--&gt; Depo: D (130) -&gt; A (142)</li><li>• <b>Ossz futott km / Osszfogyasztas / maxtoltes: 87 / 174 / 200</b></li></ul>
Busz 2	<ul style="list-style-type: none"><li>• Elsojarat: Depo --0--&gt; Jarat 5: B (0) -&gt; B (20)</li><li>• Jarat 5: B (20) --8--&gt; C (30)</li><li>• Atmenet: Jarat 5 --5--&gt; Jarat 4: C (30) -&gt; B (40)</li><li>• Jarat 4: B (40) --16--&gt; A (65)</li></ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atmenet: Jarat 4 --0--&gt; Jarat 9: A (65) -&gt; A (140)</li> <li>• Jarat 9: A (140) --10--&gt; D (155)</li> <li>• Atmenet: Jarat 9 --0--&gt; Jarat 10: D (155) -&gt; D (160)</li> <li>• Jarat 10: D (160) --12--&gt; B (180)</li> <li>• Utolsojarat: Jarat 10 --0--&gt; Depo: B (180) -&gt; B (180)</li> <li>• <b>Ossz futott km / Osszfogyasztas / maxtoltes: 51 / 204 / 300</b></li> </ul>
Busz 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elsojarat: Depo --0--&gt; Jarat 1: A (0) -&gt; A (10)</li> <li>• Jarat 1: A (10) --16--&gt; B (35)</li> <li>• Atmenet: Jarat 1 --10--&gt; Jarat 7: B (35) -&gt; D (50)</li> <li>• Jarat 7: D (50) --10--&gt; A (65)</li> <li>• Atmenet: Jarat 7 --0--&gt; Jarat 3: A (65) -&gt; A (70)</li> <li>• Jarat 3: A (70) --19--&gt; C (100)</li> <li>• Atmenet: Jarat 3 --0--&gt; Jarat 6: C (100) -&gt; C (105)</li> <li>• Jarat 6: C (105) --19--&gt; A (135)</li> <li>• Utolsojarat: Jarat 6 --0--&gt; Depo: A (135) -&gt; A (135)</li> <li>• <b>Ossz futott km / Osszfogyasztas / maxtoltes: 74 / 222 / 250</b></li> </ul>
Cél	600 kWh
Futási idő	0.9 mp
Memória	3.2 MB

A táblázatban jelöltem a buszok által összesen megtett távolságot, az összes energiafogyasztást és az akkumulátorkapacitást is. A célfüggvényben megfogalmazott összes fogyasztási érték jelen esetben 600 kWh volt. A futási idő és a memóriahasználat az előző modellhez hasonlóan alakult. 

## Feladatosztály 5

Ebben az osztályban már lehetett tölteni az akkumulátort a különböző töltőjáratok valamelyikén. Az ötödik feladatosztályhoz tartozó két modell: Modell5, Modell5v2. Mindegyik modell célja a fogyasztás minimalizálása.

A . ábrán láthatóak azok a modell5.dat fájlban található adatok, amik a modell4.dat-hoz képest változtak. A . táblázatban Modell5 futási eredménye olvasható.

```

set MindenJarat := j1 j2 j3 j4 j5 j6 j7 j8 j9 j10 j11 j12 t1 t2 t3 t4 t5;
set Toltojaratok := t1 t2 t3 t4 t5;

param : honnan hova mikortol meddig tav2:=
j1 A B 0 25 16
j2 C D 50 85 21
j3 A C 100 130 19
j4 B A 150 175 16
j5 B C 200 210 8
j6 C A 250 280 19
j7 D A 300 315 10
j8 B D 350 370 12
j9 A D 400 415 10
j10 D B 450 470 12
j11 D C 500 515 21
j12 C B 550 560 8
t1 A A 120 180 0
t2 A A 180 240 0
t3 A A 240 300 0
t4 A A 300 360 0
t5 A A 360 420 0

param : depo maxtoltes fogyasztas:=
1 A 100 2
2 B 200 4
3 A 150 3
;

