

Grzegorz Tarczyński

Katedra Ekonometrii i Badań Operacyjnych

Optymalizacja tras dostaw gazu LPG na stacje paliw

Wirtualne Seminarium z Badań Operacyjnych
17 kwietnia 2023

Optymalizacja procesu uzupełniania paliw na stacjach

1. Pobranie, unifikacja i weryfikacja odczytów stanów zbiorników na stacjach paliw.
2. Prognoza stanów zbiorników na ewentualny czas przyjazdu cysterny (horyzont kilkudniowy).
3. Ustalenie listy stacji pilnych oraz pozostałych stacji, na których można uzupełnić stany paliwa.
4. Wyznaczenie (optymalizacja) tras dostaw w horyzoncie kilkudniowym z uwzględnieniem warunków ograniczających.

Problem: podejmowanie decyzji w warunkach ryzyka i niepewności (dokładne wartości popytu na czas dostawy na stacjach nie są znane).

Kryteria optymalizacyjne:

- długość wyznaczanych tras dla pojazdów,
- emisja CO₂.

Wyniki

Liczba instancji dla których znaleziono rozwiązania optymalne i suboptymalne dla dwóch solverów i trzech kryteriów optymalizacyjnych (max czas obliczeń: 3600s)

solver: GRB			
optimal solution			
	yes	no	
DIST	112	30	78,87%
CO2	32	110	22,54%
MIX	54	88	38,03%
solver: CBC			
optimal solution			
	yes	no	
DIST	43	12	78,18%
CO2	4	50	7,41%
MIX	15	40	27,27%

Badanie symulacyjne konsekwencji dodania do trasy stacji dodatkowej

- wyznaczenie tras dostaw dla trzech rejonów (po 200 tras dla każdego rejonu),
- liczba stacji paliw (odwiedzanych na pewno) na trasie wynosi: 5, 6, 7,
- w razie konieczności uzupełnienia trasy o stację dodatkową możliwość wyboru jednej spośród pięciu stacji,
- stacja dodatkowa może być dodana do trasy na etapie planowania albo po odwiedzeniu ostatniej zaplanowanej stacji. Stacja dodatkowa zawsze dodawana jest jako ostatnia na trasie.

	Liczba stacji w rejonie	średnia odległość stacji od rozlewni	średnia odległość pomiędzy dwiema stacjami
Rejon 1	45	23,93	13,88
Rejon 2	50	130,23	29,39
Rejon 3	70	81,64	48,09

Wyniki symulacji

Nr zbioru danych	Liczba stacji na trasie (pewnych)	Optymalizacja dla stacji pewnych		Optymalizacja dla stacji pewnych + 1 niepewna		Liczba tras, które się nie zmieniły
		Brak dodatkowej stacji	Dodatkowa stacja na trasie	Brak dodatkowej stacji	Dodatkowa stacja na trasie	
1	5	81,12	86,37	82,03	82,97	66
1	6	84,76	91,49	85,74	87,45	76
1	7	89,94	96,88	90,92	92,32	74
2	5	328,20	340,88	330,04	333,14	61
2	6	338,01	352,82	340,59	343,59	60
2	7	343,20	355,81	345,56	347,95	82
3	5	261,21	277,86	262,79	264,34	79
3	6	266,20	285,10	267,72	269,06	82
3	7	273,81	295,27	275,84	277,32	68
	wydłużenie dystansu (średnia)	0,00%	5,62%	0,72%	1,53%	-

Dodatkową stację paliw opłaca się dodać już na etapie planowania, jeśli prawdopodobieństwo konieczności dołożenia dodatkowej stacji na etapie realizacji zleceń wynosi co najmniej 15%.

