

Università degli Studi di Napoli Federico II



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
-Ingegneria-
Corso di Laurea Triennale in
Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio
(Classe delle Lauree in Ingegneria Civile ed Ambientale 38/S)
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale
Tesi di Laurea Triennale in
Tecnica ed Economia dei Trasporti (ICAR/05)

ABSTRACT

NUOVE TECNOLOGIE DI SEGNALAMENTO: ROBUSTEZZA DEL PROGRAMMA DI ESERCIZIO

Relatore:

Prof. Ing. Vincenzo Torrieri

Correlatori:

Ing. Gregorio Corapi

Ing. Deborah Sanzari

Candidata:

Antonella Napolitano

49/000054

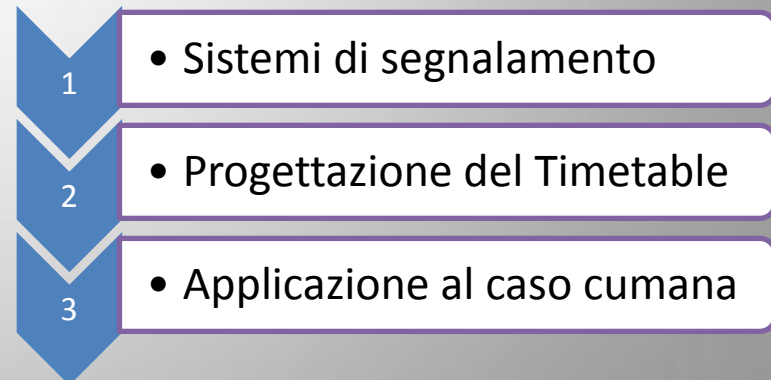
Anno Accademico 2012-2013

Nuove tecnologie di segnalamento: Robustezza del programma di esercizio

Scopo della tesi

Lo scopo di questo elaborato di tesi è quello di valutare la robustezza di un orario ferroviario (o timetable) avvalendosi dello strumento di simulazione OpenTrack, tenendo conto di eventuali ritardi che potrebbero essere provocati dai numerosi eventi di natura stocastica che influenzano il trasporto ferroviario.

***Punti principali
dell'elaborato:***



Introduzione





Sistemi di Segnalamento:

Gli impianti di segnalamento costituiscono quell'insieme di dispositivi che sono preposti allo scambio di informazioni tra gli impianti fissi e il veicolo in movimento al fine di garantire la marcia in sicurezza. La necessità dell'utilizzo di un sistema di segnalamento discende dall'impossibilità da parte del conducente di condurre una marcia a vista.

Affinchè la marcia avvenga in sicurezza è necessario distanziare i convogli con degli intervalli di spazio denominati "sezioni di blocco"

Il distanziamento spaziale tra convogli successivi può avvenire tramite due sistemi di circolazione :



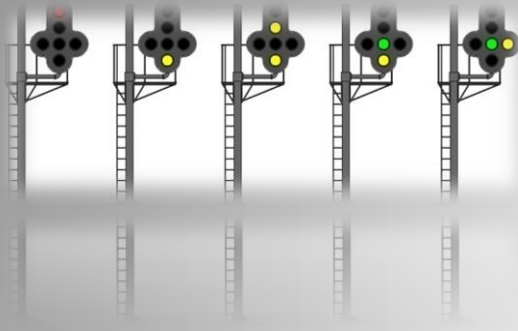
Blocco Fisso:

Prevede un distanziamento tramite una sezione di blocco fissa



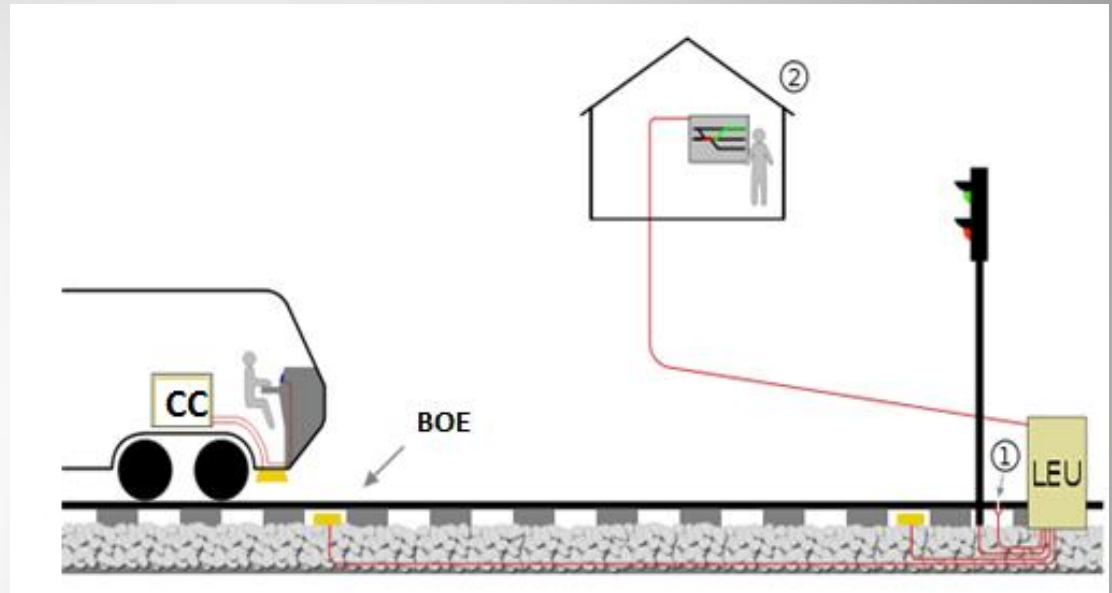
Blocco mobile:

Prevede un distanziamento variabile con le condizioni di circolazione



Sistemi di Segnalamento

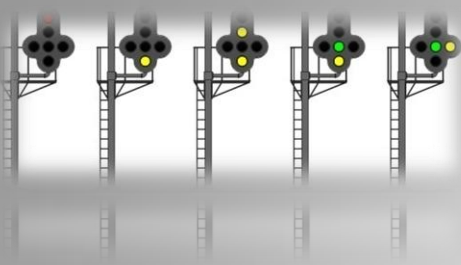
Blocco Fisso:



Lunghezza minima sezione di blocco:

Distanza frenatura + Lunghezza convoglio + Margine di sicurezza

Segnalamento ferroviario



Segnali di prima categoria o di protezione

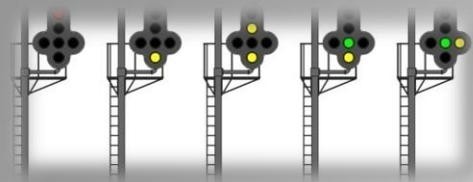
Sono posti all'estremità di ciascuna sezione di blocco e possono assumere due aspetti:

-  (verde) – segnale di via libera (la sezione successiva è libera)
-  (rosso) – segnale di arresto (la sezione successiva è occupata)

Segnali di avviso

Sono posti prima del segnale di prima categoria, possono assumere due aspetti:

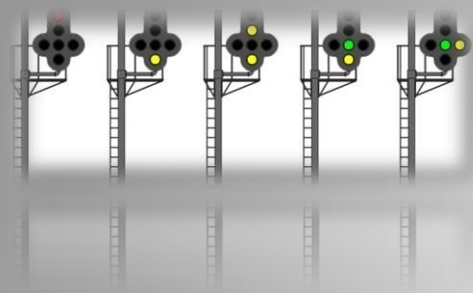
-  (verde) – il successivo segnale di prima categoria è verde
-  (giallo) – il successivo segnale di prima categoria è rosso



Sistemi di segnalamento

- Sezione di blocco fissa delimitata da due segnali di protezione.