```

**.ábra: Változások a modell5.dat-ban modell4.dat-hoz képest**

### **.táblázat: Modell 5 futási eredménye**

Busz1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elsojarat: Depo --0--&gt; Jarat j1: A (0) -&gt; A (0) (100)-&gt;(100)</li> <li>• Jarat j1: A (0) --16--&gt; B (25) (100)-&gt;(68)</li> <li>• Atmenet: Jarat j1 --5--&gt; Jarat j2: B (25) -&gt; C (50) (68)-&gt;(58)</li> <li>• Jarat j2: C (50) --21--&gt; D (85) (58)-&gt;(16)</li> <li>• Atmenet: Jarat j2 --8--&gt; Jarat t1: D (85) -&gt; A (120) (16)-&gt;(0)</li> <li>• Jarat t1: A (120) --0--&gt; A (180) (0)-&gt;(100)</li> <li>• Atmenet: Jarat t1 --17--&gt; Jarat j6: A (180) -&gt; C (250) (100)-&gt;(66)</li> <li>• Jarat j6: C (250) --19--&gt; A (280) (66)-&gt;(0)</li> <li>• Atmenet: Jarat j6 --0--&gt; Jarat t4: A (280) -&gt; A (300) (0)-&gt;(0)</li> <li>• Jarat t4: A (300) --0--&gt; A (360) (0)-&gt;(100)</li> <li>• Atmenet: Jarat t4 --0--&gt; Jarat j9: A (360) -&gt; A (400) (100)-&gt;(100)</li> <li>• Jarat j9: A (400) --10--&gt; D (415) (100)-&gt;(80)</li> <li>• Atmenet: Jarat j9 --0--&gt; Jarat j11: D (415) -&gt; D (500) (80)-&gt;(80)</li> </ul>
-------	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jarat j11: D (500) --21--&gt; C (515) (80)-&gt;(34)</li> <li>Utolsojarat: Jarat j11 --17--&gt; Depo: C (515) -&gt; A (541) (34)-&gt;(0)</li> <li><b>Ossz futott km / Osszfogyasztas / maxtoltes: 134 / 268 / 100</b></li> </ul>
Busz 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elsojarat: Depo --0--&gt; Jarat j5: B (0) -&gt; B (200) (200)-&gt;(200)</li> <li>Jarat j5: B (200) --8--&gt; C (210) (200)-&gt;(168)</li> <li>Atmenet: Jarat j5 --5--&gt; Jarat j8: C (210) -&gt; B (350) (168)-&gt;(148)</li> <li>Jarat j8: B (350) --12--&gt; D (370) (148)-&gt;(100)</li> <li>Atmenet: Jarat j8 --0--&gt; Jarat j10: D (370) -&gt; D (450) (100)-&gt;(100)</li> <li>Jarat j10: D (450) --12--&gt; B (470) (100)-&gt;(52)</li> <li>Atmenet: Jarat j10 --5--&gt; Jarat j12: B (470) -&gt; C (550) (52)-&gt;(32)</li> <li>Jarat j12: C (550) --8--&gt; B (560) (32)-&gt;(0)</li> <li>Utolsojarat: Jarat j12 --0--&gt; Depo: B (560) -&gt; B (560) (0)-&gt;(0)</li> <li><b>Ossz futott km / Osszfogyasztas / maxtoltes: 50 / 200 / 200</b></li> </ul>
Busz 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elsojarat: Depo --0--&gt; Jarat j3: A (0) -&gt; A (100) (120)-&gt;(120)</li> <li>Jarat j3: A (100) --19--&gt; C (130) (120)-&gt;(63)</li> <li>Atmenet: Jarat j3 --5--&gt; Jarat j4: C (130) -&gt; B (150) (63)-&gt;(48)</li> <li>Jarat j4: B (150) --16--&gt; A (175) (48)-&gt;(0)</li> <li>Atmenet: Jarat j4 --0--&gt; Jarat t2: A (175) -&gt; A (180) (0)-&gt;(0)</li> <li>Jarat t2: A (180) --0--&gt; A (240) (0)-&gt;(150)</li> <li>Atmenet: Jarat t2 --8--&gt; Jarat j7: A (240) -&gt; D (300) (150)-&gt;(30)</li> <li>Jarat j7: D (300) --10--&gt; A (315) (30)-&gt;(0)</li> <li>Atmenet: Jarat j7 --0--&gt; Jarat t5: A (315) -&gt; A (360) (0)-&gt;(0)</li> <li>Jarat t5: A (360) --0--&gt; A (420) (0)-&gt;(150)</li> <li>Utolsojarat: Jarat t5 --0--&gt; Depo: A (420) -&gt; A (420) (150)-&gt;(150)</li> <li><b>Ossz futott km / Osszfogyasztas / maxtoltes: 58 / 174 / 150</b></li> </ul>
Cél	642 kWh
Futási idő	463.1 mp
Memória	40.3 MB

A táblázatban a járatok végén jelöltem a töltöttségi szint változást. Mindegyik busz töltöttsége a maximumról indul, ám a nap végén lemehet 0-ra is, de fel is töltheti magát a műszak végén. Ez a modellben nincsen lekorlátozva.