Minimalizacja odległości i minimalizacja emisji CO2 - wyniki

solver:		GRB	(all cases)			
			avg. distance	avg. CO2 emission	distance increase	CO2 emission improvement
optimization criterion	DIST		1003,52	9,35	0,00%	0,00%
	CO2		1061,02	9,37	5,73%	-0,24%
	MIX		1012,48	9,22	0,89%	1,40%
solver:		GRB	(only cases with optimal CO2 emission value)			
			avg. distance	avg. CO2 emission	distance increase	CO2 emission improvement
optimization criterion	DIST		1093,21	10,10	0,00%	0,00%
	CO2		1113,87	9,82	1,89%	2,80%
	MIX		1094,80	9,94	0,14%	1,60%
solver:		GRB	(only cases with optimal MIX value)			
			avg. distance	avg. CO2 emission	distance increase	CO2 emission improvement
optimization criterion	DIST		1142,70	10,61	0,00%	0,00%
	CO2		1166,70	10,33	2,10%	2,58%
	MIX		1144,32	10,42	0,14%	1,76%

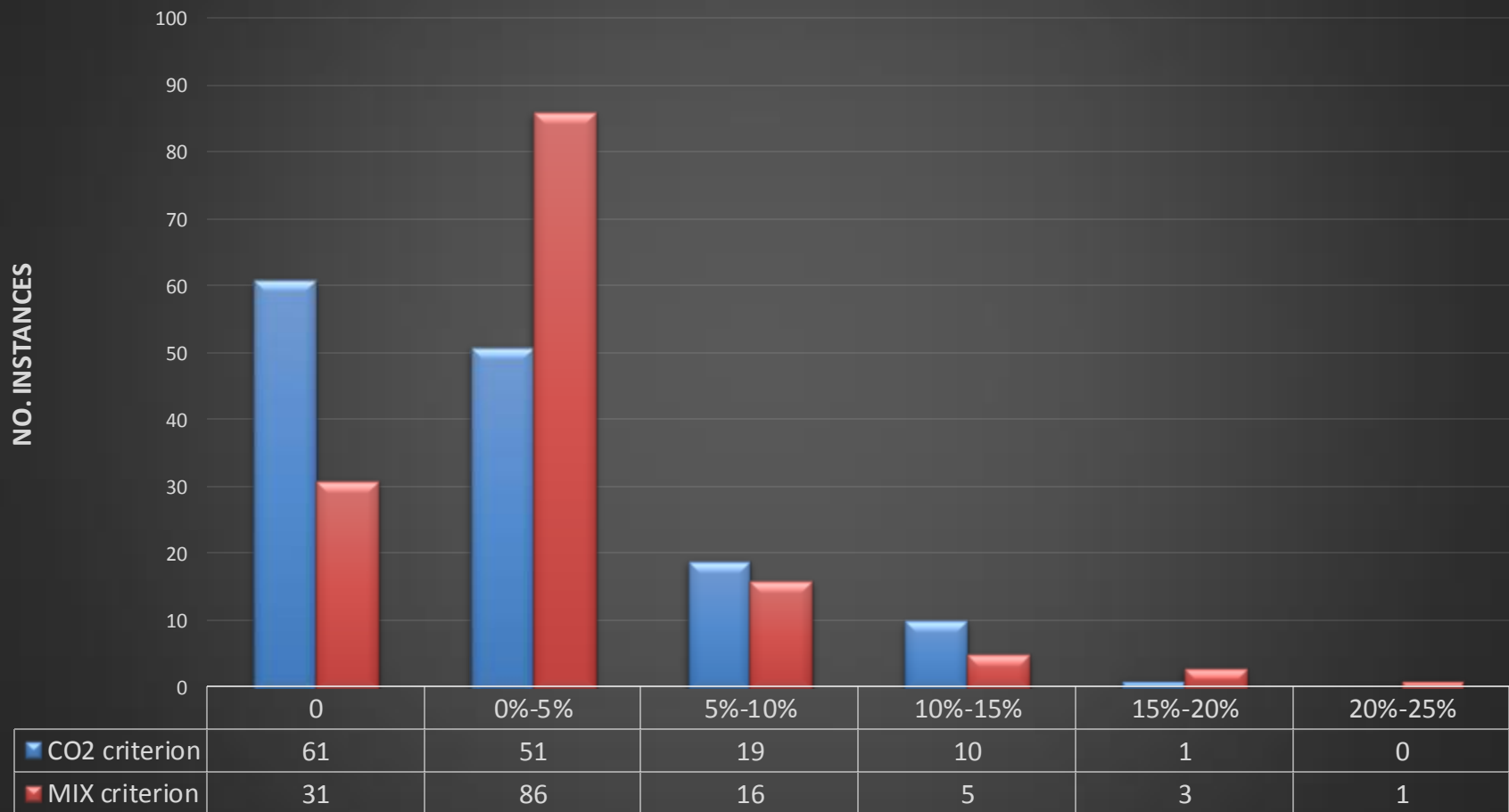
Minimalizacja odległości i minimalizacja emisji CO2 - wyniki