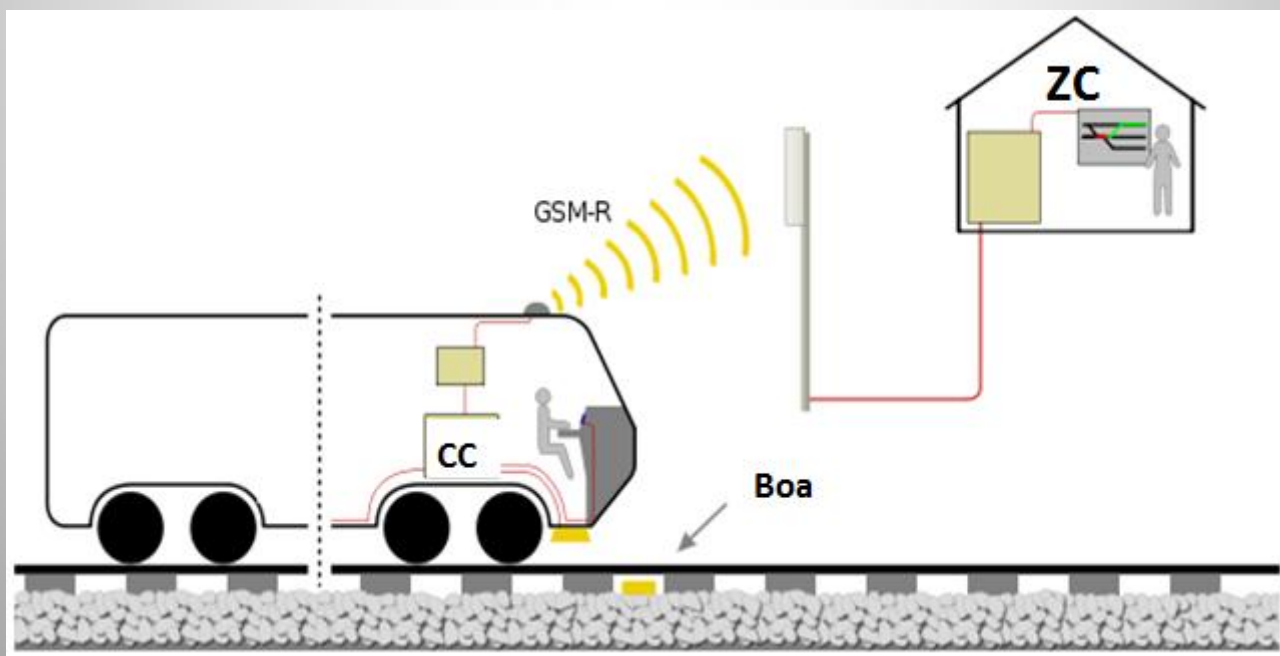


Sistemi di Segnalamento

Blocco Mobile :

