TURNI

Generazione automatica ottimizzata dei turni di servizio del personale viaggiante di un’azienda di trasporto collettivo

Obiettivi e vantaggi

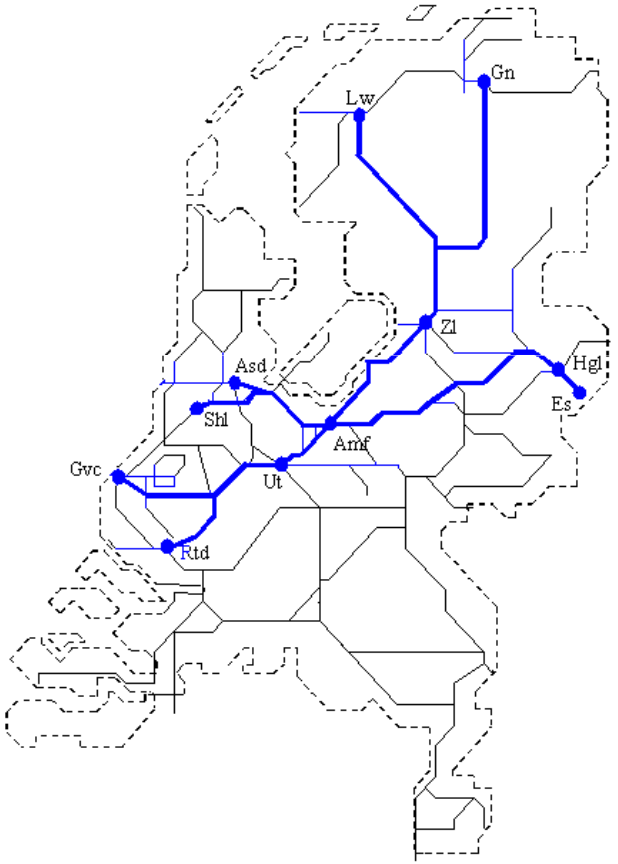
- Costruzione automatica ed ottimizzata dei turni di servizio del personale viaggiante e dei mezzi utilizzati da una azienda di trasporto pubblico (urbano, extra-urbano o misto) su gomma o su rotaia
  - qualità dei turni generati (**riduzione media del 2-8% sui costi**)
  - riduzione dei tempi di creazione di un intero schedule (da 30 minuti a qualche ora su PC)
  - uniformità ed ammissibilità dei turni (riduzione della conflittualità aziendale)
  - possibilità di integrare i servizi urbani, extra-urbani e ferroviari (sinergie ottimali)

Analisi “what if”

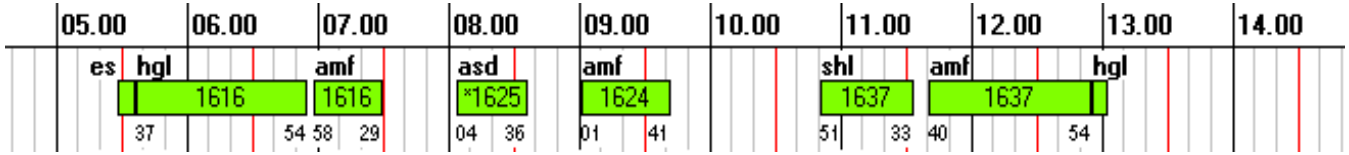
- Generazione veloce di soluzioni complete per simulare scenari alternativi:
  - valutazione dei Service Level Agreement in appalti di servizio
  - nuove tipologie di turno da proporre in sede di contrattazione sindacale
  - copertura di nuove corse in fase di gara di appalto
  - valutazione dei costi a fronte di variazioni normative
- Possibilità di guidare il prodotto ad ottimizzare:
  - il numero totale di turni utilizzati per coprire tutte le corse
  - il tempo medio di servizio e quindi gli straordinari
  - il tempo di nastro
  - i chilometri a vuoto percorsi dai mezzi

