

Gestione personale ATC

25 giugno 2023



Indice

| | |
|---|-----------|
| Lista delle abbreviazioni | II |
| 1 Analisi dei requisiti | 1 |
| 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 | 4 |
| 1.3.1 Specifiche in linguaggio naturale | 4 |
| 1.3.2 Estrazione dei concetti principali | 5 |
| 2 Progettazione Concettuale | 7 |
| 3 Progettazione logica | 9 |
| 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 |
| 4 Progettazione dell'applicazione | 21 |
| 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 sequenze¹ 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.

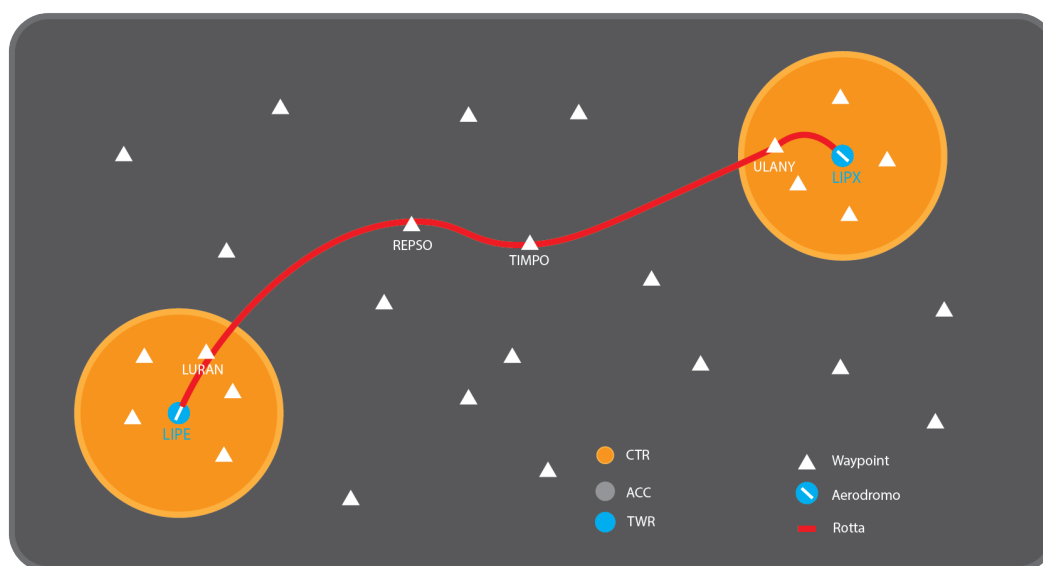


Figura 1.1: "Un esempio di una rotta e dei settori attraversati"

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

¹Numero 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, 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° 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.

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 registrati.
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, tenendo traccia delle informazioni relative a ciascun volo. Potrebbe essere necessario registrare dettagli come il numero di volo, l'orario di partenza e arrivo, le compagnie aeree coinvolte e altri dati pertinenti. Inoltre, 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.

