

# **Gestione personale ATC**

**25 giugno 2023**



# Indice

<b>Lista delle abbreviazioni</b>	<b>II</b>
<b>1 Analisi dei requisiti</b>	<b>1</b>
1.1 Intervista . . . . .	1
1.2 Rilevamento delle ambiguità e correzioni proposte . . . . .	2
1.3 Definizione delle specifiche in linguaggio naturale ed estrazione dei concetti principali . . . . .	5
1.3.1 Specifiche in linguaggio naturale . . . . .	5
1.3.2 Estrazione dei concetti principali . . . . .	6
<b>2 Progettazione Concettuale</b>	<b>7</b>
<b>3 Progettazione logica</b>	<b>9</b>
3.1 Stima del volume dei dati . . . . .	9
3.2 Descrizione delle operazioni principali e stima della loro frequenza . . . . .	9
3.3 Schemi di navigazione e tabelle degli accessi . . . . .	10
3.4 Raffinamento dello schema . . . . .	14
3.5 Analisi delle ridondanze . . . . .	15
3.6 Traduzione di entità e associazioni in relazioni . . . . .	15
3.7 Schema relazionale finale . . . . .	17
3.8 Traduzione delle operazioni in query SQL . . . . .	19
<b>4 Progettazione dell'applicazione</b>	<b>21</b>
4.1 Architettura . . . . .	21
4.2 Gestore Simulazione . . . . .	21
4.3 Manager . . . . .	22
4.4 TWR Control . . . . .	24
4.5 Supervisor tool . . . . .	25

## Abbreviazioni

ACC	Area Control Center
A/D	Aerodrome
AGL	Above Ground Level
AIP	Aeronautical Information Publication
AMSL	Above Mean Sea Level
APP	Approach
ATC	Air Traffic Control
ATCO	Air Traffic Control Officer
AWY	Airways
CTR	Control Area
DOF	Date of Flight
ETD	Estimated Time of Departure
ETA	Estimated Time of Arrival
FIR	Flight Information Region
FPL	Flight Plan
GND	Ground
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
IFR	Instrument Flight Rules
TWR	Tower
UTC	Coordinated Universal Time
VFR	Visual Flight Rules

# 1. Analisi dei requisiti

Si vuole realizzare un database atto al supporto e alla gestione del personale di controllo del traffico aereo.

## 1.1 Intervista

Un primo testo ottenuto dall'intervista è il seguente (Estrema semplificazione rispetto ad un caso reale):

Si richiede di creare uno strumento che permetta di allocare i turni di lavoro delle rispettive posizioni. La giornata è suddivisa in 3 turni da 8 ore (8:00, 16:00, 24:00), dopo ogni turno lavorativo un controllore deve avere almeno 3 turni di riposo prima di tornare al lavoro, per un massimo di 300 turni annuali. Esistono 3 tipi di posizioni, ognuna relativa ad un segmento della tratta di volo diverso.

- Aerodromo: I punti di partenza e di arrivo delle tratte, ogni aerodromo ha una o più piste.
- Avvicinamento: Sono posizioni il cui compito è di instradare il traffico negli ultimi e nei primi tratti di volo. Creando ove necessario sequenze<sup>1</sup> di traffico.
- En-Route: la cui attività è di risolvere conflitti tra le rotte degli aeromobili in fase di crociera, facendoli virare o aumentandone o abbassandone la quota di volo.

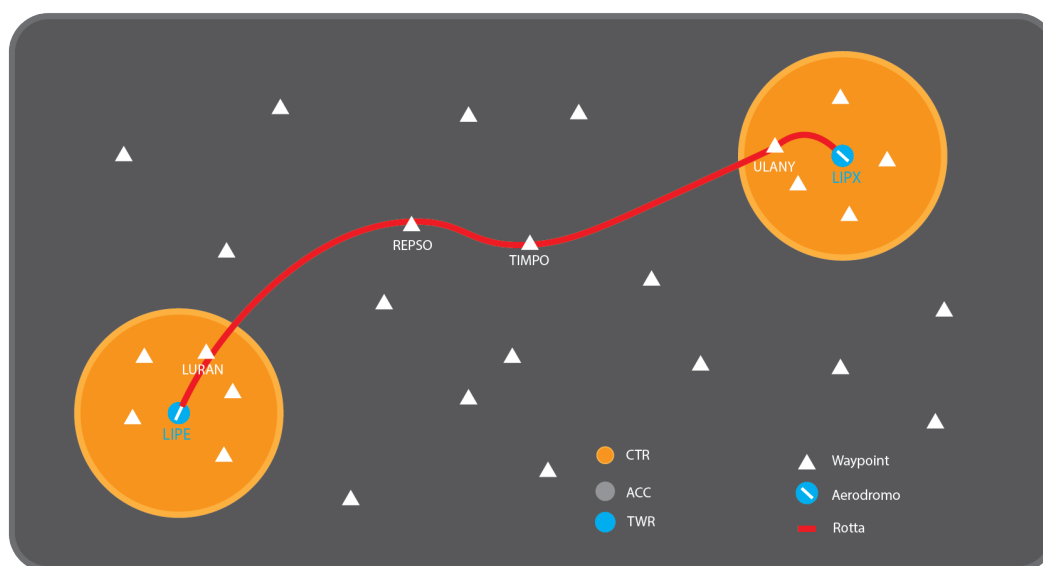


Figura 1.1: "Un esempio di una rotta e dei settori attraversati"

Ogni posizione è contenuta all'interno di un Centro, e ogni posizione contiene uno o più settori, un settore è uno spazio aereo contenente dei waypoint. Durante tutti i turni ogni

<sup>1</sup>Numero di aerei in "fila" a distanza prestabilita

settore deve essere coperto. Ogni posizione ha una capacità massima data dal fatto che un controllore è in grado di gestire uno spazio aereo limitato, quindi le posizioni che contengono più settori avranno una capacità inferiore rispetto a quelle che ne contengono di meno (i settori possono essere raggruppati o divisi al fine di spartire il carico di lavoro tra più posizioni). Ogni controllore è autorizzato a lavorare solamente in posizioni contenenti settori per i quali ha l'abilitazione, ogni abilitazione è relativa ad uno o più settori ed è individuale. Inoltre possono essere allocati turni al controllore solamente in posizioni appartenenti al centro in cui lavora. Esistono due tipi di turni, Il primo, di lavoro mentre il secondo di standby, quest'ultimo è necessario per garantire ridondanza, in caso di imprevisti (e.g. controllore malato, traffico eccessivo) per ogni 3 turni di lavoro è necessario un lavoratore che copre il turno in standby. Occorre tenere uno storico dei turni e dei relativi compensi per computare il RAL a fine anno. Ogni traffico aereo deve compilare un piano di volo almeno 3 ore prima della partenza (Anche se la maggior parte dei traffici è schedata con molti mesi di anticipo), ogni piano di volo contiene l'aeromobile che verrà utilizzato (identificato univocamente dal suo numero di coda, simile ad una targa, dove la prima lettera indica la nazionalità di immatricolazione, questo appartiene ad un modello o tipo identificato da massimo 4 caratteri alfanumerici), l'aerodromo di partenza, quello di arrivo e la lista di waypoint che attraverserà con i relativi orari stimati. Ogni aeroporto contiene delle piste il cui numero è dato dall'arrotondamento delle prime due cifre del loro orientamento magnetico (e.g. orientamento  $321^\circ$  la pista sarà 32, mentre dall'altro lato 14) con l'aggiunta di L(left), R(right), o C(center) per piste parallele. Ogni aeroporto contiene anche una o più settori di tipo torre, senza quindi waypoint. Ogni punto (i.e. waypoint) appartiene ad un settore di tipo avvicinamento o di rotta. Ogni controllore ha diritto a 30 giorni di ferie all'anno.

Il software deve permettere la gestione dei controllori di volo in termini amministrativi (aggiungere, licenziare, modificare), ma ancora più importante è il punto di vista logistico, ogni mese, per il successivo, verranno computati i turni, in modo da riempire tutti i settori facendo lavorare i controllori in maniera equa e selezionando le posizioni attive in modo che non venga mai superata l'occupazione limite delle posizioni (calcolando il traffico previsto sulla posizione al momento del turno).

Il secondo software dovrà permettere la gestione di una posizione di aerodromo dando la possibilità di segnare gli aerei in partenza e in arrivo come decollati o atterrati una volta che ciò avviene.

Il terzo software dovrà fornire al supervisore del centro un overview riguardo l'occupazione prevista a breve termine (poche ore successive), e dovrà permettergli di cambiare le posizioni aperte, modificando quindi anche i turni.

## 1.2 Rilevamento delle ambiguità e correzioni proposte

Dalla descrizione fornita emergono alcuni punti ambigui o che necessitano di ulteriori specifiche. Di seguito vengono elencati tali punti e vengono proposte delle correzioni o dei chiarimenti per migliorare la comprensione del sistema richiesto.

1. **Tipi di posizioni:** Si menzionano tre tipi di posizioni (aerodromo, avvicinamento, en-route), ma non viene specificato se un controllore può essere assegnato a una sola posizione o se può coprire più tipi di posizioni.