Busz1-nél szereplő j6 járatnál azért történt a töltésvesztés, hogy utána elmehessen töltőjáratot végezni és azzal a töltéssel már végigvihesse a műszakját.

A . ábrán olvashatóak, azok az adatok, amik eltérnek a Modell5v2-ben az 5-ös modell adatfájljától. A töltőjárat-generálás miatt az előző .dat fájlal nem talált megoldást a modell, ezért növelnem kellett a buszok számát.

Modell5v2-t elkezdtem futtatni, de még 1 óra után sem végzett, ezért a --tmlim kapcsoló segítségével beállítottam egy 10 perces időkorlátot,és az azalatt kijött legjobb eredményt tartalmazza az 5v2 futási eredményét tartalmazó .táblázat.

```
set Jaratok := j1 j2 j3 j4 j5 j6 j7 j8 j9 j10 j11 j12;

param : honnan hova mikortol meddig tav2:=
j1 A B 0 25 16
j2 C D 50 85 21
j3 A C 100 130 19
j4 B A 150 175 16
j5 B C 200 210 8
j6 C A 250 280 19
j7 D A 300 315 10
j8 B D 350 370 12
j9 A D 400 415 10
j10 D B 450 470 12
j11 D C 500 515 21
j12 C B 550 560 8
;

set Toltohelyek:= A C;

param idoszelet :=180;

param buszszam := 7;

param : depo maxtoltes fogyasztas:=
1 A 100 2
2 B 200 4
3 A 150 3
4 B 100 2
5 A 200 4
6 A 100 2
7 B 150 3
;
```