Definizioni

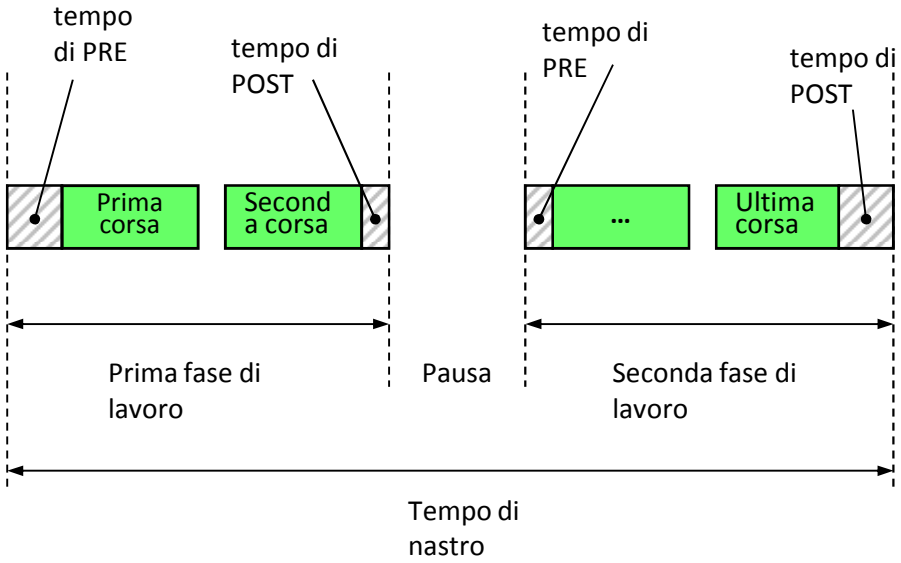
- **Punto di cambio**: luogo in cui è possibile effettuare un cambio di autista (capolinea, deposito, ecc.)
- **Corsa**: unità indivisibile di lavoro fra due punti di cambio consecutivi, in base all'orario
- **Turno**: sequenza di corse che devono essere eseguite da uno stesso autista, nel rispetto delle regole contrattuali.



Regole base di ammissibilità dei turni



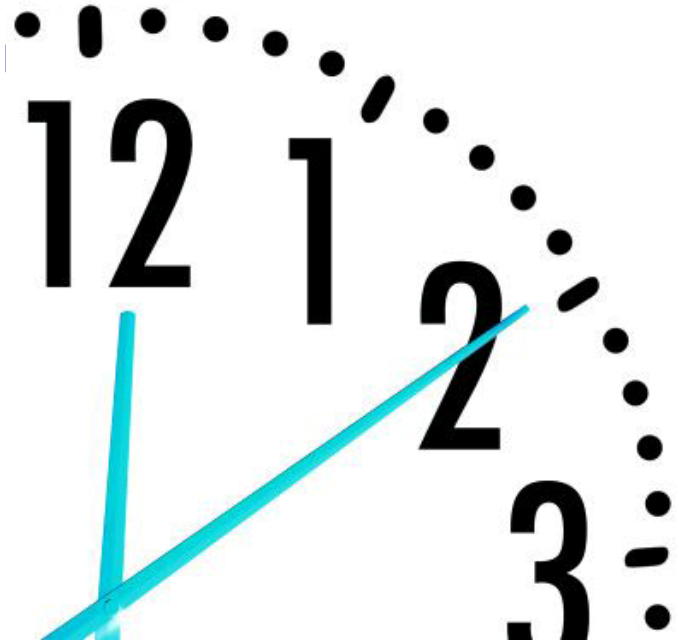
- Ogni turno deve iniziare e finire nello stesso punto di cambio (deposito)
- Ogni viaggio deve iniziare dal punto di cambio di arrivo della corsa precedente, in orari compatibili



- Regole contrattuali su possibili interruzioni, durata del servizio, tempo di guida complessivo, ecc.
- Regole “locali” derivate da accordi integrativi aziendali

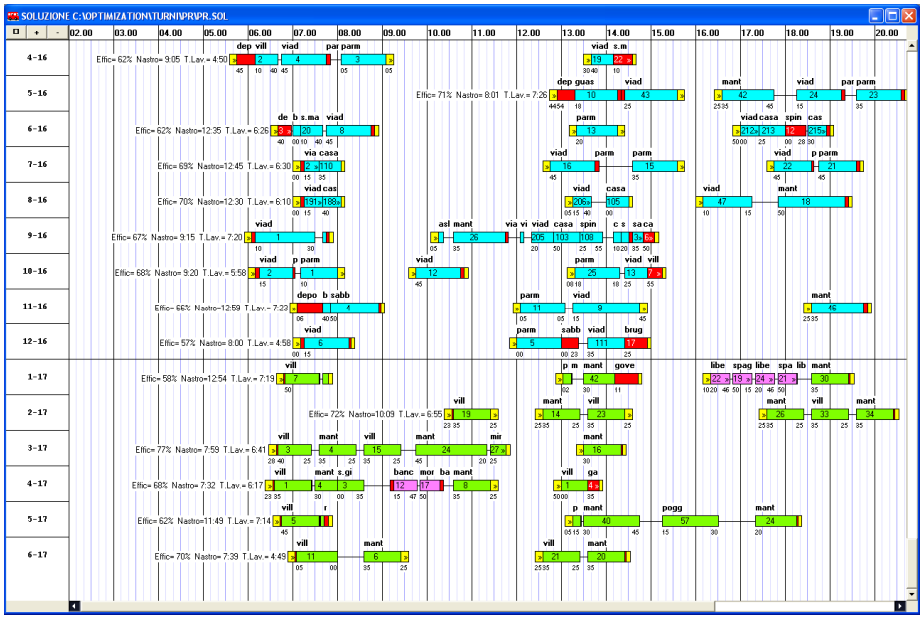
Regole di ammissibilità della soluzione

- Numero massimo e medio di turni in ciascun deposito
- Percentuale massima di turni lunghi, pesanti, disagiati, …
- Media complessiva del tempo di lavoro pagato agli