solver: GRB				
Optimization criterion				
CO2				
Best cases				
No.	CO2 emission improvement	distance increase	Instance	optimality proof
1	18,15%	3,05%	R01_01_27	no
2	13,81%	1,30%	R03_05_06	no
3	13,70%	0,49%	R01_01_28	yes
4	12,94%	11,04%	R01_01_06	yes
5	12,92%	3,38%	R03_05_05	no
6	12,47%	6,89%	R01_01_11	no
7	11,87%	1,15%	R03_01_15	yes
8	11,63%	3,63%	R01_01_14	no
9	11,30%	13,94%	R01_01_07	no
10	10,52%	7,15%	R03_01_23	yes

solver: GRB				
Optimization criterion				
MIX				
Best cases (CO2 emission reduction)				
No.	CO2 emission improvement	distance increase	Instance	optimality proof
1	22,18%	3,05%	R01_01_27	no
2	18,86%	0,11%	R01_01_07	no
3	15,87%	0,49%	R01_01_28	yes
4	15,28%	0,98%	R03_05_06	no
5	14,51%	0,66%	R03_05_05	yes
6	13,47%	1,15%	R03_01_15	yes
7	12,01%	2,23%	R01_01_14	no
8	11,09%	6,00%	R01_05_07	no
9	10,08%	0,41%	R03_01_19	yes
10	9,46%	0,08%	R01_01_20	no