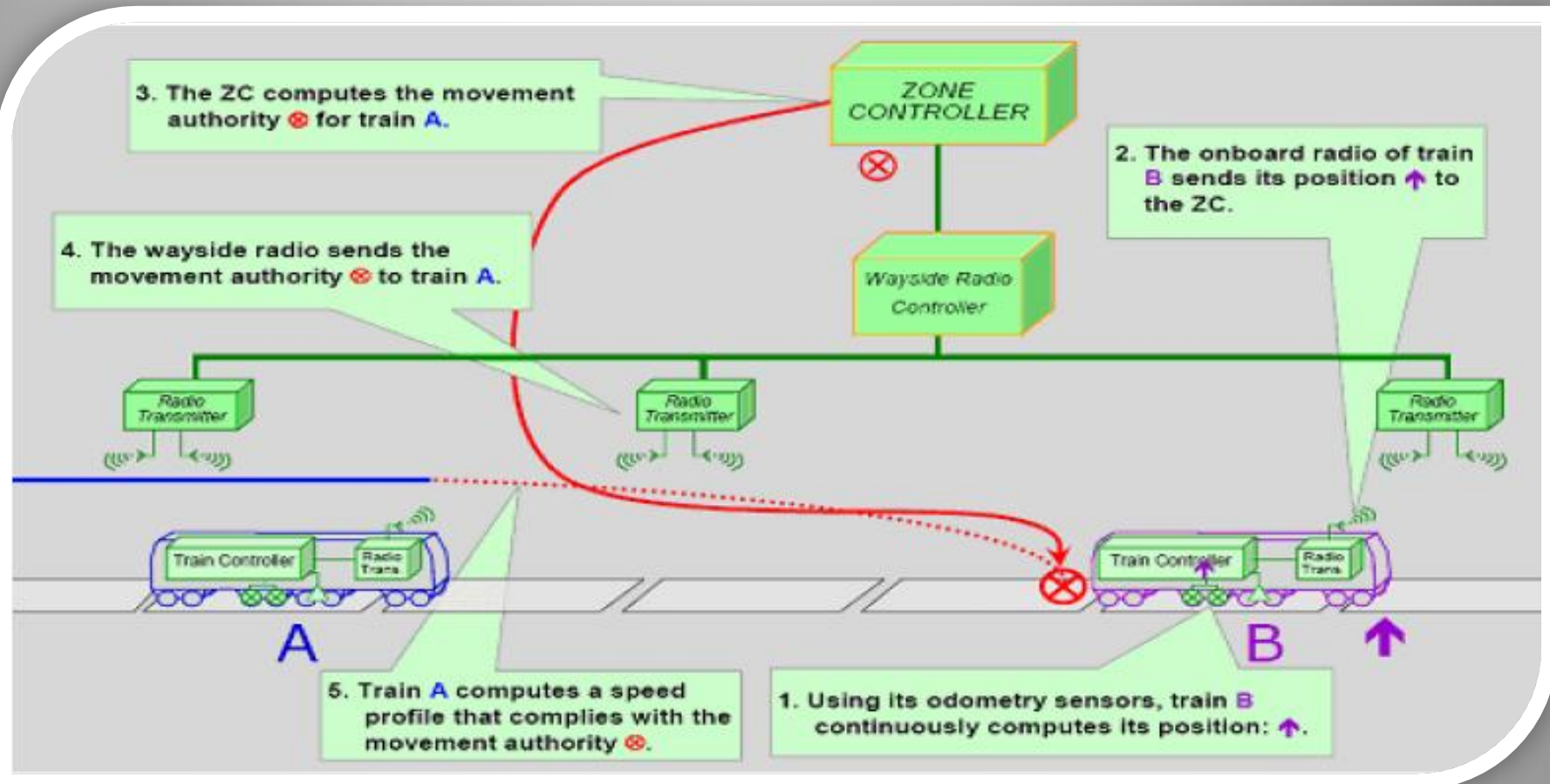
Comunicazione continua tra ZC e treno tramite onde radio.

L'unità di controllo elabora il distanziamento in sicurezza tra un treno leader e un follower.



Sistemi di Segnalamento

Una delle tecnologie che basano il proprio sistema di comunicazione sulla trasmissione radio e utilizza un sistema di circolazione a blocco mobile è il **CBTC (Communication Based Train Control)**



Progettazione timetable



Se si utilizza un sistema di circolazione a blocco mobile ovviamente si sfrutta maggiormente l'infrastruttura perché massimizzo la **Capacità**.

Attualmente i sistemi a blocco mobile prevedono un sistema di antenne appartenenti al gestore dell'infrastruttura e, pertanto, comportano costi elevati di gestione.

Negli ultimi anni il settore della ricerca mira a trovare soluzioni alternative di comunicazione che sfruttino una rete non più privata ma pubblica. Utilizzare la rete pubblica comporta da un lato la riduzione dei costi di esercizio, superando quindi i problemi di fattibilità economica, ma dall'altro origina problemi di robustezza del Timetable. Pertanto, è necessario valutare la robustezza di quest'ultimo verificando la componente organizzativa attraverso una ri-progettazione del Timetable ed una valutazione dell'affidabilità del sistema di trasporto.