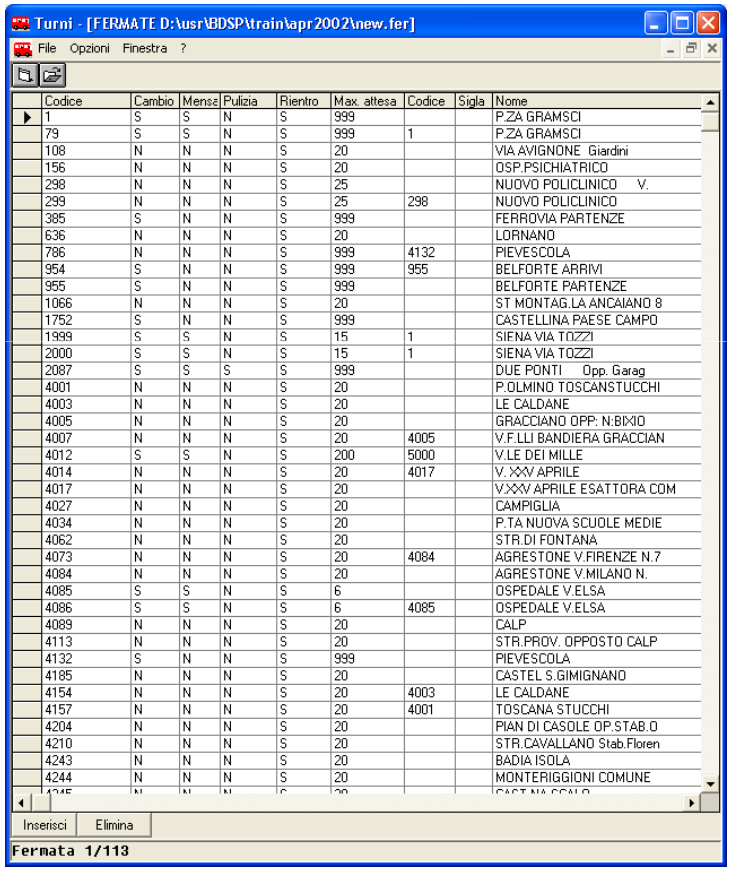


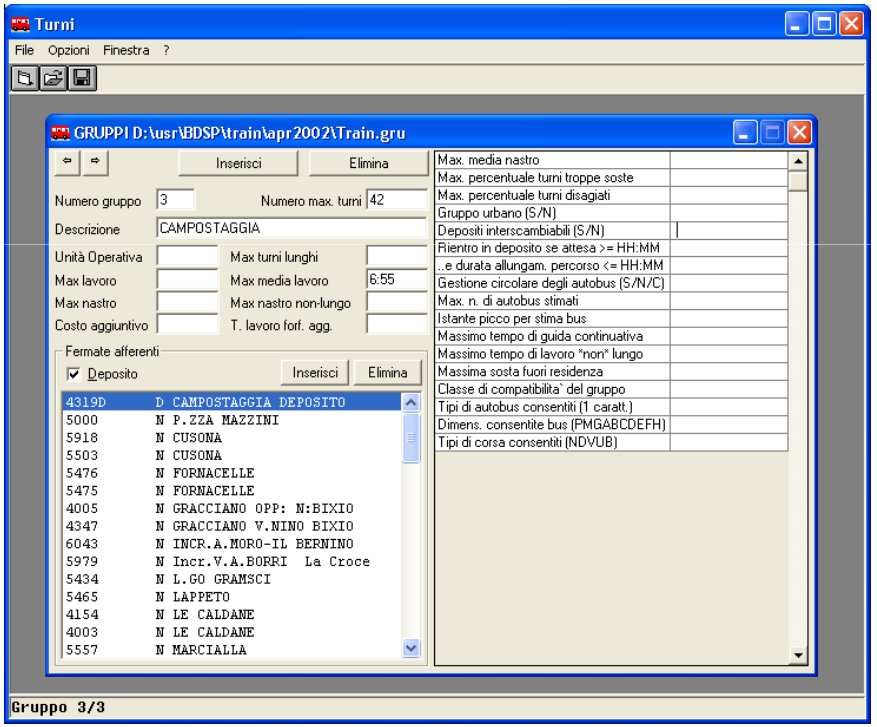
Soluzione complessiva ottimale

- Una **soluzione complessiva ottimale** definisce la migliore combinazione di turni, scelti tra tutti i turni ammissibili generati dal programma, che copre al meglio tutte le corse obbligatorie ed eventualmente altre corse facoltative, tenendo conto dei vincoli e delle regole definite