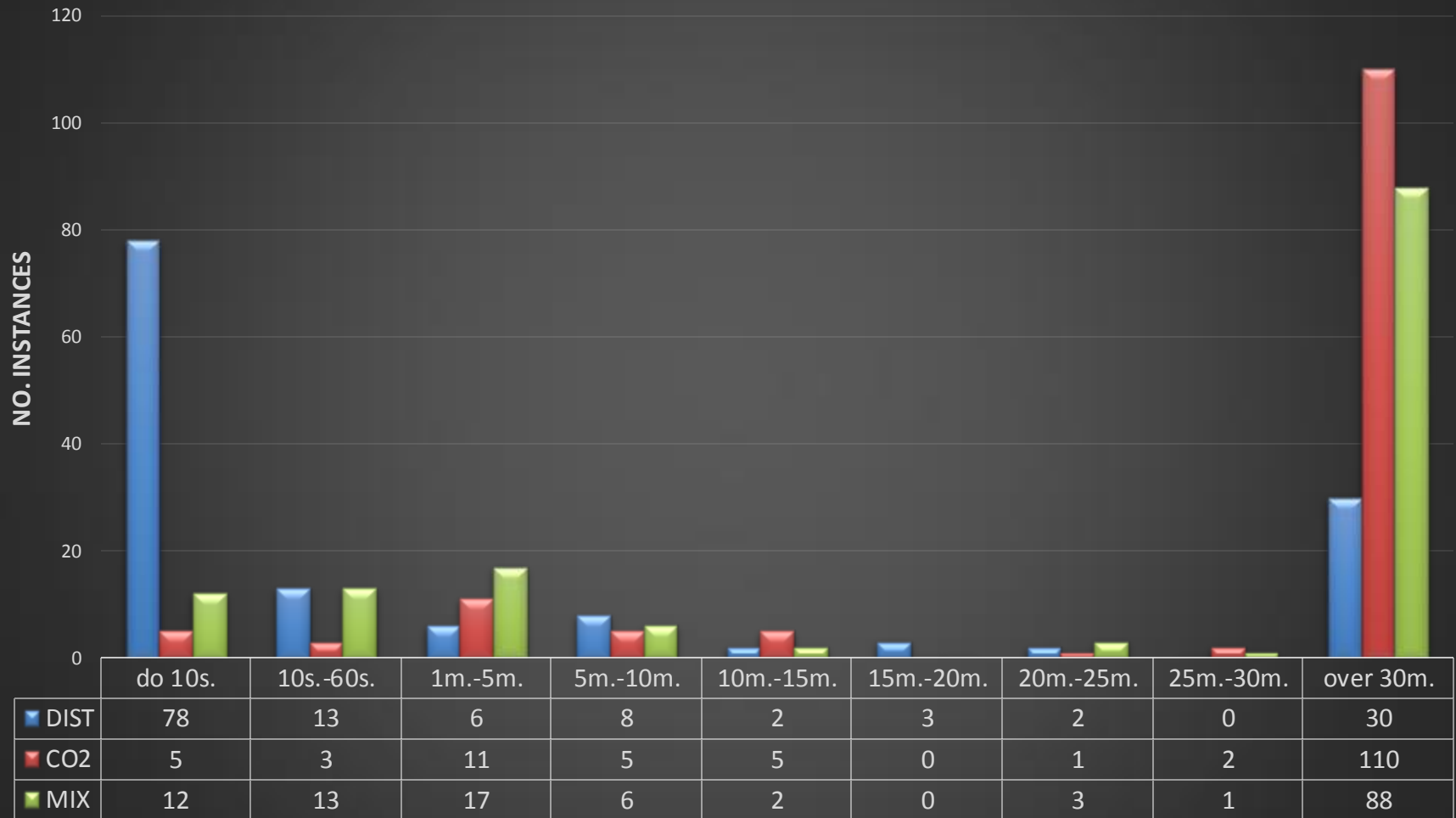
Wyniki

**CO₂ emission reduction
(all instances: optimal and suboptimal solutions)**

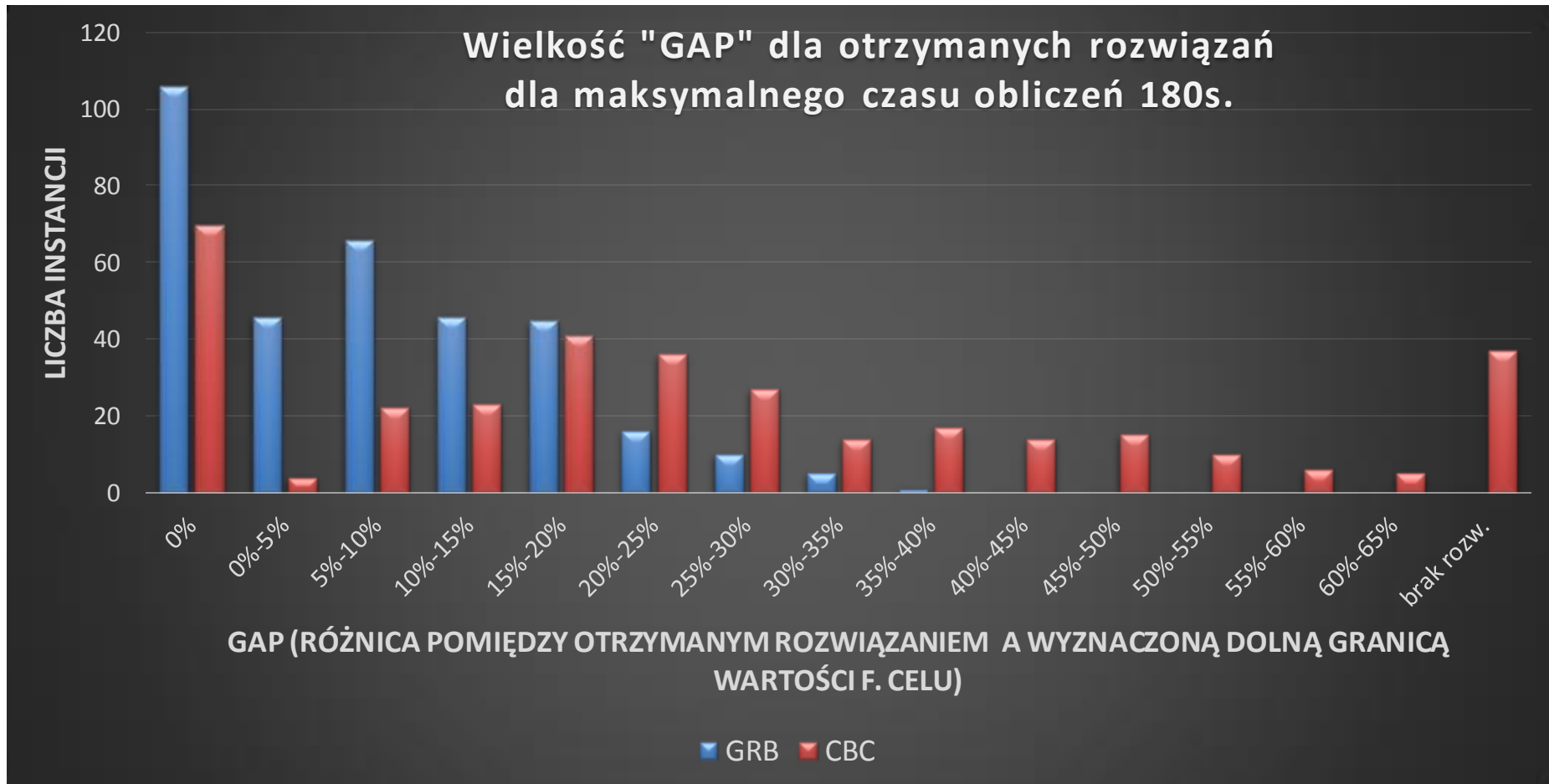


Wyniki

CPU time



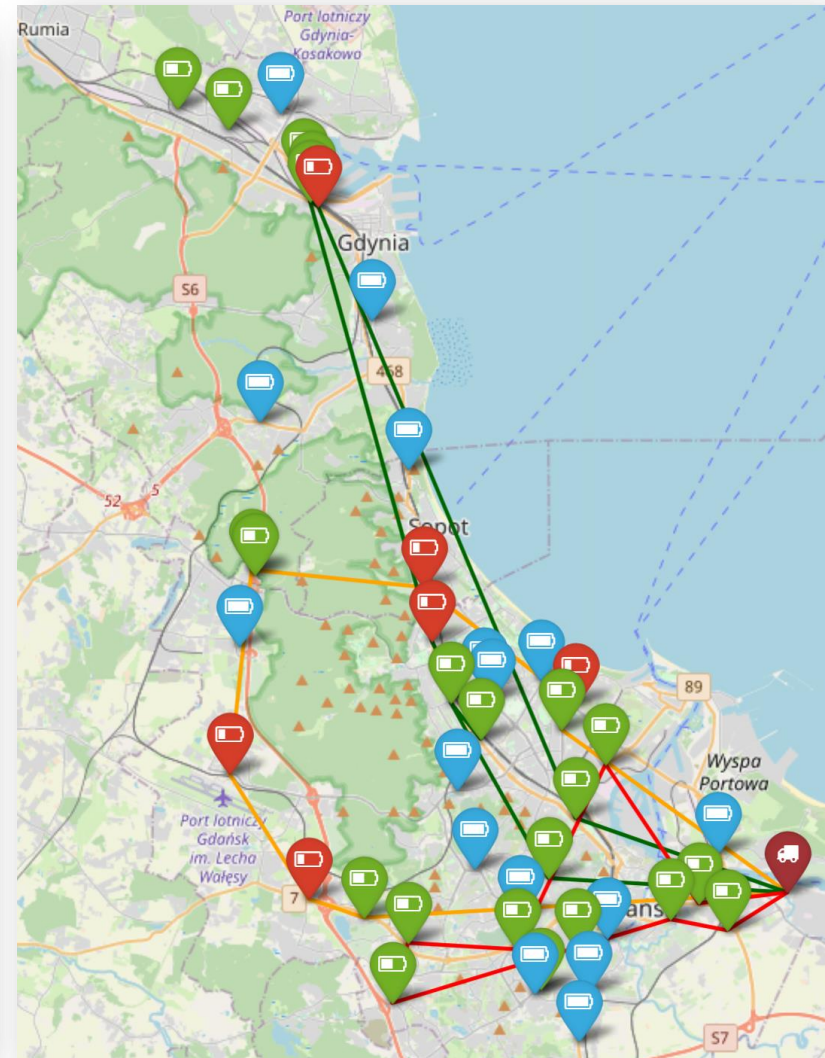
Wyniki (tylko minimalizacja odległości) – porównanie solverów (czas obliczeń: 300s.)



Optymalizacja tras – przykładowe wyniki

```

Solver;NoVar;NoVarInt;NoConst;Obj_val;Obj_bound;Runtime
GRB;6213;6075;6756;165.36129434;121.80023018089433;300.019196
Dzień 1
ID_stacji;dystans;Czas_przyjazdu;Paliwo_w_1
11981;0.00;0.00;-39000
12050;11.45;1.29;3300
13194;12.97;2.07;4500
11864;23.91;3.17;5800