2. **Capacità massima delle posizioni:** Viene menzionato che ogni posizione ha una capacità massima determinata dalla capacità di gestione dello spazio aereo da parte di un controllore. Tuttavia, non viene specificato come venga calcolata questa capacità né come venga determinato il numero di settori che una posizione può contenere.
3. **Turni di lavoro e standby:** Viene menzionato che ci sono due tipi di turni, il primo di lavoro e il secondo di standby. Tuttavia, non viene specificato come vengono assegnati i turni di standby né quali siano le regole per la distribuzione tra i controllori. Inoltre, non viene chiarito se i turni di standby sono obbligatori per tutti i controllori o solo per alcuni.
4. **Gestione dei controllori di volo:** Viene menzionato che il software deve permettere la gestione amministrativa dei controllori di volo (aggiunta, licenziamento, modifica), ma non viene specificato quali siano le informazioni associate a un controllore e come vengano gestiti i dati personali.
5. **Gestione dei turni:** Viene menzionato che ogni mese vengono computati i turni per il mese successivo, ma non viene specificato come avviene questo calcolo e quali criteri vengono seguiti per assegnare i turni ai controllori. Inoltre, non viene chiarito se esistono vincoli specifici (ad esempio, giorni di riposo consecutivi) che devono essere rispettati durante la generazione dei turni.
6. **Software per la gestione di una posizione di aerodromo:** Viene menzionato che deve essere creato un software per la gestione di una posizione di aerodromo, ma non viene specificato quali siano le funzionalità richieste per questo software e quali dati devono essere monitorati.
7. **Overview dell'occupazione prevista:** Viene menzionato che il supervisore del centro deve avere un'overview riguardo all'occupazione prevista a breve termine e deve poter modificare le posizioni aperte e i turni. Tuttavia, non viene specificato come viene generata questa overview e quali informazioni specifiche deve fornire. Inoltre, non viene chiarito come vengano effettuate le modifiche ai turni e alle posizioni aperte.

Di seguito vengono fornite soluzioni e correzioni corrispondenti ai punti ambigui e alle specifiche mancanti emersi durante l'analisi dei requisiti.

1. **Tipi di posizioni:** È possibile consentire ai controllori di coprire più tipi di posizioni, consentendo loro di avere abilitazioni diverse per gestire le diverse posizioni. In questo modo, un controllore potrà essere assegnato a più posizioni di controllo, a seconda delle loro abilitazioni. Nonostante, generalmente, un centro possiede posizioni di un unico tipo.
2. **Capacità massima delle posizioni:** Per calcolare la capacità massima delle posizioni, potrebbe essere necessario stabilire un limite superiore di settori che un controllore può gestire efficacemente. In base a questa informazione, sarà possibile determinare la capacità massima di ciascuna posizione in termini di numero massimo di settori che può contenere. Sarà inoltre necessario valutare la complessità dei

settori e il carico di lavoro associato per una migliore stima della capacità. Questo studio è stato fatto da esperti e emerge che ad ogni posizione corrisponde una capacità di base = 100 la quale verrà divisa per

$$3^{num-settori-in-posizione}$$

3. **Turni di lavoro e standby:** È necessario definire le regole per l'assegnazione dei turni di standby ai controllori. Ad esempio, potrebbe essere definito un criterio rotativo in modo che ogni controllore abbia un turno di standby ogni tot turni di lavoro. Inoltre, sarà necessario specificare se i turni di standby sono obbligatori per tutti i controllori o solo per alcuni. Viene comunicato che i turni standby devono essere allocati come quelli standard, in base ai controllori che hanno lavorato meno.
4. **Gestione dei controllori di volo:** Il sistema deve fornire funzionalità di gestione amministrativa per i controllori di volo. Ciò potrebbe includere la possibilità di aggiungere, licenziare e modificare le informazioni dei controllori nel database. Dovrebbero essere registrati i dati personali dei controllori, le abilitazioni, i giorni di ferie e altre informazioni pertinenti per la gestione del personale.
5. **Gestione dei turni:** Il calcolo dei turni potrebbe essere basato su algoritmi di scheduling che prendono in considerazione le abilitazioni dei controllori, le capacità delle posizioni e i requisiti di riposo. Potrebbero essere definiti vincoli specifici da rispettare durante la generazione dei turni, ad esempio limiti massimi di turni di lavoro consecutivi o minimi giorni di riposo tra i turni. Sarà necessario definire tali regole e algoritmi per garantire una distribuzione equa dei turni e il rispetto delle normative di lavoro.
6. **Software per la gestione di una posizione di aerodromo:** Il software per la gestione di una posizione di aerodromo dovrebbe consentire di segnare gli aerei in partenza e in arrivo come decollati o atterrati, indicando l'orario in cui ciò avviene, tenendo traccia delle informazioni relative a ciascun volo. Potrebbe essere utile avere una funzionalità per monitorare lo stato dei voli in tempo reale.
7. **Overview dell'occupazione prevista:** Il software per il supervisore del centro dovrebbe fornire un'overview dell'occupazione prevista a breve termine, basata sui turni e sulle posizioni assegnate. Potrebbe essere creato un modulo in cui il supervisore può visualizzare l'occupazione corrente dei settori, i controllori assegnati e altre informazioni pertinenti. Inoltre, il supervisore dovrebbe avere la possibilità di apportare modifiche ai turni e alle posizioni aperte, come cambiare i controllori assegnati o aggiungere/rimuovere posizioni, per gestire in modo ottimale le risorse e far fronte a situazioni impreviste.

Integrando queste soluzioni e correzioni nelle specifiche del sistema, sarà possibile ottenere una visione più completa e dettagliata dei requisiti e procedere con la progettazione e lo sviluppo del database per il supporto e la gestione del personale di controllo del traffico aereo.

## 1.3 Definizione delle specifiche in linguaggio naturale ed estrazione dei concetti principali

### 1.3.1 Specifiche in linguaggio naturale

In questa sezione, verranno definite le specifiche del sistema per la gestione del personale di controllo del traffico aereo utilizzando il linguaggio naturale. Saranno estratti i concetti principali emersi dalle specifiche per una migliore comprensione e organizzazione delle informazioni.

Il sistema deve consentire la gestione e l'allocazione dei turni di lavoro per il personale di controllo del traffico aereo. Le principali funzionalità richieste sono:

#### 1. Registro dei controllori di volo:

- Il sistema deve consentire la registrazione dei controllori di volo con le seguenti informazioni: nome, cognome, dati personali, abilitazioni, giorni di ferie.
- Ogni controllore di volo deve essere associato a una o più abilitazioni relative ai settori di controllo che può gestire.

#### 2. Gestione dei turni:

- Il sistema deve calcolare automaticamente i turni di lavoro per i controllori di volo, tenendo conto delle abilitazioni, delle capacità delle posizioni e dei requisiti di riposo.
- I turni devono essere equamente distribuiti tra i controllori di volo, garantendo che nessun controllore superi un certo numero di turni di lavoro consecutivi e che vi sia un adeguato intervallo di riposo tra i turni.

#### 3. Gestione delle posizioni di controllo:

- Ogni posizione di controllo deve avere una capacità massima basata sul numero di settori che può gestire in modo efficace.
- Le posizioni di controllo devono essere attivate o disattivate in base alle necessità e alle condizioni operative.

#### 4. Compilazione e gestione dei piani di volo:

- I piani di volo devono essere archiviati nel sistema per riferimenti futuri e per supportare le attività di controllo del traffico aereo.

#### 5. Monitoraggio dell'occupazione e supervisione:

- Il sistema deve fornire una panoramica dell'occupazione prevista a breve termine, inclusi i settori attivi, i controllori assegnati e le posizioni aperte.
- Il supervisore del centro deve poter apportare modifiche ai turni e alle posizioni aperte, incluso l'assegnazione dei controllori di volo.



### 1.3.2 Estrazione dei concetti principali

Dalle specifiche sopra riportate, possono essere estratti i seguenti concetti principali:

- **Controllore di volo:** rappresenta il personale responsabile del controllo del traffico aereo.
- **Abilitazione:** autorizzazione di un controllore di volo a gestire specifici settori di controllo.
- **Turno di lavoro:** periodo di tempo in cui un controllore di volo è assegnato a una posizione di controllo per svolgere le attività di controllo del traffico aereo.
- **Turno di standby:** periodo di tempo in cui un controllore di volo è disponibile per coprire eventuali imprevisti o emergenze.
- **Posizione:** posizione specifica all'interno di un centro del traffico aereo, come aerodromo, avvicinamento o en-route. Ogni posizione contiene uno o più settori di controllo.
- **Settore:** spazio aereo definito contenente waypoint. I settori sono assegnati alle posizioni di controllo e devono essere coperti durante i turni di lavoro.
- **Piano di volo:** documento contenente informazioni dettagliate su un volo, come l'aeromobile, gli aeroporti di partenza e arrivo e i waypoint attraversati.

Questi concetti principali costituiscono le fondamenta per la progettazione e lo sviluppo del sistema di gestione del personale di controllo del traffico aereo.

## 2. Progettazione Concettuale

Dopo aver ricevuto ulteriori direttive riguardo gli identificatori si è scelto di strutturare lo schema come segue, creando una gerarchia tra i turni e una tra i tipi di settore.