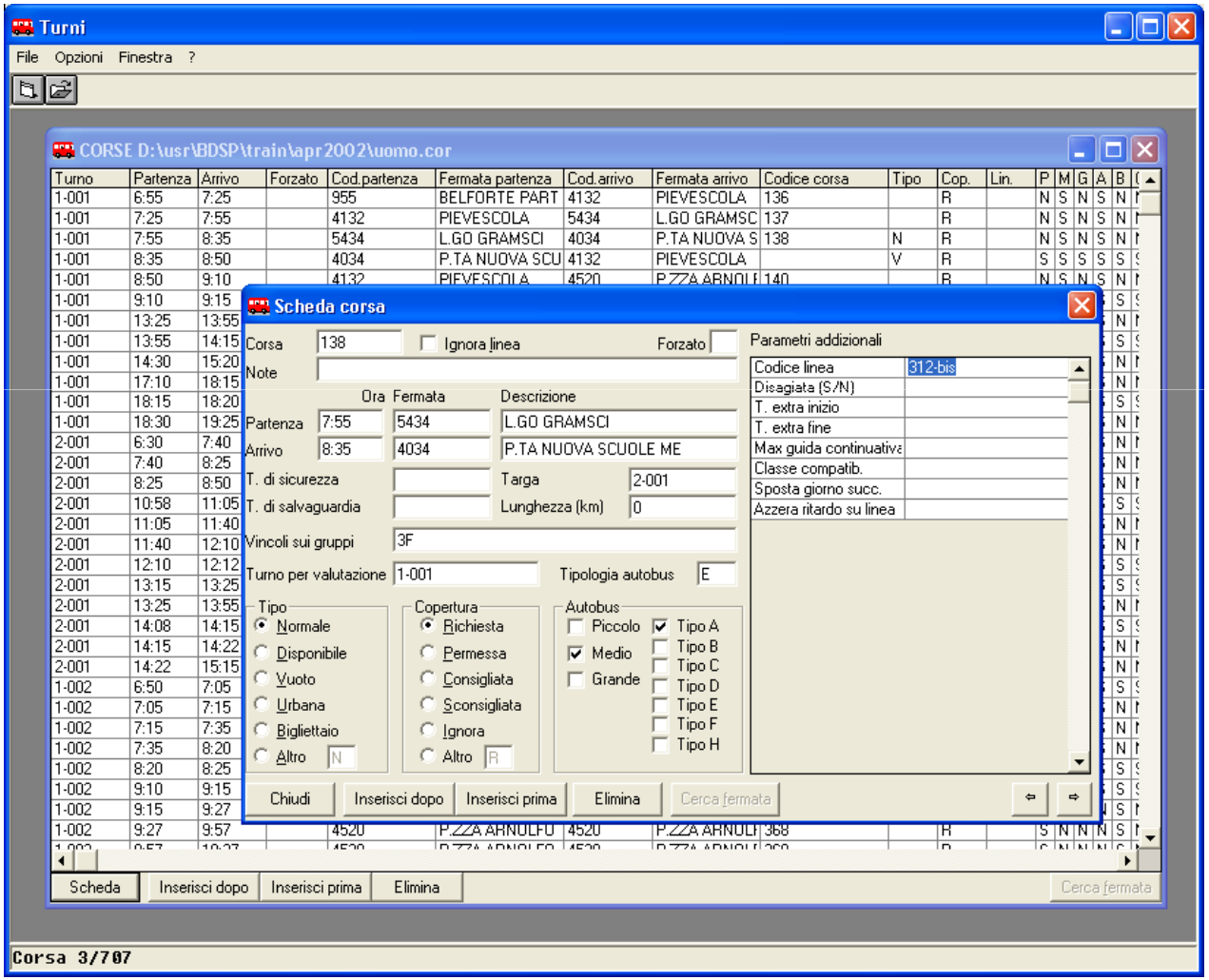


Input: fermate, depositi



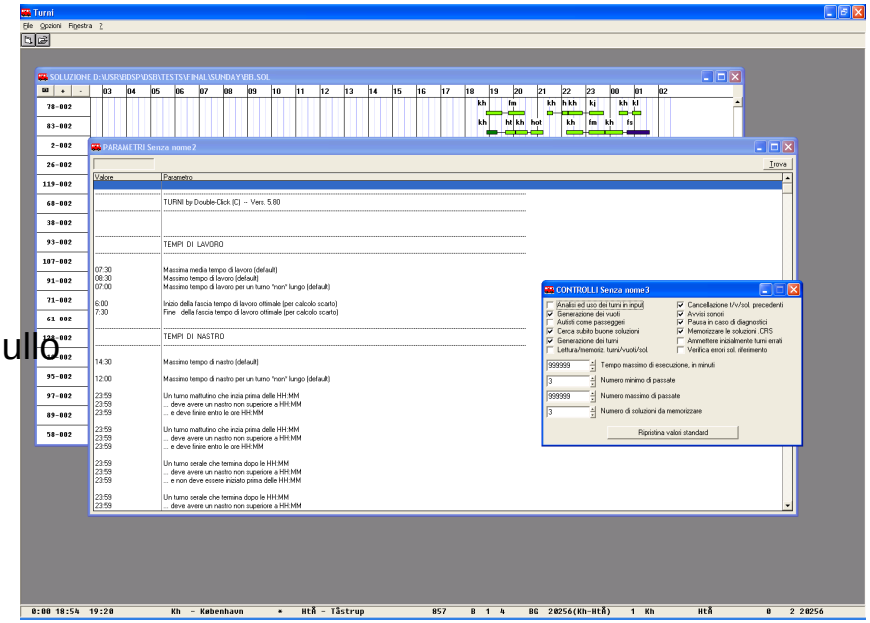


Input: corse

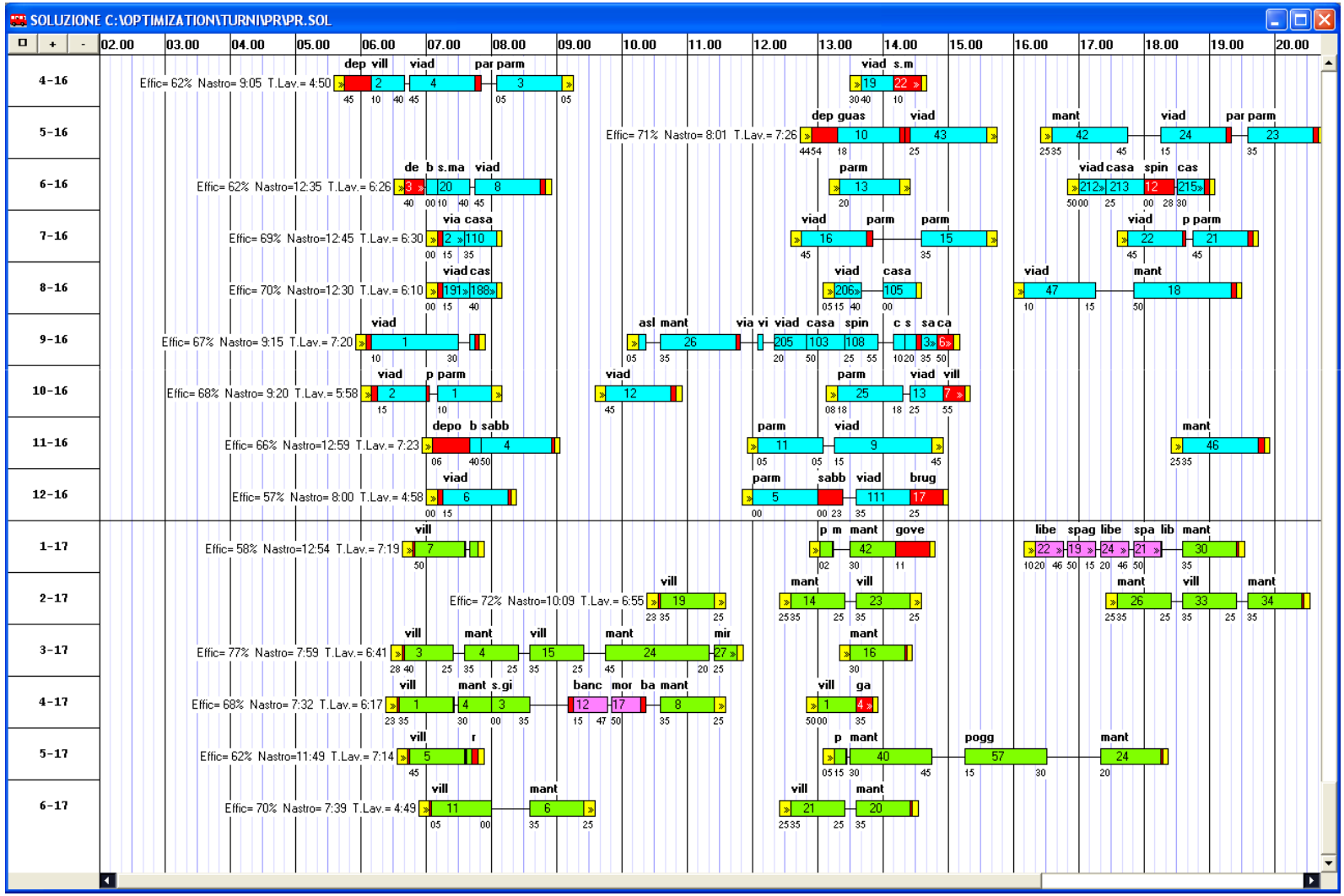

Turni
File Opzioni Finestra ?
CORSE D:\usr\BDSP\train\apr2002\uomo.cor
Turno Partenza Arrivo Forzato Cod.partenza Fermata partenza Cod.arrivo Fermata arrivo Codice corsa Tipo Cop. Lin. P M G A B
1-001 6:55 7:25 955 BELFORTE PART 4132 PIEVESCOLA 136 R N S N S N
1-001 7:25 7:55 4132 PIEVESCOLA 5434 L.GO GRAMSC 137 R N S N S N
1-001 7:55 8:35 5434 L.GO GRAMSCI 4034 P.TA NUOVA S 138 N R N S N S N
1-001 8:35 8:50 4034 P.TA NUOVA SCU 4132 PIEVESCOLA V R S S S S S
1-001 8:50 9:10 4132 PIEVESCOLA 4520 P.ZZA ARNOLF 140 R N S N S N
1-001 9:10 9:15
1-001 13:25 13:55
1-001 13:55 14:15
1-001 14:30 15:20
1-001 17:10 18:15
1-001 18:15 18:20
1-001 18:30 19:25
2-001 6:30 7:40
2-001 7:40 8:25
2-001 8:25 8:50