Capacità: *Numero massimo di convogli che nell'unità di tempo possono transitare nella sezione di blocco.*

Progettazione Timetable



La **robustezza** di un orario di servizio è la sua capacità di resistere a variazioni dettate da eventi di natura stocastica.
(tempi di percorrenza o di sosta)



EVITO L'EFFETTO KNOCK-ON

Progettazione Timetable



Per avere un Timetable robusto si aggiungono ai tempi di percorrenza minimi dei tempi aggiuntivi denominati ***Reserve time*** tali che mi consentano di 'assorbire' eventuali ritardi minimi dovuti a particolari condizioni di esercizio.



Progettazione Timetable

L'orario ferroviario può essere:

Cadenzato:

Le partenze dei treni dalla stessa stazione avvengono a minuti fissi ogni ora

Ciclico:

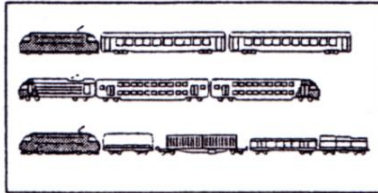
L'offerta di orario si ripete ad intervalli temporali prestabiliti



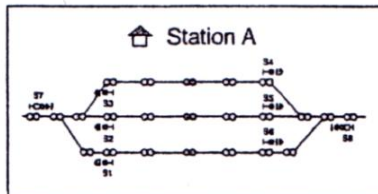
Si rende quindi l'orario più semplice da memorizzare e disponibile ad eventuali coincidenze con altri servizi di trasporto.

Progetto e verifica orari ferroviari con OpenTrack

Input



Materiale rotabile

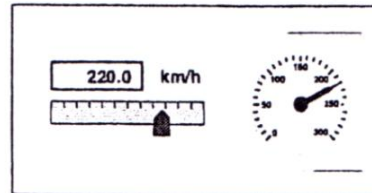


Infrastruttura

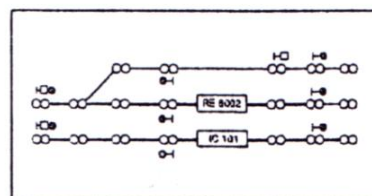
Course ID	Station	Arrival	Departure	Wait
IC 5000	IGI	HH:MM:SS	06:20:00	0
IC 5000	YPS	06:24:00	06:25:00	60
IC 5000	OBE	HH:MM:SS	06:31:00	30
IC 5000	AAT	HH:MM:SS	06:38:00	60
IC 5000	GRS	HH:MM:SS	HH:MM:SS	0
IC 5000	PEW	HH:MM:SS	HH:MM:SS	0
IC 5000	WED	06:55:00	HH:MM:SS	60