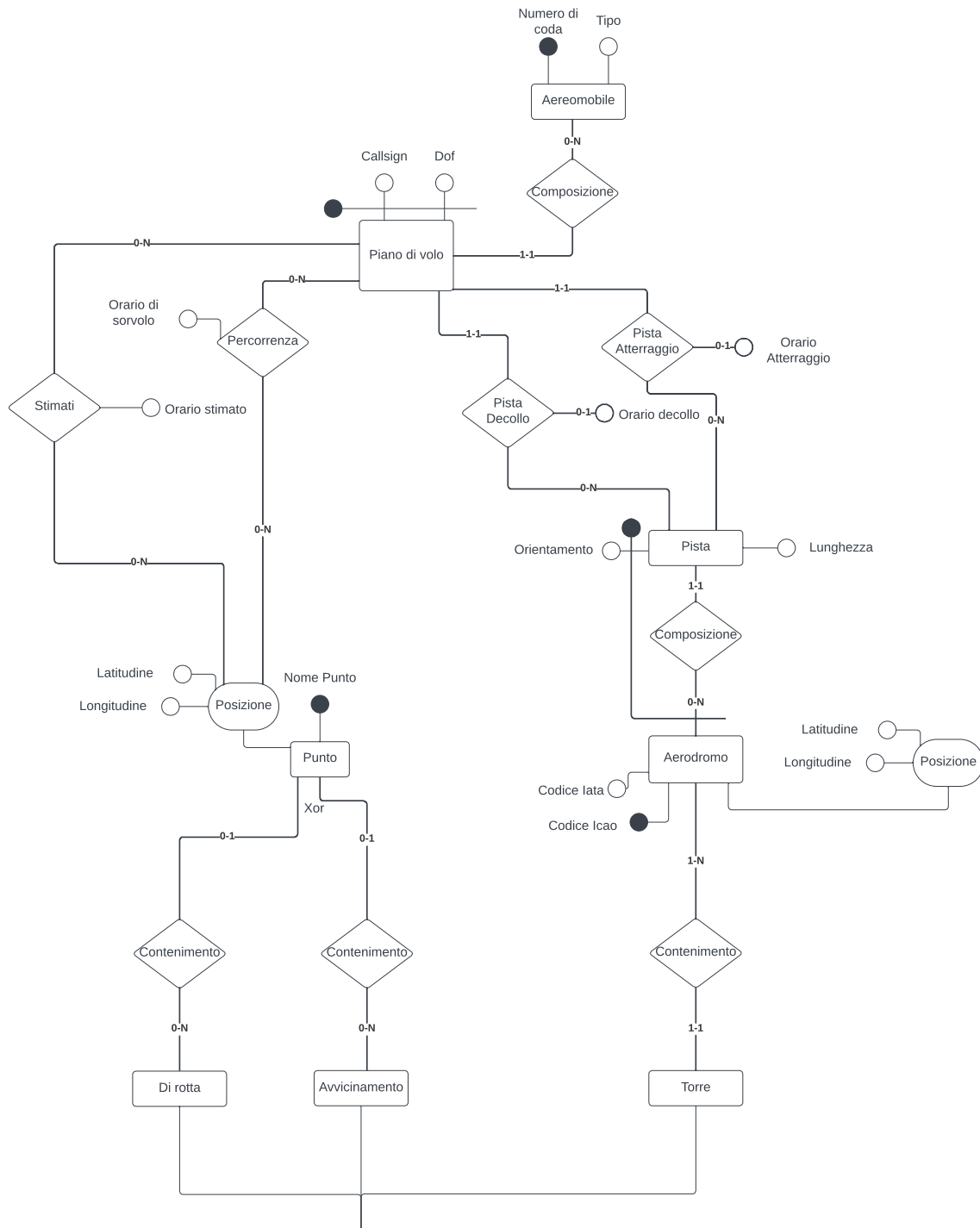


Figura 2.1: "parte relativa al traffico"

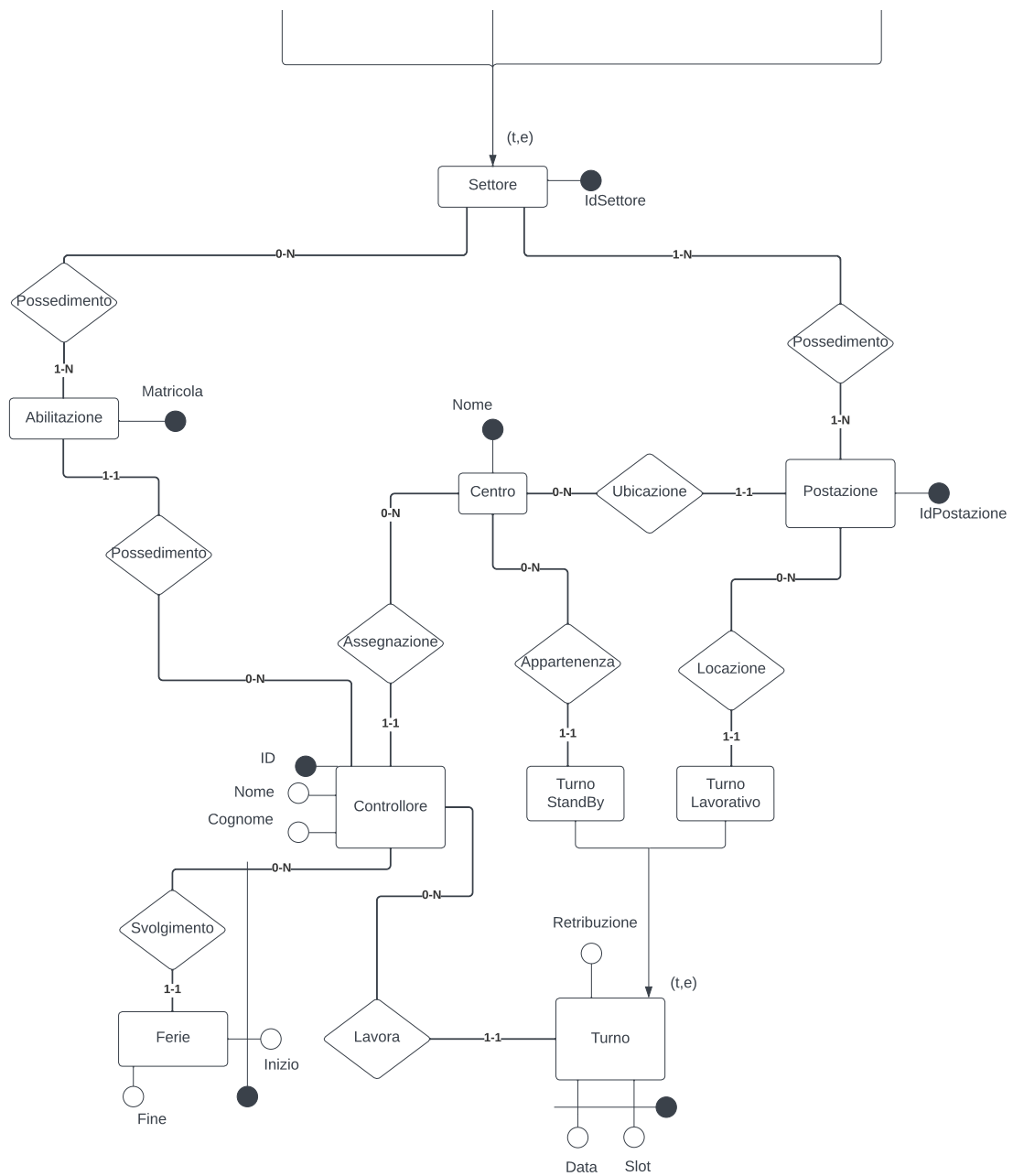


Figura 2.2: "parte relativa ai controllori"

### 3. Progettazione logica

#### 3.1 Stima del volume dei dati

Concetto	Costrutto	Volume
Centri	E	84
Posizioni	E	166
Settori	E	125
Controllori	E	4200
Ferie	E	8400
Abilitazione	E	4200
Turni (mensili)	E	20000
Aerodromi	E	43
Piste	E	43
Punti	E	3750
Piani di volo (mensili)	E	5000
Aeromobili	E	5000
Composizione (settori postazioni)	R	125
Abilitamento (abilitazioni settori)	R	4200
Stimati	R	500.000
Percorrenza	R	500.000

#### 3.2 Descrizione delle operazioni principali e stima della loro frequenza

Codice	Operazione	Frequenza stimata
OP1	Aggiunta e/o rimozione di un nuovo controllore di volo	3 al mese
OP2	Modifica dei dati personali di un controllore di volo	10 al mese
OP3	Assegnazione delle ferie a un controllore di volo	100 al mese
OP4	Aggiunta di un'abilitazione a un controllore di volo	50 al mese
OP5	Calcolo dei turni mensili per i controllori di volo	1 al mese
OP6	Aggiunta di un nuovo piano di volo	2000 al mese
OP7	Rimozione di un piano di volo	100 al mese
OP8	Modifica di un piano di volo esistente	1500 al mese
OP9	Aggiunta e/o rimozione di un nuovo aeromobile	50 al mese
OP10	Calcolo del ral	1 all'anno
OP11	Stima dei voli in un settore in un ora	500.000 al mese
OP12	Aggiunta di una percorrenza	500.000 al mese

La tabella sopra riportata fornisce un elenco delle operazioni principali che possono essere eseguite nel sistema di gestione del personale di controllo del traffico aereo. Per ciascuna operazione, viene fornita una stima numerica della loro frequenza stimata al mese.

### 3.3 Schemi di navigazione e tabelle degli accessi

Sono riportate in seguito le tabelle degli accessi delle operazioni sopra riportate, inoltre, ove non risulti banale, sono stati inseriti i relativi schemi di navigazione. Al fine del calcolo degli costi, si considerano di peso doppio gli accessi in scrittura rispetto a quelli in lettura.

OP1 - Modifica dei dati personali di un controllore di volo

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Controllore	E	1	S
Totale: 1S, 6 al mese			

OP2 - Modifica dei dati personali di un controllore di volo

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Controllore	E	1	L
Controllore	E	1	S
Totale: 1S 1L, 30 al mese			

OP3 - Assegnazione delle ferie a un controllore di volo

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Controllore	E	1	L
Ferie	E	1	S
Totale: 1S, 1L, 300 al mese			

OP4 - Aggiunta di un'abilitazione a un controllore di volo

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Controllore	E	1	L
Abilitamento	R	1	S
Abilitazione	E	1	S
Totale: 2S, 1L, 250 al mese			

OP5 - Calcolo dei turni mensili per i controllori di volo

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Controllore	E	4200	L
Turno	E	20000	L
Stimato	E	500.000	L
Postazione	E	166	L
Settore	E	125	L
Totale: 0S, 524,491L, 524.491 al mese			

Per ogni turno e per ogni posizione viene calcolata l'occupazione e viene cercato il controllore adatto con meno turni lavorati. Il modo con cui conteggiamo le letture non tiene conto delle ricerche, l'operazione effettiva sul calcolatore è estremamente pesante.