2-001 10:58 11:05
2-001 11:05 11:40
2-001 11:40 12:10
2-001 12:10 12:12
2-001 13:15 13:25
2-001 13:25 13:55
2-001 14:08 14:15
2-001 14:15 14:22
2-001 14:22 15:15
1-002 6:50 7:05
1-002 7:05 7:15
1-002 7:15 7:35
1-002 7:35 8:20
1-002 8:20 8:25
1-002 9:10 9:15
1-002 9:15 9:27
1-002 9:27 9:57 4520 P.ZZA ARNOLFO 4520 P.ZZA ARNOLF 368 R S N N N S
Scheda corsa
Corsa 138 Ignora linea Forzato
Note
Ora Fermata Descrizione
Partenza 7:55 5434 L.GO GRAMSCI
Arrivo 8:35 4034 P.TA NUOVA SCUOLE ME
T. di sicurezza Targa 2-001
T. di salvaguardia Lunghezza (km) 0
Vincoli sui gruppi 3F
Turno per valutazione 1-001 Tipologia autobus E
Tipo
Normale
Disponibile
Vuoto
Urbana
Bigliettaio
Altro N
Copertura
Richiesta
Permessa
Consigliata
Sconsigliata
Ignora
Altro R
Autobus
Piccolo
Medio
Grande
Tipo A
Tipo B
Tipo C
Tipo D
Tipo E
Tipo F
Tipo H
Parametri addizionali
Codice linea 312-bis
Disagiata (S/N)
T. extra inizio
T. extra fine
Max guida continuativa
Classe compatib.
Sposta giorno succ.
Azzera ritardo su linea
Chiudi Inserisci dopo Inserisci prima Elimina Cerca fermata
Scheda Inserisci dopo Inserisci prima Elimina Cerca fermata
Corsa 3/707

Input: parametri

- Massima media tempo di lavoro
- Massimo tempo di lavoro
- Massimo tempo di lavoro per un turno “non” lungo
- Massimo tempo di nastro
- Massimo tempo di nastro per un turno “non” lungo
- Numero massimo di turni
- Massima sosta in residenza
- Percentuale riconosciuta per soste in residenza
- Tempo di PRE standard
- Tempo di POST standard
- Tempo extra di PRE ad inizio turno
- Tempo extra di POST a fine turno
- Tempo di lavoro extra su base forfettaria
- Tempo lavoro extra per allacciamenti cuscinetto nullo
- Fattore di amplificazione per diaria ridotta Art. 21°
- …