12103;36.19;4.41;6800
12027;45.38;5.64;9700
12134;50.99;7.00;5800
12064;53.51;7.99;3100
11981;66.90;9.24;0
Dzień 2
ID_stacji;dystans;Czas_przyjazdu;Paliwo_w_1
11981;0.00;0.00;-39000
12087;8.47;1.21;3200
12301;28.88;2.46;12100
12591;29.05;3.85;3200
12592;43.21;4.94;5800
11862;48.44;6.00;3900
11860;48.46;6.79;5000
12106;52.19;7.75;5800
11981;60.46;9.01;0
Dzień 3
ID_stacji;dystans;Czas_przyjazdu;Paliwo_w_1
11981;0.00;0.00;-39000
12097;2.68;1.07;3400
12599;10.20;2.01;3100
11859;17.83;2.93;5600
12608;22.64;3.96;3800
11861;25.07;4.80;8300
12104;34.01;6.13;8400
12396;35.27;7.28;6400
11981;38.00;8.35;0
    
```



Optymalizacja tras – przykładowe wyniki

Solver;NoVar;NoVarInt;NoConst;Obj_val;Obj_bound;Distance;CO2;Runtime
GRB;8834;8280;16986;73.73532637670502;14.220586692566956;222.53792586;194.62204266244436;300.043286

Dzień 1

ID_stacji;dystans;Czas_przyjazdu;Paliwo_w_1

11981;0.00;0.00;-39000
12396;2.73;1.07;7500
13194;13.27;2.38;5200
11864;24.21;3.53;6300
12080;38.17;4.84;5900
12134;47.23;6.01;6300
12106;57.59;7.23;7800
11981;65.87;8.54;0

Dzień 2

ID_stacji;dystans;Czas_przyjazdu;Paliwo_w_1

11981;0.00;0.00;-39000
12104;7.08;1.18;11400
12064;18.15;2.80;7000
12027;25.16;4.00;13600
12111;38.97;5.85;7000
11981;47.46;7.08;0