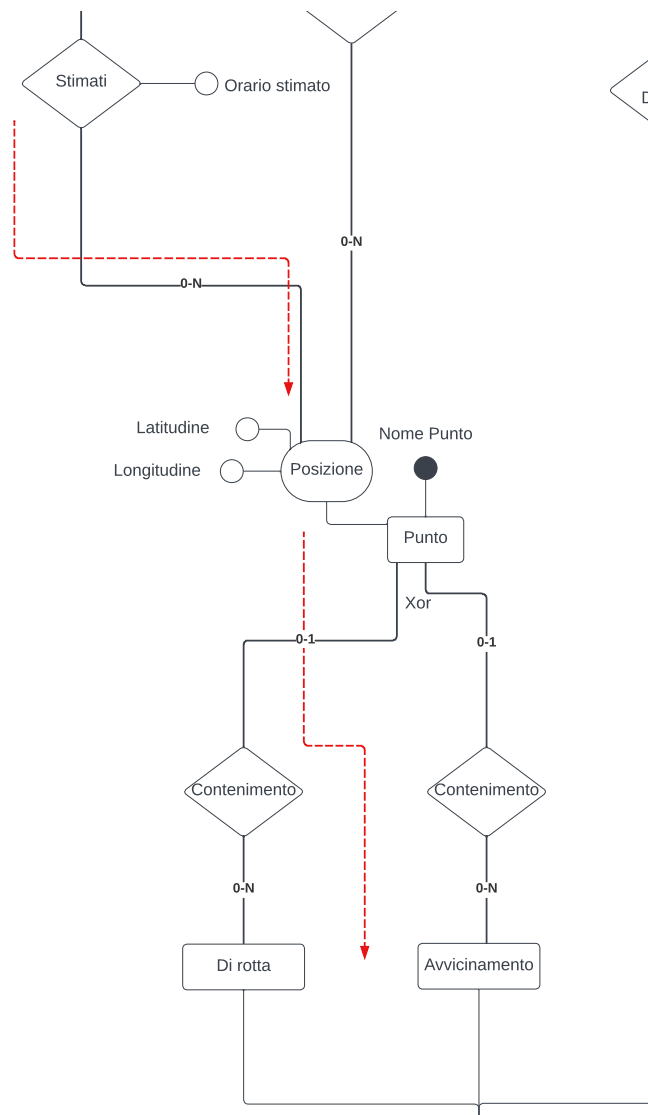


Figura 3.1: "Percorso per trovare l'occupazione"

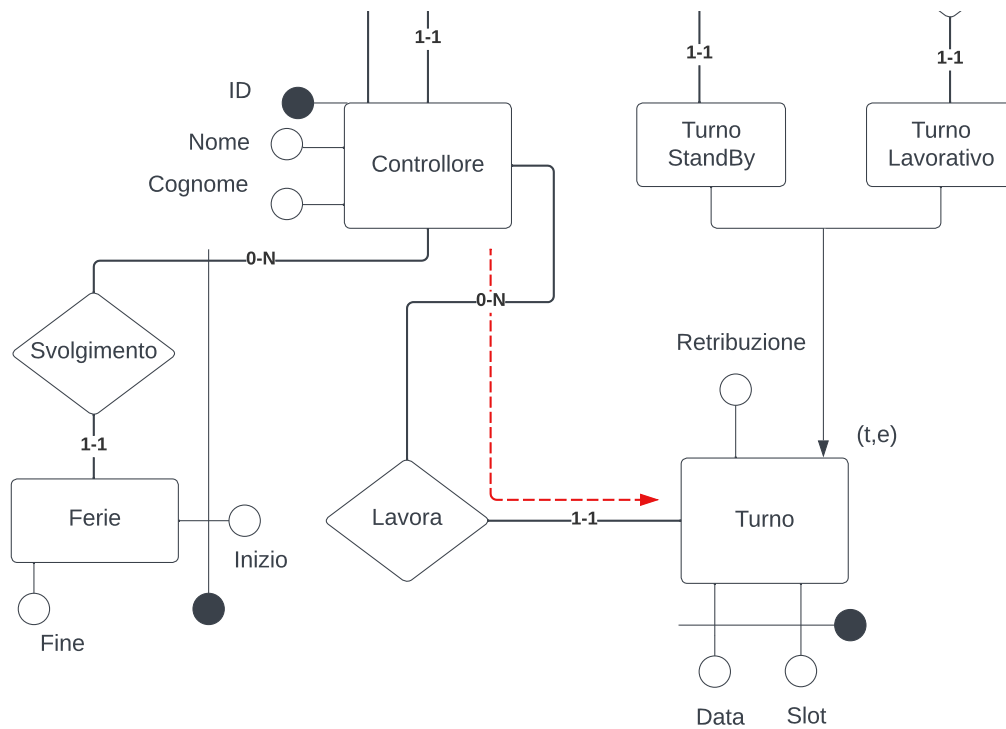


Figura 3.2: "Percorso per trovare I turni lavorativi"

OP6 - Aggiunta di un nuovo piano di volo

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Piano di Volo	E	1	S
Stimati	E	100	S
Punti	E	100	R
Piste	E	2	R
Aeromobile	E	1	R
Totale: 101S, 103L, 610.000 al mese			

OP7 - Aggiunta di un nuovo piano di volo

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Piano di Volo	E	1	S
Stimati	E	100	S
Punti	E	100	R
Piste	E	2	R
Aeromobile	E	1	R
Totale: 101S, 103L, 30.500 al mese			

OP8 - Modifica di un piano di volo esistente

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Piano di Volo	E	1	S
Totale: 1S, 0L, 3.000 al mese			

OP9 - Aggiunta e/o rimozione di un nuovo aeromobile

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Aeromobile	E	1	S
Totale: 1S, 0L, 100 al mese			

OP10 - Calcolo del ral

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Controllore	E	4200	L
Turno	E	240.000	L
Totale: 0S, 244.200L, 20.000 al mese			

OP11 - Stima dei voli in un settore in un ora

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Stimato	E	30	L
Postazione	E	1	L
Settore	E	2	L
Totale: 0S, 33L, 16.500.000 al mese			



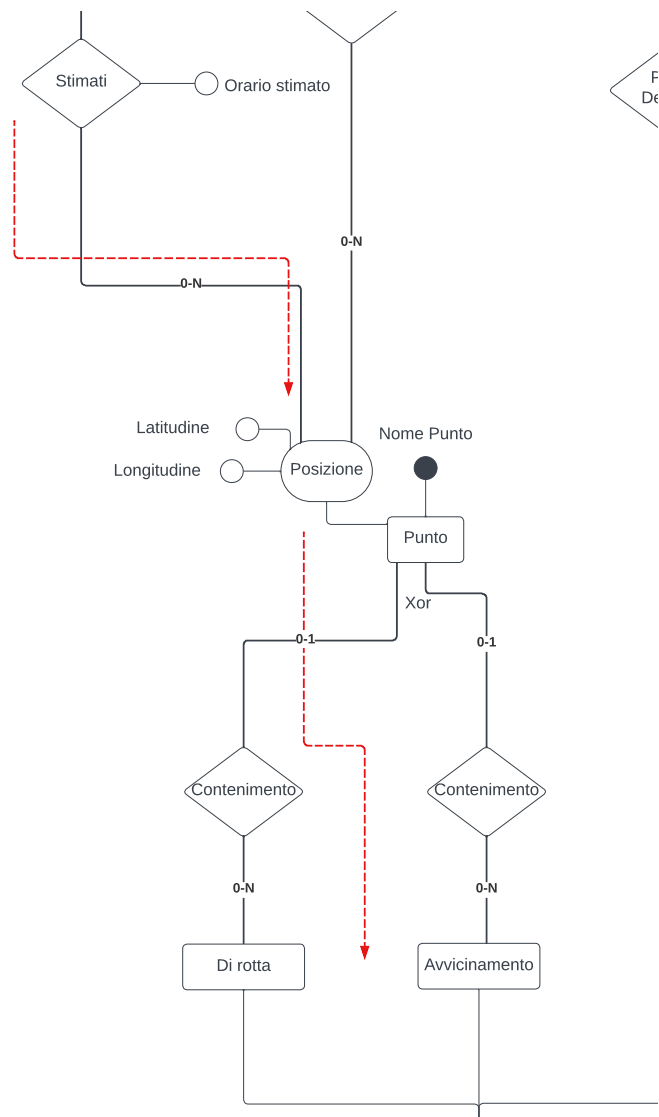


Figura 3.3: "Percorso per trovare l'occupazione"

OP11 - Aggiunta di una percorrenza

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Percorrenza	E	1	S
Totale: 1S, 0L, 1.000.000 al mese			

### 3.4 Raffinamento dello schema

Eliminazione delle gerarchie

In questo caso è stato adottato un collasso verso il basso separando i turni lavorativi da quelli standby. Stessa Cosa è stata fatta per i tipi di postazione, anche se quella "avvicinamento" e "di rotta" sono state unite in un'unica in quanto ai fini dell'architettura logica non vi sono differenze.

Eliminazione degli attributi composti

Gli attributi composti di posizione sono stati eliminati creando gli attributi longitudine e latitudine direttamente nelle entità.

Eliminazione degli identificatori esterni

Si sono risolti rimuovendo le associazioni in quanto risultavano di tipo 1-1.

### 3.5 Analisi delle ridondanze

In questa sezione calcoleremo se è conveniente inserire un attributo guadagni all'entità controllore al fine di calcolare il reddito annuale (OP10):

Nel caso con ridondanza l'attributo verrebbe aggiornato ogni volta che viene inserito un turno per poi eseguire un'unica lettura a fine anno.