Output: soluzione grafica



Output: soluzione testuale

```
-->  TURNO N.         1 COSTO:        50670.00 --> NOME Turno     1-02 GRUPPO N.     2  "Dep. Mantova Extra  "

 T-ATT ORA-P  ORA-A TIPO-C PAS |-- LOC.  DI PARTENZA --|  |--- LOC.  DI ARRIVO ---|  |-TUR-| |-LINEA -|  BUS COD. CORSA T.EXTR   COD.PARTE. COD.ARRIVO TS-P TS-D |-TARGA--|
       5:34   5:44 #PRE                                                                                                  PIOPP-U    PIOPP-U
  0:00  5:44   5:50 VUOTO+   V Deposito Pioppone uscita   MANTOVA - Autostaz,, Cors                      G                 0   PIOPP-U    000U003       0    0
  0:00  5:50   7:45            MANTOVA - Autostaz,, Cors  BRESCIA - Autostazione     340     2          EG  6             0   000U003    0180020       0    0 340
* 0:35  8:20  10:10            BRESCIA - Autostazione     MANTOVA - Autostaz,, Cors  340     2          EG* 23            0   0180020    000U003       0    0 340
  0:09 10:19  10:20 VUOTO+   V MANTOVA - Autostaz,, Cors  LIBERTA' 3 - C.so Liberta                      G                 0   000U003    000U476       0    0
  0:00 10:20  10:46 URBANA     LIBERTA' 3 - C.so Liberta  SPAGNOLA - P.za Corte Spa  269     930        UG  8             0   000U476    000S778       0    0 269
  0:04 10:50  11:15 URBANA     SPAGNOLA - P.za Corte Spa  LIBERTA' 3 - C.so Liberta  269     930        UG  7             0   000S778    000U476       0    0 269
  0:05 11:20  11:46 URBANA     LIBERTA' 3 - C.so Liberta  SPAGNOLA - P.za Corte Spa  269     930        UG  10            0   000U476    000S778       0    0 269
  0:04 11:50  12:15 URBANA     SPAGNOLA - P.za Corte Spa  LIBERTA' 3 - C.so Liberta  269     930        UG* 9             0   000S778    000U476       0    0 269
  0:00 12:15  12:16 VUOTO+   V LIBERTA' 3 - C.so Liberta  MANTOVA - Autostaz., Cors                      G                 0   000U476    000U012       0    0
       12:16  12:21 #POST                                                                                                  000U012    000U012
 ==========================================================================================================================================================================
       13:15  13:25 #PRE                                                                                                  000U012    000U012
* 0:54 13:25  13:55            MANTOVA - Autostaz., Cors  CASATICO - P.le Scuole     346     58         EG  14            0   000U012    0723016       0    0 346
  0:00 13:55  14:23 VUOTO    V CASATICO - P.le Scuole     Deposito Pioppone ingress  346     58          G  27            0   0723016    PIOPP-I       0    0
       14:23  14:28 #POST                                                                                                  PIOPP-U    PIOPP-U

   PRANZO A "MANTOVA - Autostaz., Corsia 12": DISPONIBILI    54 >=    45 MINUTI DALLE 12:21 ALLE 13:15 ENTRO LA FASCIA DI APERTURA 11:30 - 14:30 --> PRANZO IN RESIDENZA
     CENA A "Deposito Pioppone uscita      ": DISPONIBILI   180 >=    45 MINUTI DALLE 14:28 ALLE 23:59 ENTRO LA FASCIA DI APERTURA 19:00 - 22:00 --> CENA   IN RESIDENZA
   NASTRO= 8:54 TLAV= 8:00 EFFIC= 74% KM=   32.9 PULIZ=S B-PAS= 0 M-VUO=  36 TCON= 4:01 C-BUS=   2 A.21B= 0 DIARIA=  9% BUS=1 TL-ACC= 0:00                      "  1-02


 --> TURNO N.         2 COSTO:        51700.00 --> NOME Turno     2-02 GRUPPO N.     2  "Dep. Mantova Extra  "

 T-ATT ORA-P  ORA-A TIPO-C PAS |-- LOC.  DI PARTENZA --|  |--- LOC.  DI ARRIVO ---|  |-TUR-| |-LINEA -|  BUS COD. CORSA T.EXTR   COD.PARTE. COD.ARRIVO TS-P TS-D |-TARGA--|
       6:09   6:19 #PRE                                                                                                  PIOPP-U    PIOPP-U
  0:00  6:19   6:25 VUOTO+   V Deposito Pioppone uscita   MANTOVA - Autostaz., Cors                      G                 0   PIOPP-U    000U006       0    0
  0:00  6:25   7:55            MANTOVA - Autostaz., Cors  VIADANA - Autostazione     341     16         EG  8             0   000U006    0660020       0    0 341
~ 0:10  8:05   8:10            VIADANA - Autostazione     VIADANA - Via Vanoni, Lic  221     17         EG  56            0   0660020    0660042       0    0 221
       8:10   8:15 #POST                                                                                                  0660042    0660042
 ----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
       12:55  13:05 #PRE                                                                                                  0660042    0660042
* 4:40 13:05  13:22            VIADANA - Via Vanoni, Lic  CICOGNARA - P.za Don Mazz  215     17         EG  27            0   0660042    0660038       0    0 215
  0:00 13:22  13:38 VUOTO+   V CICOGNARA - P.za Don Mazz  VIADANA - Autostazione                        G                 0   0660038    0660020       0    0
  0:02 13:40  14:25            VIADANA - Autostazione     S.MATTEO D/CHIAVICHE - Vi  223     16         EG  11            0   0660020    0640046       0    0 223
  0:05 14:30  14:40            S.MATTEO D/CHIAVICHE - Vi  BOCCA CHIAVICA - Via Bogi  223     710        EG  1             0   0640046    0640021       0    0 223
  0:00 14:40  15:00 VUOTO    V BOCCA CHIAVICA - Via Bogi  Deposito Pioppone ingress  223     710         G  4             0   0640021    PIOPP-I       0    0
       15:00  15:05 #POST                                                                                                  PIOPP-U    PIOPP-U

   PRANZO A "VIADANA - Via Vanoni, Liceo Sc": DISPONIBILI    85 >=    45 MINUTI DALLE  8:15 ALLE 12:55 ENTRO LA FASCIA DI APERTURA 11:30 - 14:30
     CENA A "Deposito Pioppone uscita      ": DISPONIBILI   180 >=    45 MINUTI DALLE 15:05 ALLE 23:59 ENTRO LA FASCIA DI APERTURA 19:00 - 22:00 --> CENA   IN RESIDENZA
   NASTRO= 8:56 TLAV= 4:50 EFFIC= 57% KM=   36.5 PULIZ=S B-PAS= 1 M-VUO=  42 TCON= 2:10 C-BUS=   0 A.21B= 1 DIARIA=  9% BUS=1 TL-ACC= 0:00  TEXTRA= 0:10 ##      "   2-02
```