**.ábra: modell5v2.dat**

**.táblázat: Modell5v2 futási eredménye 10 perc alatt**

Busz 1	<ul style="list-style-type: none"><li>Elsojarat: Depo --17--&gt; Jarat C_1: A (0) -&gt; C (0) (34)-&gt;(0)</li><li>Jarat C_1: C (0) --0--&gt; C (180) (0)-&gt;(100)</li></ul>
--------	---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atmenet: Jarat C_1 --20--&gt; Jarat j7: C (180) -&gt; D (300) (100)-&gt;(20)</li> <li>• Jarat j7: D (300) --10--&gt; A (315) (20)-&gt;(0)</li> <li>• Utolsojarat: Jarat j7 --0--&gt; Depo: A (315) -&gt; A (315) (0)-&gt;(0)</li> <li>• <b>Ossz futott km / Osszfogyasztas / maxtoltes: 47 / 94 / 100</b></li> </ul>
Busz 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elsojarat: Depo --5--&gt; Jarat j2: B (0) -&gt; C (50) (184)-&gt;(164)</li> <li>• Jarat j2: C (50) --21--&gt; D (85) (164)-&gt;(80)</li> <li>• Atmenet: Jarat j2 --20--&gt; Jarat C_2: D (85) -&gt; C (180) (80)-&gt;(0)</li> <li>• Jarat C_2: C (180) --0--&gt; C (360) (0)-&gt;(200)</li> <li>• Atmenet: Jarat C_2 --0--&gt; Jarat C_3: C (360) -&gt; C (360) (200)-&gt;(0)</li> <li>• Jarat C_3: C (360) --0--&gt; C (540) (0)-&gt;(200)</li> <li>• Utolsojarat: Jarat C_3 --5--&gt; Depo: C (540) -&gt; B (548) (200)-&gt;(180)</li> <li>• <b>Ossz futott km / Osszfogyasztas / maxtoltes: 51 / 204 / 200</b></li> </ul>
Busz 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elsojarat: Depo --0--&gt; Jarat A_3: A (0) -&gt; A (360) (0)-&gt;(0)</li> <li>• Jarat A_3: A (360) --0--&gt; A (540) (0)-&gt;(150)</li> <li>• Utolsojarat: Jarat A_3 --0--&gt; Depo: A (540) -&gt; A (540) (150)-&gt;(150)</li> <li>• <b>Ossz futott km / Osszfogyasztas / maxtoltes: 0 / 0 / 150</b></li> </ul>
Busz 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elsojarat: Depo --0--&gt; Jarat j5: B (0) -&gt; B (200) (98)-&gt;(98)</li> <li>• Jarat j5: B (200) --8--&gt; C (210) (98)-&gt;(82)</li> <li>• Atmenet: Jarat j5 --0--&gt; Jarat j6: C (210) -&gt; C (250) (82)-&gt;(82)</li> <li>• Jarat j6: C (250) --19--&gt; A (280) (82)-&gt;(44)</li> <li>• Atmenet: Jarat j6 --0--&gt; Jarat j9: A (280) -&gt; A (400) (44)-&gt;(44)</li> <li>• Jarat j9: A (400) --10--&gt; D (415) (44)-&gt;(24)</li> <li>• Atmenet: Jarat j9 --0--&gt; Jarat j10: D (415) -&gt; D (450) (24)-&gt;(24)</li> <li>• Jarat j10: D (450) --12--&gt; B (470) (24)-&gt;(0)</li> <li>• Utolsojarat: Jarat j10 --0--&gt; Depo: B (470) -&gt; B (470) (0)-&gt;(0)</li> <li>• <b>Ossz futott km / Osszfogyasztas / maxtoltes: 49 / 98 / 100</b></li> </ul>
Busz 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elsojarat: Depo --0--&gt; Jarat j1: A (0) -&gt; A (0) (144)-&gt;(144)</li> <li>• Jarat j1: A (0) --16--&gt; B (25) (144)-&gt;(80)</li> <li>• Atmenet: Jarat j1 --0--&gt; Jarat j8: B (25) -&gt; B (350) (80)-&gt;(80)</li> <li>• Jarat j8: B (350) --12--&gt; D (370) (80)-&gt;(32)</li> <li>• Utolsojarat: Jarat j8 --8--&gt; Depo: D (370) -&gt; A (382) (32)-&gt;(0)</li> <li>• <b>Ossz futott km / Osszfogyasztas / maxtoltes: 36 / 144 / 200</b></li> </ul>
Busz 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elsojarat: Depo --0--&gt; Jarat j3: A (0) -&gt; A (100) (80)-&gt;(80)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jarat j3: A (100) --19--&gt; C (130) (80)-&gt;(42)</li> <li>Atmenet: Jarat j3 --5--&gt; Jarat j4: C (130) -&gt; B (150) (42)-&gt;(32)</li> <li>Jarat j4: B (150) --16--&gt; A (175) (32)-&gt;(0)</li> <li>Utolsojarat: Jarat j4 --0--&gt; Depo: A (175) -&gt; A (175) (0)-&gt;(0)</li> <li><b>Ossz futott km / Osszfogyasztas / maxtoltes: 40 / 80 / 100</b></li> </ul>
Busz 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elsojarat: Depo --14--&gt; Jarat A_1: B (0) -&gt; A (0) (42)-&gt;(0)</li> <li>Jarat A_1: A (0) --0--&gt; A (180) (0)-&gt;(150)</li> <li>Atmenet: Jarat A_1 --0--&gt; Jarat A_2: A (180) -&gt; A (180) (150)-&gt;(0)</li> <li>Jarat A_2: A (180) --0--&gt; A (360) (0)-&gt;(150)</li> <li>Atmenet: Jarat A_2 --8--&gt; Jarat j11: A (360) -&gt; D (500) (150)-&gt;(87)</li> <li>Jarat j11: D (500) --21--&gt; C (515) (87)-&gt;(24)</li> <li>Atmenet: Jarat j11 --0--&gt; Jarat j12: C (515) -&gt; C (550) (24)-&gt;(24)</li> <li>Jarat j12: C (550) --8--&gt; B (560) (24)-&gt;(0)</li> <li>Utolsojarat: Jarat j12 --0--&gt; Depo: B (560) -&gt; B (560) (0)-&gt;(0)</li> <li><b>Ossz futott km / Osszfogyasztas / maxtoltes: 51 / 153 / 150</b></li> </ul>
Cél	773 kWh
Futási idő	600 mp
Memória	79 MB

A C\_1 járat a C nevű töltőhely első időszelében végrehajtott töltőjáratot jelenti.

Ez a megoldás természetesen nem optimális, 51.5%-os gappal dolgozik (ilyen messze van az optimumtól). A busznak az ütemezés elején nem kötelező maximális töltöttségről indulnia, illetve a modellben előfordulnak töltésvesztések és egymás után két töltőjárat elvégzése és olyan busz is, amihez csak töltőjárat volt hozzárendelve. Ezek az esetek nem lettek a modellben lekorlátozva.