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
controllore	E	300	S
controllore	E	1	L

Totale: 300S, 1L, 601 all'anno

Nel caso senza ridondanza bisogna leggere tutti i turni svolti nell'anno e sommare i guadagni:

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
turni	E	300	L

Totale: 0S, 300L, 300 all'anno

Chiaramente il secondo caso è più conveniente, si procederà quindi senza ridondanze.

### 3.6 Traduzione di entità e associazioni in relazioni

Tutte le relazioni sono state spostate dentro le entità, in quanto la maggior parte erano di tipo 1-1 o 0-1, sono invece state create nuove entità:

- Composizione settori, per salvare da quali settori sono composte le postazioni.
- Abilitazione settori, per salvare quali settori abilitano le relative abilitazioni.
- Stimati, per salvare l'orario stimato su un punto.
- Percorrenza, per salvare l'orario di sorvolo su un punto.

Abilitazione ( MatricolaAbilitazione, IdControllore, primary key (MatricolaAbilitazione))

AbilitazioneSettori ( MatricolaAbilitazione, IdSettore, primary key (MatricolaAbilitazione, IdSettore))

aeromobile ( Tipo, NumeroDiCoda, primary key (NumeroDiCoda))

Aerodromo ( AdLatitudine, AdLongitudine, CodiceIcao, CodiceIata, primary key (CodiceIcao))

Centro ( NomeCentro, primary key (NomeCentro))

ComposizioneSettori ( IdPostazione, IdSettore, primary key (IdPostazione, IdSettore))

Controllore ( IdControllore, Nome, Cognome, NomeCentro, primary key (IdControllore))

Ferie ( IdControllore, Inizio, Fine, primary key (IdControllore, Inizio))

Percorrenza ( Callsign, Dof, NomePunto, OrarioDiSorvolo, primary key (Callsign, Dof, NomePunto))

PianoDiVolo ( OrarioAtterraggio\*, OrarioDecollo\*, Callsign, Dof, NumeroDiCoda, CodAdDecollo, OrientamentoPistaDecollo, CodAdAtterraggio, OrientamentoPistaAtterraggio, primary key (Callsign, Dof))

Pista ( CodAd, Orientamento, Lunghezza, primary key (CodAd, Orientamento))

Postazione ( IdPostazione, NomeCentro, primary key (IdPostazione))

Punto ( NomePunto, PosLatitudine, PosLongitudine, IdSettore, primary key (NomePunto))

Settore ( IdSettore, CodAd, primary key (IdSettore))

Stimati ( Callsign, Dof date, NomePunto, OrarioStimato, primary key (Callsign, Dof, NomePunto))

Turno ( IdControllore, Retribuzione, Data, Slot, IdPostazione\*, CentroStandBy\*, primary key (IdControllore, Data, Slot))

### 3.7 Schema relazionale finale

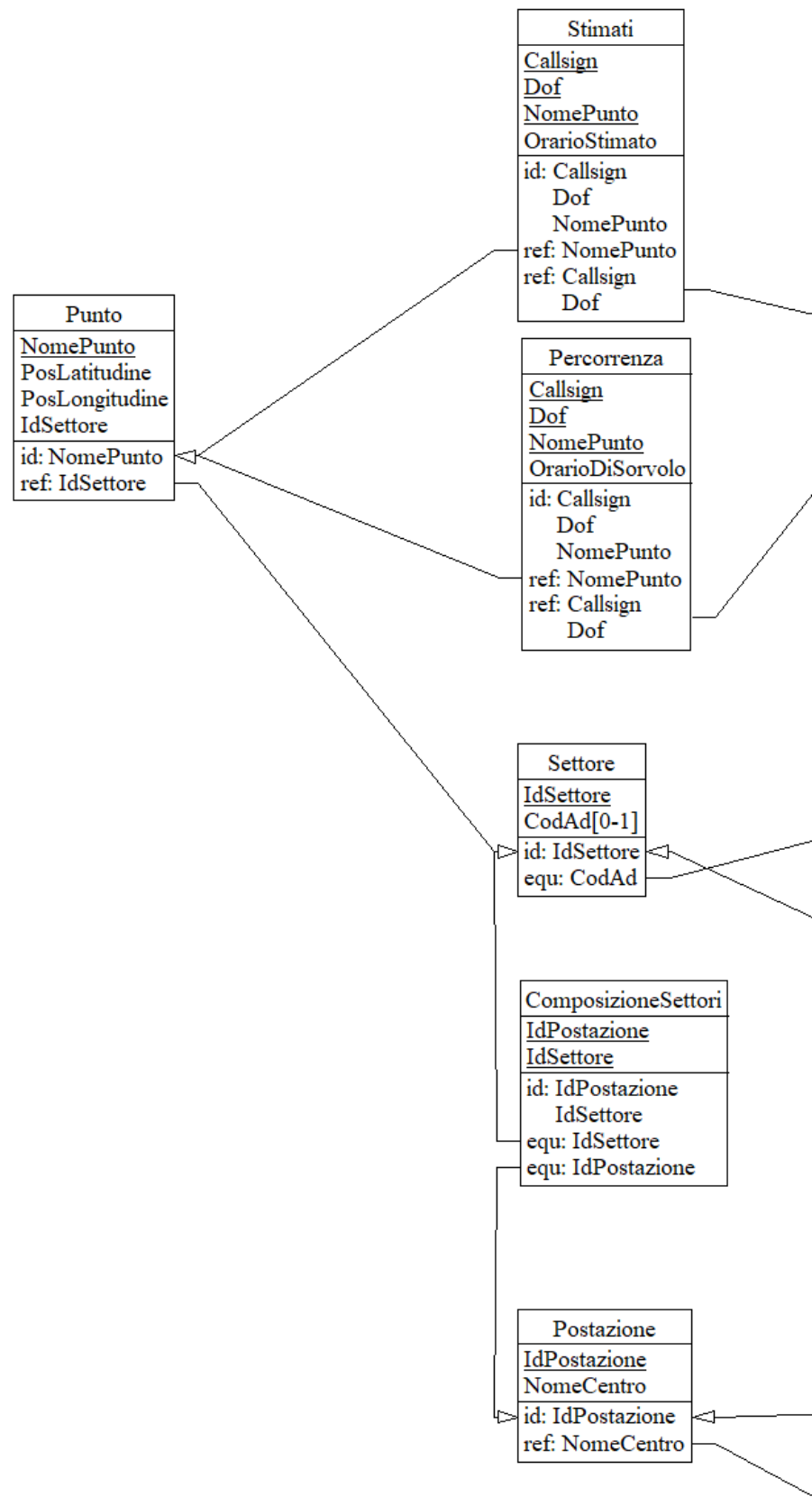


Figura 3.4: "Schema sinistro della relazionale finale"

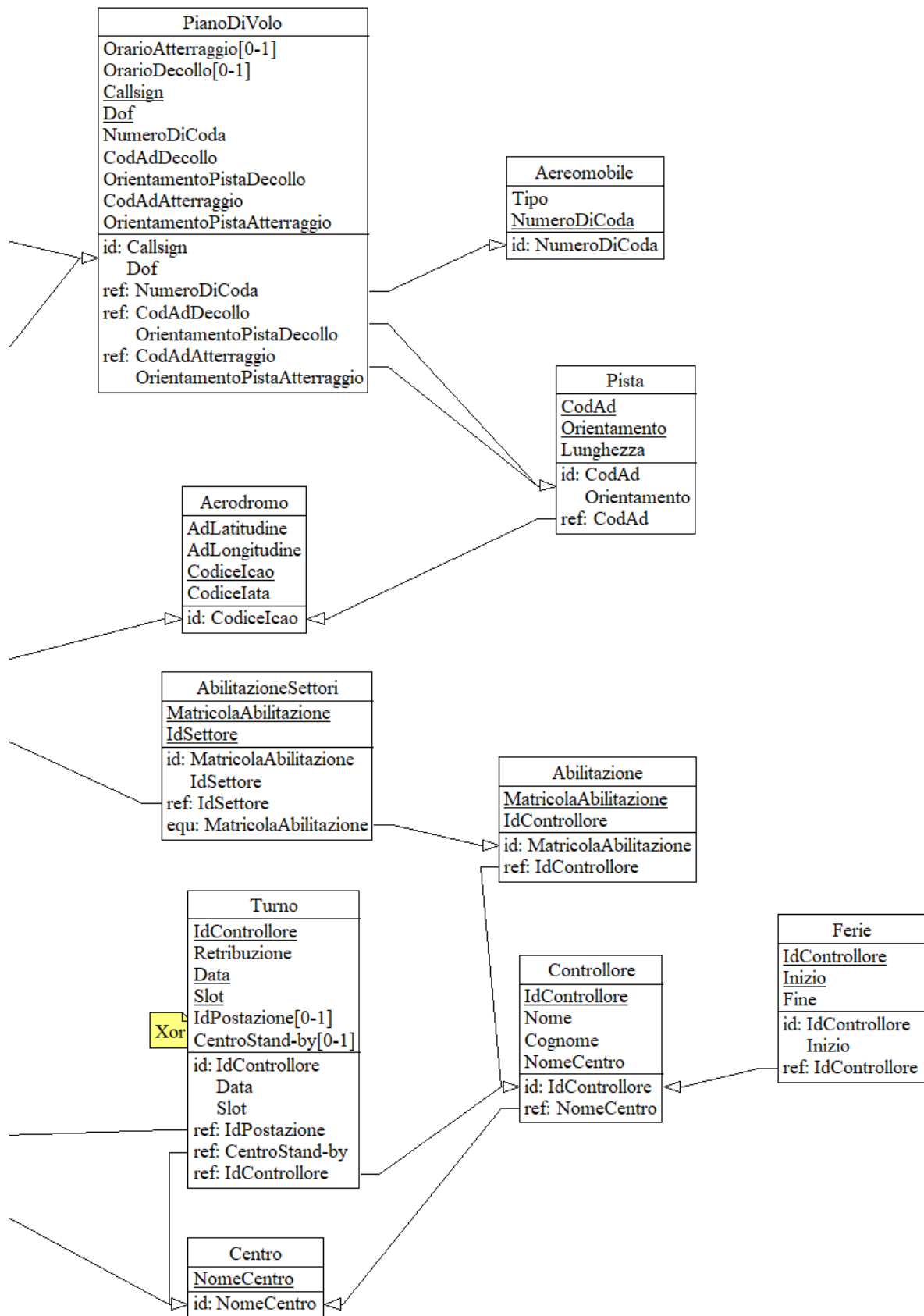


Figura 3.5: "Schema destro della relazionale finale"