Clienti italiani

- Aziende di Trasporto italiane (gomma e/o rotaia)

  - ARFEA di Alessandria
  - Provincia di Venezia (Settore Mobilità e Trasporti)
  - APAM di Mantova
  - TRENTINO TRASPORTI (ex ATESINA) di Trento (extraurbano, urbano e ferroviario)
  - ATVO di San Donà di Piave (VE)
  - SAF di Udine
  - Gruppo SAB (SAB di Bergamo, SIA e SAIA di Brescia, SAL di Lecco)
  - ATAP di Biella
  - APT di Gorizia
  - TRA.IN di Siena
  - DolomitiBus di Belluno
  - LaMarca di Treviso
  - SADEM di Torino
  - SAPAV di Pinerolo (TO)
  - ATAM di Reggio Calabria
  - Autostradale di Milano
  - STIE di S. Vittore Olona (MI)
  - STAR di Lodi
  - ATP di Carasco (GE)

Clienti esteri e riconoscimenti

- Il programma è inoltre utilizzato come strumento sia operativo che di analisi da:
  - Ferrovie Olandesi (Department of Logistics, NS Reizigers)
  - Ferrovie Danesi (DSB e DSB S-TOG, Copenaghen)
- Nel 2008 l'applicazione del software TURNI al caso delle Ferrovie Olandesi ha vinto il prestigioso premio internazionale "Franz Edelman Award" (il maggior riconoscimento internazionale per l'applicazione della Ricerca Operativa a problematiche aziendali)

Metodo di risoluzione automatica

- Ad ogni singolo turno viene associato un costo operativo
- Ad ogni soluzione complessiva viene associato un costo globale (somma costi dei turni + penalità)

SCHEMA DI RISOLUZIONE

- generare tutti i turni ammissibili (quanti sono?)
- scegliere fra i turni generati quelli che definiscono una soluzione complessiva di costo minimo (come fare la scelta?)

Purtroppo questo schema nella sua formulazione “teorica” non può essere applicato in pratica

Approccio basato sulla Ricerca Operativa

- Costruzione di un modello matematico che descriva in modo efficace il problema e permetta di limitare le scelte possibili

```
MINIMIZE
 +1448. X7 +1312. X17 +1319.5 X19 +1404.5 X20 +1363. X38
 +1289. X39 +1379. X84 +1491. X87 +1464. X88 +1402. X89
 +1375. X90 +1363. X92 +1360. X93 +1466. X94 +1282. X98
 +1308. X101 +1440. X102 +1465. X111 +1263. X115 +1450. X119
 +1462.8 X236 +1346. X238 +1506.3 X239 +1291. X241 +1317.
 X254 +1479. X267 +1276. X291 +1263. X296 +1303. X329 +1263.
 X337 +1275. X338 +1323. X339 +1319. X340 +1298. X341
SUBJECT TO
 R1: X339 +X340 +X3626 +X3627 +X3709 +X5768 +X5769 +X5770
 +X5780 +X5781 +X5783 +X5784 +X5785 +X5795 +X5796 +X5797
 +X9328 +X9329 +X9330 +X9331 +X9332 +X9333 +X9334 +X9335
 +X9336 +X9337 +X9492 +X9493
 >= 1
 R4: X339 +X3463 +X3627 +X3709 +X4195 +X4841 +X4849 +X5627
 +X5630 +X5635 +X5637 +X5640 +X5641 +X5643 +X5644 +X5648
 +X8802 +X8883 +X9176 +X9327 +X9328 +X9329 +X9331 +X9333
 +X9334 +X9335 +X9336 +X9337 +X9354 +X9585 +X9586 +X9587
 >= 1
```

Risoluzione **automatica** del MODELLO
mediante tecniche avanzate di **Ricerca Operativa**