Orario

Simulazione

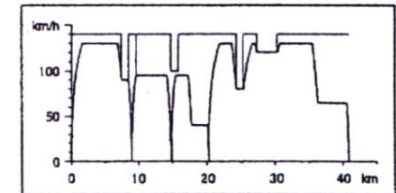


Interattività

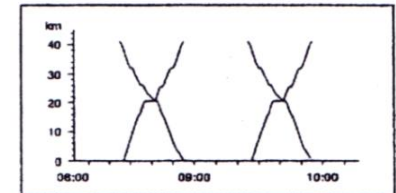


Animazione

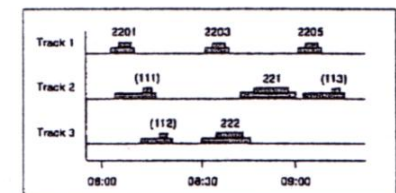
Output



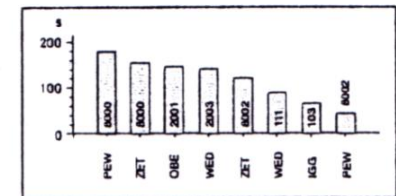
Diagrammi e grafici



Orario grafico



Occupazione



Statistiche

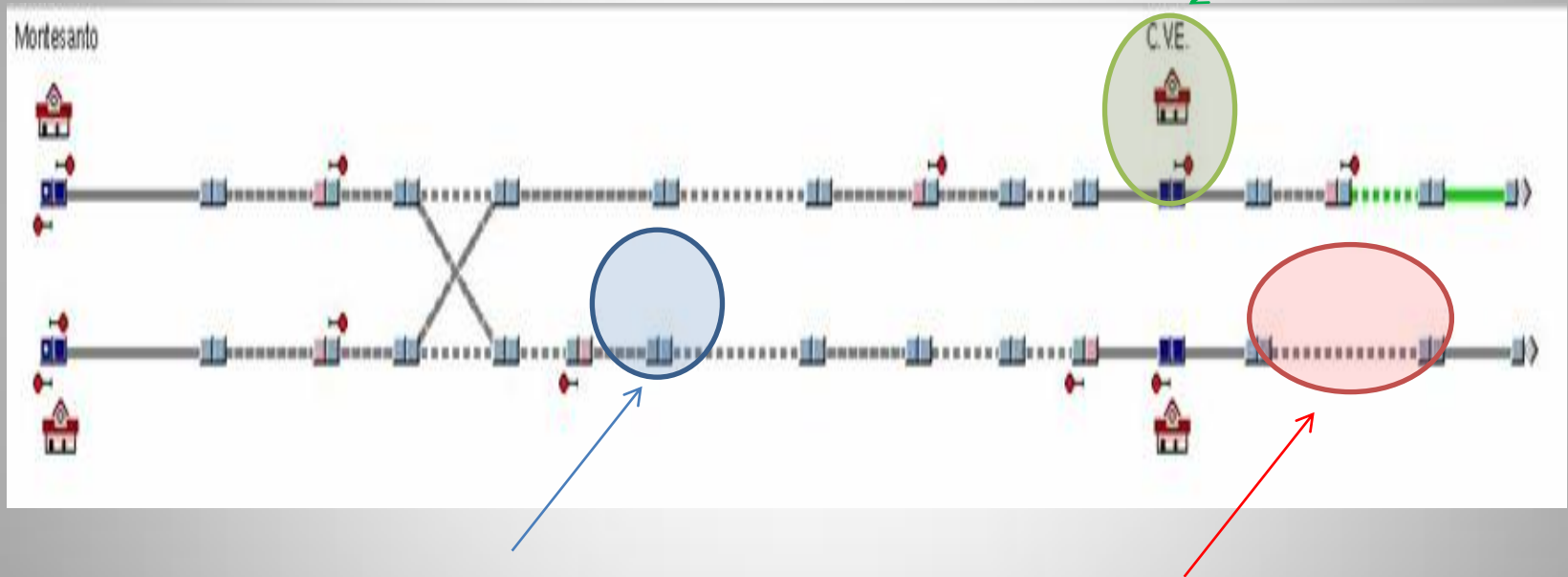
Il caso Cumana



***La linea unisce il centro di Napoli
con Bacoli, in tutti abbiamo 16 tratte e 17 stazioni.***

Rete in OpenTrack

Schematizzazione microscopica della rete attraverso archi e nodi **Stazione**



Nodo

Arco

Verifica di capacità della linea e definizione del minimo Headway

Nell'ipotesi di:

- Linea tutta a doppio binario**
- Posizione dei segnali attuali ma con presenza di boe in linea**
- Vmax = 80 km/h**