## 3.8 Traduzione delle operazioni in query SQL

### SQL Queries

OP1 - Aggiunta e/o rimozione di un nuovo controllore di volo:

```
1 -- Aggiunta di un nuovo controllore di volo
2 INSERT INTO Controllore (IdControllore, Nome, Cognome, NomeCentro
3 )
4 VALUES ('nuovo_id', 'Nuovo Nome', 'Nuovo Cognome', 'Nome Centro')
5 ;
6
7 -- Rimozione di un controllore di volo
8 DELETE FROM Controllore
9 WHERE IdControllore = 'id_controllore_da_rimuovere';
```

OP2 - Modifica dei dati personali di un controllore di volo:

```
1 UPDATE Controllore
2 SET Nome = 'Nuovo Nome', Cognome = 'Nuovo Cognome'
3 WHERE IdControllore = 'id_controllore_da_modificare';
```

OP3 - Assegnazione delle ferie a un controllore di volo:

```
1 -- Aggiunta delle ferie
2 INSERT INTO Ferie (IdControllore, Inizio, Fine)
3 VALUES ('id_controllore', 'data_inizio_ferie', 'data_fine_ferie')
4 ;
5
6 -- Rimozione delle ferie
7 DELETE FROM Ferie
8 WHERE IdControllore = 'id_controllore' AND Inizio = '
9 data_inizio_ferie';
```

OP4 - Aggiunta di un'abilitazione a un controllore di volo:

```
1 INSERT INTO Abilitazione (MatricolaAbilitazione, IdControllore)
2 VALUES (nuova_matricola, 'id_controllore');
3
4 INSERT INTO AbilitazioneSettori (MatricolaAbilitazione, IdSettore
5 )
6 VALUES (nuova_matricola, 'id_settore');
```

OP5 - Calcolo dei turni mensili per i controllori di volo: Sarebbe estremamente complicato riassumere questa operazione in un'unica query, se il lettore è interessato può esaminare il codice dell'applicativo che utilizza un ORM.

OP6 - Aggiunta di un nuovo piano di volo:

```
1 INSERT INTO PianoDiVolo (OrarioAtterraggio, OrarioDecollo,
2 Callsign, Dof, NumeroDiCoda, CodAdDecollo,
3 OrientamentoPistaDecollo, CodAdAtterraggio,
4 OrientamentoPistaAtterraggio)
5 VALUES ('data_atterraggio', 'data_decollo', 'callsign', 'data', '
6 numero_coda', 'cod_ad_decollo', 'orientamento_decollo', '
7 cod_ad_atterraggio', 'orientamento_atterraggio');
```

OP7 - Rimozione di un nuovo piano di volo:

```
1 DELETE FROM PianoDiVolo
2 WHERE dof = 'dof' and callsign = 'callsign';
```

OP8 - Modifica di un nuovo piano di volo esistente:

```
1 UPDATE PianoDiVolo (OrarioAtterraggio, OrarioDecollo, Callsign,
  Dof, NumeroDiCoda, CodAdDecollo, OrientamentoPistaDecollo,
  CodAdAtterraggio, OrientamentoPistaAtterraggio)
2 SET OrarioAtterraggio = 'data_atterraggio', OrarioDecollo = '
  data_decollo', NumeroDiCoda = 'numero_coda', CodAdDecollo = '
  cod_ad_decollo', OrientamentoPistaDecollo = '
  orientamento_decollo', CodAdAtterraggio = 'cod_ad_atterraggio'
  , OrientamentoPistaAtterraggio = 'orientamento_atterraggio'
3 WHERE dof = 'dof' and callsign = 'callsign';
```

OP9 - Aggiunta e/o rimozione di un nuovo aeromobile:

```
1 -- Aggiunta nuovo aeromobile
2 INSERT INTO aeromobile (NumeroDiCoda, NumeroDiCoda)
3 VALUES ('NumeroDiCoda', 'NumeroDiCoda');
4
5 -- Rimozione delle ferie
6 DELETE FROM aeromobile
7 WHERE NumeroDiCoda = 'NumeroDiCoda';
```

OP10 - Calcolo del reddito annuo lordo di un controllore di volo:

```
1 SELECT sum(Retribuzione) FROM turno
2 where year(data) = 'anno' and IdControllore='id controllore';
```

OP11 - Stima dei voli in un settore in un'ora:

```
1 SELECT * FROM atctables.stimati s, atctables.punto p
2 WHERE p.NomePunto = s.NomePunto AND
3 Dof = 'data' AND OriarioStimato BETWEEN 'ora_inizio' AND '
  ora_fine' AND IdSettore = 'idSettore';
```

OP12 - Aggiunta di una percorrenza:

```
1 INSERT INTO Percorrenza (Callsign, Dof, NomePunto,
  OrarioDiSorvolo)
2 VALUES ('callsign', 'data', 'nome_punto', 'data_ora_sorvolo');
```

OPBonus1 - Ricerca dei voli in arrivo in un aeroporto:

```
1 SELECT *
2 FROM PianoDiVolo
3 WHERE CodAdAtterraggio = 'cod_ad' AND Dof = 'data' AND
  OrarioAtterraggio BETWEEN 'ora_inizio' AND 'ora_fine';
```

OPBonus2 - Ricerca dei voli in partenza da un aeroporto:

```
1 SELECT *
2 FROM PianoDiVolo
3 WHERE CodAdDecollo = 'cod_ad' AND Dof = 'data' AND OrarioDecollo
  BETWEEN 'ora_inizio' AND 'ora_fine';
```

## 4. Progettazione dell'applicazione

### 4.1 Architettura

L'applicativo è stato scritto in 'C#' facendo uso di dotnet 7 e windows forms, Il tool ORM scelto è stato ef Core il quale ha automaticamente tradotto le tabelle in classi e ha esposto i metodi utili a manipolare il db.

### 4.2 Gestore Simulazione

All'apertura compare una finestra che permette di impostare i parametri e gestire la Simulazione:

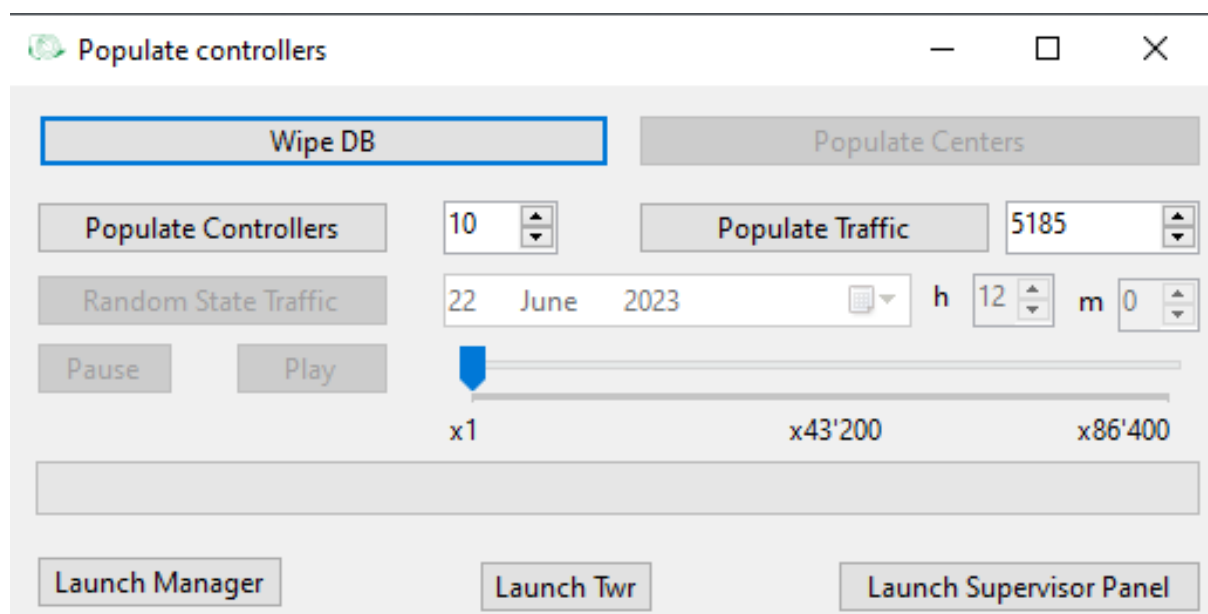


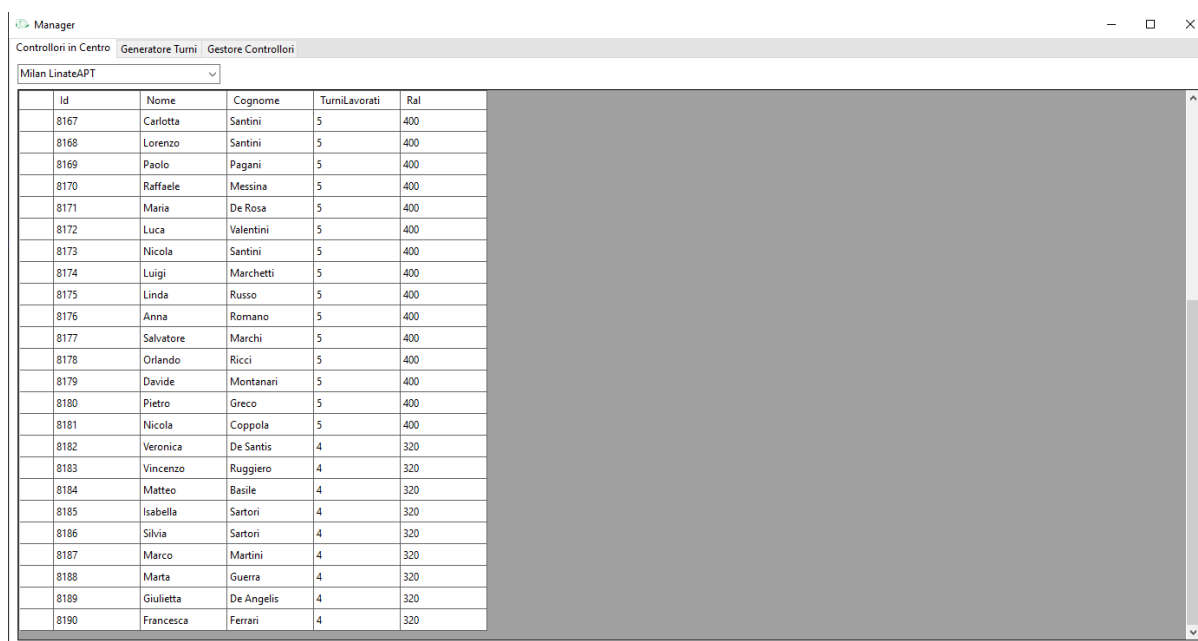
Figura 4.1: "La finestra per gestire la simulazione"

- WipeDb: Cancella tutti i dati della sessione precedente dal db.
- Populate Centers: Popola i centri, le posizioni, i settori e il numero minimo di controllori con le relative ferie.
- Populate Controllers: Genera Controllori aggiuntivi.
- Populate traffic: Genera il numero impostato di traffici nel mese corrente.
- Random state traffic: Posiziona ogni traffico nel punto della rotta che corrisponderebbe all'orario della simulazione ma con una variazione di orario dall'orario stimato con distribuzione normale (ma sbilanciata verso il ritardo)
- Pause, Play e lo slider: Permettono di gestire la riproduzione della simulazione.
- I tasti sul fondo permettono di lanciare gli strumenti effettivi.



## 4.3 Manager

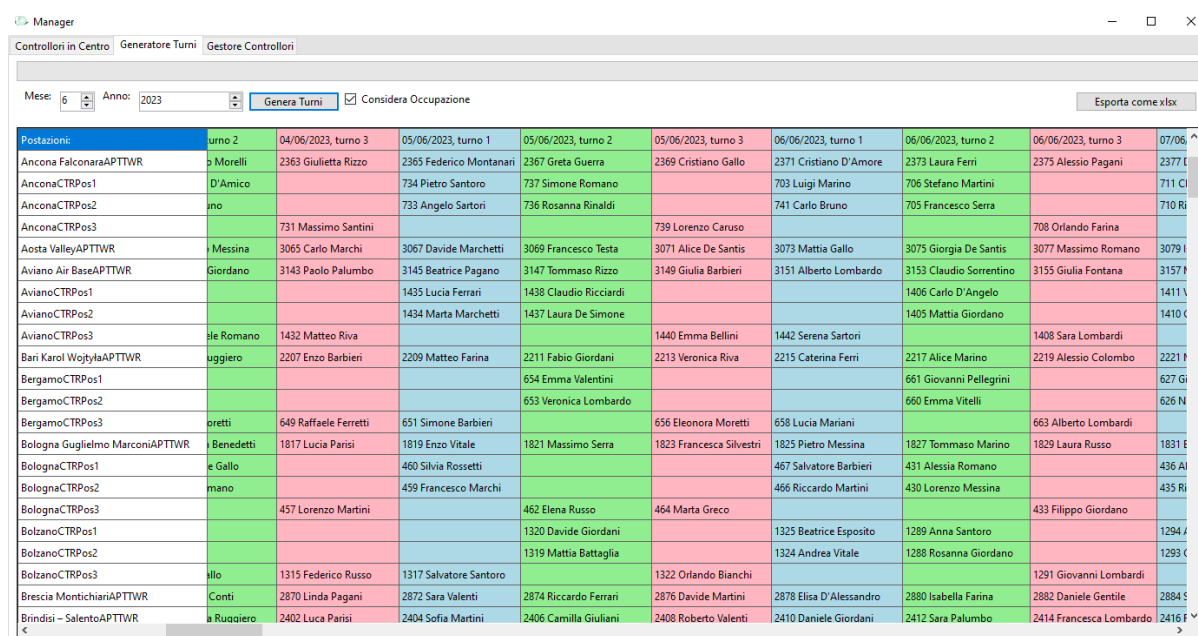
Questo tool è diviso in diverse tab: La prima permette di vedere i controllori presenti in un centro e calcola per ognuno i turni svolti e la compensazione totale.



Id	Nome	Cognome	TurniLavorati	Ral
8167	Carlotta	Santini	5	400
8168	Lorenzo	Santini	5	400
8169	Paolo	Pagani	5	400
8170	Raffaele	Messina	5	400
8171	Maria	De Rosa	5	400
8172	Luca	Valentini	5	400
8173	Nicola	Santini	5	400
8174	Luigi	Marchetti	5	400
8175	Linda	Russo	5	400
8176	Anna	Romano	5	400
8177	Salvatore	Marchi	5	400
8178	Orlando	Ricci	5	400
8179	Davide	Montanari	5	400
8180	Pietro	Greco	5	400
8181	Nicola	Coppola	5	400
8182	Veronica	De Santis	4	320
8183	Vincenzo	Ruggiero	4	320
8184	Matteo	Basile	4	320
8185	Isabella	Sartori	4	320
8186	Silvia	Sartori	4	320
8187	Marco	Martini	4	320
8188	Marta	Guerra	4	320
8189	Giulietta	De Angelis	4	320
8190	Francesca	Ferrari	4	320

Figura 4.2: "La finestra che mostra i controllori in un centro"

La seconda forse la più importante permette di generare i turni in un mese e di esportare la tabella.



Postazioni	turno 2	04/06/2023, turno 3	05/06/2023, turno 1	05/06/2023, turno 2	05/06/2023, turno 3	06/06/2023, turno 1	06/06/2023, turno 2	06/06/2023, turno 3	07/06/2023, turno 1
Ancona FalconaraPTTWR	Morelli	2363 Giulietta Rizzo	2365 Federico Montanari	2367 Greta Guerra	2369 Cristiano Gallo	2371 Cristiano D'Amore	2373 Laura Ferri	2375 Alessio Pagani	2377
AnconaCTRPos1	D'Amico		734 Pietro Santoro	737 Simone Romano		703 Luigi Marino	706 Stefano Martini		711 C
AnconaCTRPos2			733 Angelo Sartori	736 Rosanna Rinaldi		741 Carlo Bruno	705 Francesco Serra		710 R
AnconaCTRPos3		731 Massimo Santini			739 Lorenzo Caruso			708 Orlando Farina	
Aosta ValleyAPTWR	Messina	3065 Carlo Marchi	3067 Davide Marchetti	3069 Francesco Testa	3071 Alice De Santis	3073 Mattia Gallo	3075 Giorgia De Santis	3077 Massimo Romano	3079 I
Aviano Air BaseAPTWR	Giordano	3143 Paolo Palumbo	3145 Beatrice Pagano	3147 Tommaso Rizzo	3149 Giulia Barbieri	3151 Alberto Lombardo	3153 Claudio Sorrentino	3155 Giulia Fontana	3157 P
AvianoCTRPos1			1435 Lucia Ferrari	1438 Claudio Ricciardi			1406 Carlo D'Angelo		1411 V
AvianoCTRPos2			1434 Marta Marchetti	1437 Laura De Simone			1405 Mattia Giordano		1410 C
AvianoCTRPos3		1432 Matteo Riva			1440 Emma Bellini	1442 Serena Sartori		1408 Sara Lombardi	
Bari Karol WojtylaAPTWR	Ruggiero	2207 Enzo Barbieri	2209 Matteo Farina	2211 Fabio Giordani	2213 Veronica Riva	2215 Caterina Ferri	2217 Alice Marino	2219 Alessio Colombo	2221 P
BergamoCTRPos1				654 Emma Valentini			661 Giovanni Pellegrini		627 G
BergamoCTRPos2				653 Veronica Lombardo			660 Emma Vitelli		626 N
BergamoCTRPos3	Moretti	649 Raffaele Ferretti	651 Simone Barbieri		656 Eleonora Moretti	658 Lucia Mariani		663 Alberto Lombardi	
Bologna Guglielmo MarconiAPTWR	Benedetti	1817 Lucia Parisi	1819 Enzo Vitale	1821 Massimo Serra	1823 Francesca Silvestri	1825 Pietro Messina	1827 Tommaso Marino	1829 Laura Russo	1831 E
BolognaCTRPos1			460 Silvia Rossetti			467 Salvatore Barbieri	431 Alessia Romano		436 A
BolognaCTRPos2			459 Francesco Marchi			466 Riccardo Martini	430 Lorenzo Messina		435 R
BolognaCTRPos3		457 Lorenzo Martini		462 Elena Russo	464 Marta Greco			433 Filippo Giordano	
BolzanoCTRPos1				1320 Davide Giordani		1325 Beatrice Esposito	1289 Anna Santoro		1294 A
BolzanoCTRPos2				1319 Mattia Battaglia		1324 Andrea Vitale	1288 Rosanna Giordano		1293 C
BolzanoCTRPos3		1315 Federico Russo	1317 Salvatore Santoro		1322 Orlando Bianchi			1291 Giovanni Lombardi	
Brescia MontichiariAPTWR	Conti	2870 Linda Pagani	2872 Sara Valenti	2874 Riccardo Ferrari	2876 Davide Martini	2878 Elisa D'Alessandro	2880 Isabella Farina	2882 Daniele Gentile	2884 S
Brindisi - SalentoAPTWR	Ruqquero	2402 Luca Parisi	2404 Sofia Martini	2406 Camilla Giuliani	2408 Roberto Valenti	2410 Daniele Giordani	2412 Sara Palumbo	2414 Francesca Lombardo	2416 F

Figura 4.3: "La finestra che mostra i turni del mese"

La terza permette di gestire (Assumere, licenziare e modificare) i dati dei controllori e le loro ferie.