Dzień 2

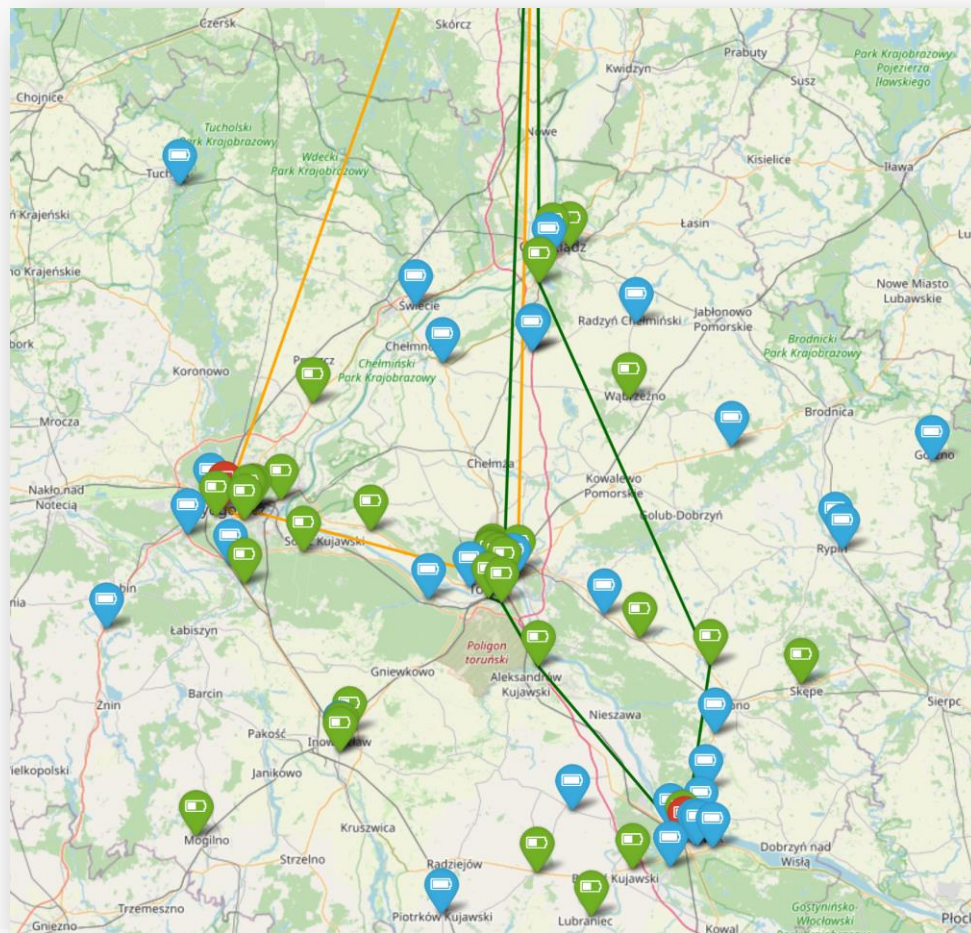
ID_stacji;dystans;Czas_przyjazdu;Paliwo_w_1

11981;0.00;0.00;-39000
12097;2.68;1.07;7400
11860;10.11;2.31;7400
12592;17.18;3.54;6300
12301;30.91;4.84;13100
12107;35.66;6.43;4800
11981;60.42;8.01;0

Dzień 3

ID_stacji;dystans;Czas_przyjazdu;Paliwo_w_1

11981;0.00;0.00;-39000
12087;8.47;1.21;6100
12052;13.57;2.29;7400
12103;23.38;3.59;13200
12051;25.01;5.10;7200
11862;38.89;6.48;5100
11981;48.78;7.75;0



Podsumowanie

**MOŻLIWOŚĆ WYKORZYSTANIA
W DYDAKTYCE
(W OGRANICZNOYM ZAKRESIE)**