Frequenza massima 20 treni/h ovvero $H = 3$ min

Sezione/tratta critica: Dazio - Gerolomini

Tempi di percorrenza minimi delle varie tratte

Tratta Montesanto-Torregaveta		Tratta Torregaveta-Montesanto	
	Tp (s)		Tp (s)
Montesanto	-	Torregaveta	-
C.V.E.	136	Fusaro	116
Fuorigrotta	124	Baia	74
Mostra	77	Lucrino	115
Edenlandia	83	Arco Felice	98
Agnano	74	Cantieri	81
Bagnoli	78	Pozzuoli	95
Dazio	65	Cappucini	76
Gerolomini	143	Gerolomini	75
Cappucini	75	Dazio	143
Pozzuoli	81	Bagnoli	66
Cantieri	95	Agnano	78
Arco Felice	81	Edenlandia	55
Lucrino	111	Mostra	82
Baia	114	Fuorigrotta	77
Fusaro	78	C.V.E.	136
Torregaveta	72	Montesanto	136

Analisi della robustezza del Timetable

Si è considerata una distribuzione dei ritardi di tipo gaussiano e sono stati estratti 500 valori



Sono state effettuate le simulazioni aggiungendo al tempo di percorrenza minimo il ritardo casuale **nella tratta critica**



Si è valutato il ritardo massimo possibile e la probabilità di congestione della linea

Analisi della stabilità del Timetable

Frequenza 20 treni/h -> probabilità di congestione = 13 % e quindi livello di affidabilità 87%



Tale valore risulta essere inferiore al 95% che rappresenta il livello di affidabilità richiesto dalle aziende di trasporto

Analisi della robustezza del Timetable

Frequenza 15 treni/h -> probabilità di congestione = 5% e quindi livello di affidabilità = 95%

Frequenza 12 treni/h -> probabilità di congestione = 3% e quindi livello di affidabilità = 97%

Analisi della robustezza del Timetable

- Sintesi dell'analisi del ritardo massimo prima della congestione e robustezza, effettuate rispettivamente per cadenzamento 3 minuti , 4 minuti e 5 minuti

Cadenzamento	Ritardo massimo prima della congestione	Robustezza(%)
3 minuti	90	87
4 minuti	150	95
5 minuti	264	97

Analisi delle robustezza del Timetable

A partire dai risultati riassunti nella tabella precedente si osserva che:

- 1) Il cadenzamento a 3 minuti fornisce una robustezza non in linea con gli standard qualitativi richiesti dalle aziende di trasporto.
- 2) Il cadenzamento a 4 minuti fornisce una robustezza accettabile ma non adatta ai fini applicativi di studio.
- 3) Il cadenzamento a 5 minuti fornisce una robustezza più che accettabile e sicuramente adatta ai fini applicativi di studio.



A partire da questi risultati, diminuendo la robustezza dal 97% al 95%, posso ricavare un intervallo di tempo (**extra time**) .

Analisi della robustezza del timetable in funzione dell'aumento del tempo di percorrenza.

- Dati i tempi di percorrenza minimi **di ogni tratta:**
- Si aggiunge ad essi un **extra time**
- Si considera una nuova distribuzione dei ritardi
- Si simula in OpenTrack (analogamente al caso precedente)
- Si valuta la nuova robustezza del sistema

Analisi della robustezza in funzione dell'aumento del tempo di percorrenza con cadenzamento 5 minuti

CADENZAMENTO 5 MINUTI		
Incremento tempo (s)	Ritardo massimo prima della congestione	Robustezza
0	264	97,0%
5	260	96,8%
10	255	96,6%
15	251	96,5%
20	247	96,2%
25	241	96,1%
30	235	96,0%
35	229	95,6%
40	226	95,2%

Conclusioni

Il valore limite di **extra time** ricavato attraverso la procedura discussa può essere utilizzato per:

1. Assorbire ritardi minimi durante le operazioni di marcia del treno
2. Aumentare le condizioni di sicurezza (modifica del profilo di marcia del treno) nel caso di interruzione di comunicazione tra ZC e convoglio
3. Realizzare strategie di energy saving e/o energy recovery