Manager

Controllori in Centro   Generatore Turni   **Gestore Controllori**

Aggiorna   Licenzia   6484 Gallo Elena

Nome: Elena

Cognome: Gallo

Id: 6484

Centro: PadovaACC

	Inizio	Fine
►	09/01/2023	11/01/2023
	01/02/2023	10/02/2023

Ferie:

Rimuovi   Aggiungi   01 February 2023   10 February 2023

Figura 4.4: "La finestra che gestisce i controllori"

## 4.4 TWR Control

Questo tool permette ad un controllore di svolgere il suo lavoro su una postazione di torre, selezionando l'A/D si ha hanno a disposizione i controllori abilitati e una volta effettuato il log in le tabelle di arrivi e partenze si popoleranno con i voli che sono prossimi all'arrivo o alla partenza permettendo al controllore di segnarne un cambio di stato quando questo avviene.

TowerControl

Airport: Forlì International (APT) TWR Id Controllore: 9299 Martino Chiara Login Logout 22/06/2023 23:35:37

OrarioDecollo	CallSign	Dof	NumeroDiCodice	OrientamentoPos	CodAdDecollo
	AAR1415	20/06/2023	J-ETCL	3	LICI
	AFR962	20/06/2023	Z-UDXO	3	LIRQ
	ASA4692	21/06/2023	O-YBPD	3	LICS
	AUA7029	20/06/2023	E-SMAS	3	LICG
	AUA9150	21/06/2023	X-IMWQ	3	LIGO
	CRK3250	20/06/2023	P-AGGF	3	LIEO
	CIA2538	23/06/2023	G-ZWFF	3	LIBD
	ETD1734	22/06/2023	M-OKLV	3	LIPZ
	ETH5172	23/06/2023	X-AKHK	3	LIBD
	ETH9667	22/06/2023	G-SVAZ	3	LIEP
	G-HIZM	21/06/2023	G-HIZM	3	LIRZ
	MA59169	23/06/2023	O-XMSD	3	LIEA
	PIA7830	21/06/2023	T-CIPI	3	LIPR
	Q-TXGK	20/06/2023	Q-TXGK	3	LICS
	QTR9854	22/06/2023	U-BQXK	3	LIRP
	RJA3851	21/06/2023	U-YPMH	3	LIMI
	RJA8158	23/06/2023	D-NAAM	3	LIRS
	S-FNGC	23/06/2023	S-FNGC	3	LICA
	SIA600	23/06/2023	N-DHRX	3	LICP
	SIA8411	21/06/2023	X-KUPG	3	LIQN
	TAP1310	21/06/2023	D-DSBA	3	LIEE
	UAE6994	23/06/2023	I-NLQO	3	LIGO

CallSign	Dof	NumeroDiCodice	OrientamentoPos	CodAdAtterraggi
BAW273	20/06/2023	R-MFAM	3	LIEA
K-HAKV	20/06/2023	K-HAKV	3	LICR
TAM9315	20/06/2023	I-MYSD	3	LICR
AFR3846	21/06/2023	G-OIOQ	3	LIEO
ETD3257	21/06/2023	W-DFOS	3	LICC
H-TNGD	21/06/2023	H-TNGD	3	LIMI
KLM3947	21/06/2023	J-AOEE	3	LIPU
P-GBNS	21/06/2023	P-GBNS	3	LIGO
P-NBRQ	21/06/2023	P-NBRQ	3	LIEO
PAL1317	21/06/2023	E-LAPP	3	LIPX
QFA5499	21/06/2023	Z-JUNF	3	LIEO
RJA2776	21/06/2023	X-DUZZ	3	LIRB
UAL5526	21/06/2023	Z-WFAZ	3	LIMI
JST9351	22/06/2023	P-GNVC	3	LICP
QLK819	22/06/2023	N-FUDT	3	LIPX
BAW4593	23/06/2023	V-ZOEI	3	LIRQ
D-ZOSA	23/06/2023	D-ZOSA	3	LICC
E-OMMV	23/06/2023	E-OMMV	3	LIRB
PAL5527	23/06/2023	I-EKDK	3	LICC
Q-VNNA	23/06/2023	Q-VNNA	3	LIEE
SAA4104	23/06/2023	H-DTCT	3	LIEO
THY7483	23/06/2023	T-EDDB	3	LIEP
U-DKFX	23/06/2023	U-DKFX	3	LIRP
COP163	24/06/2023	L-KTMA	3	LIDE
EVA5736	24/06/2023	Y-SFHN	3	LIMW

Segna come Atterraggi Segna Come Decollato

Figura 4.5: "La finestra per gestire una posizione di torre"



Figura 4.6: "Un vero tool per gestire una posizione di torre Fonte: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TATIC\\_Electronic\\_Flight\\_Strip\\_system\\_at\\_Sao\\_Paulo\\_Itnl.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TATIC_Electronic_Flight_Strip_system_at_Sao_Paulo_Itnl.jpg)

## 4.5 Supervisor tool

Questo strumento permette al supervisore di un centro di monitorare il traffico atteso nelle ore successive nelle posizioni del centro, in modo da prendere decisioni strategiche monitorando l'andamento del traffico. È possibile aprire posizioni schierando i controllori in turno e anche quelli in turno stand by. La linea rossa sui grafici mostra la capacità massima del turno divisa per le ore.

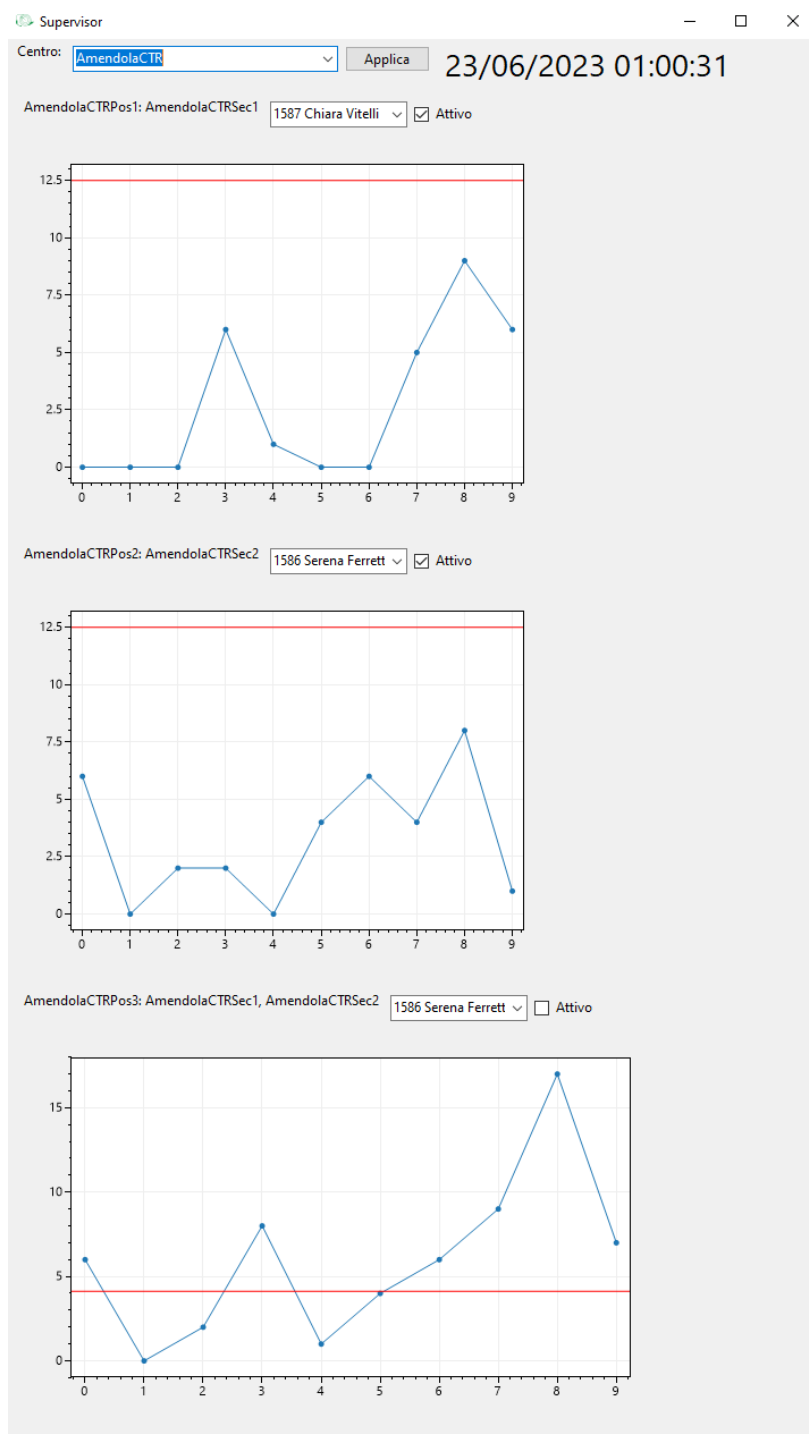


Figura 4.7: "La finestra del Supervisor tool"



Figura 4.8: "Un vero tool di gestione dell'occupazione  
Fonte: <https://www.eurocontrol.int/press-release/big-data-improve-capacity-planning-and-atm-efficiency>