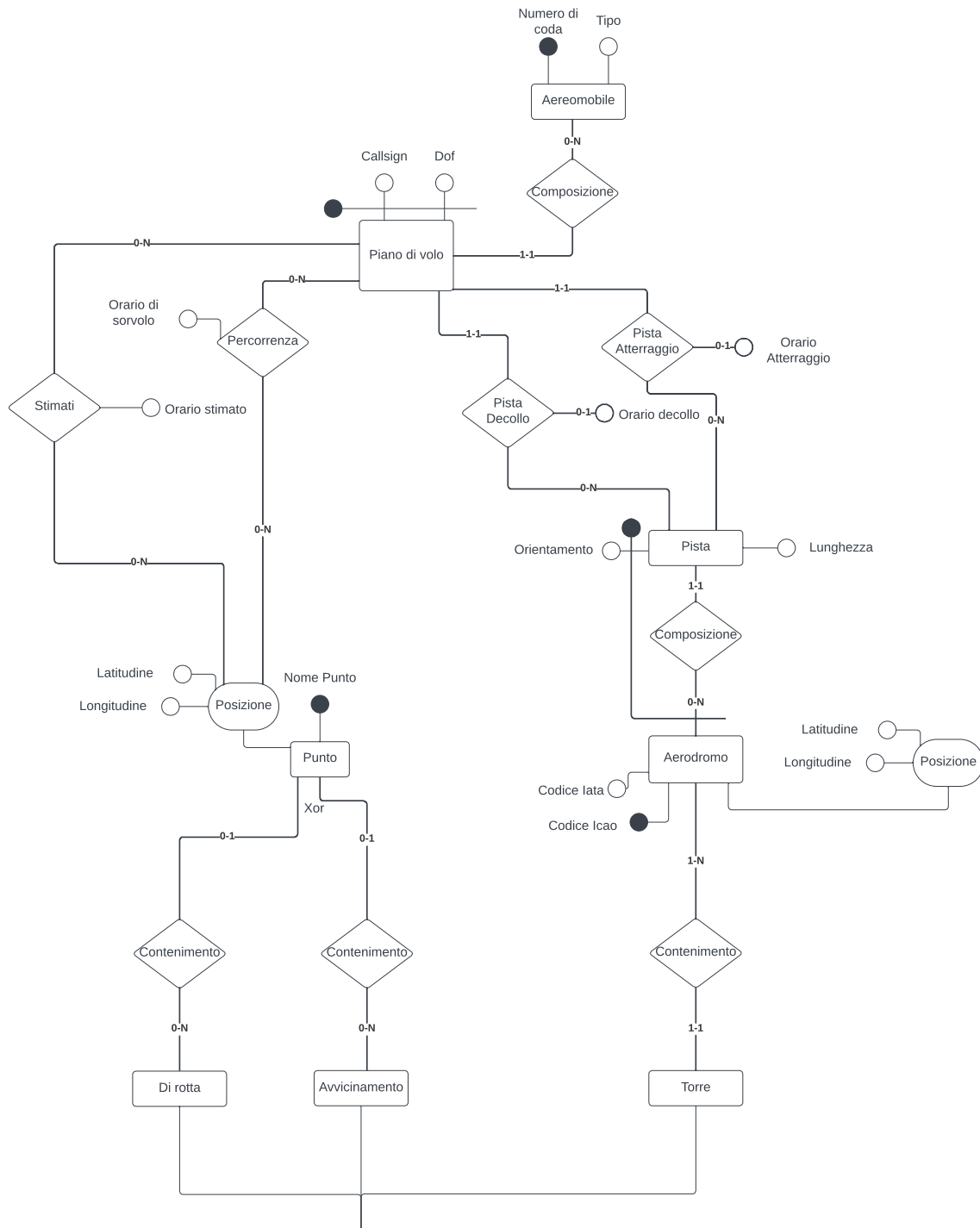


Figura 2.1: "parte relativa al traffico"

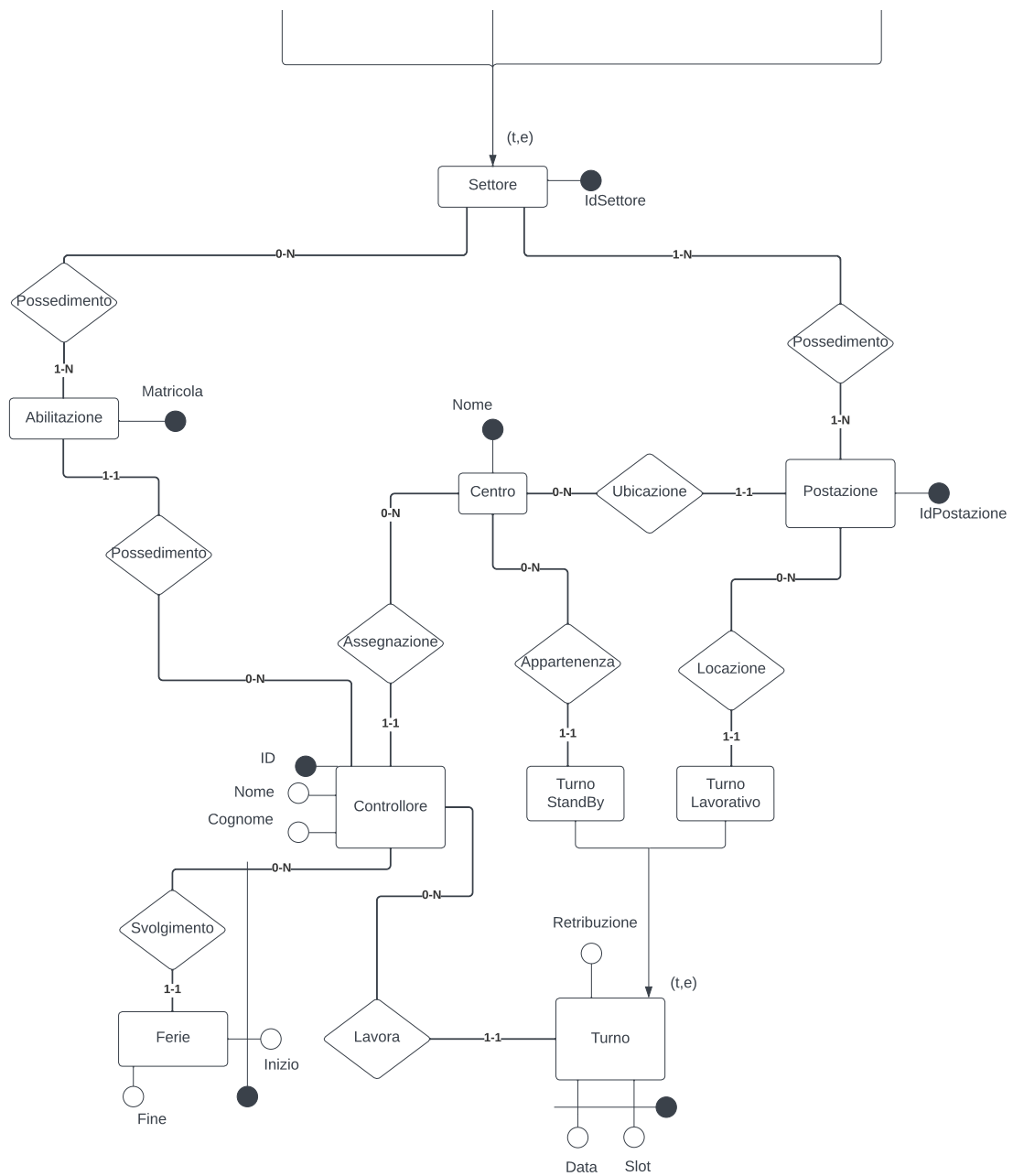


Figura 2.2: "parte relativa ai controllori"

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.

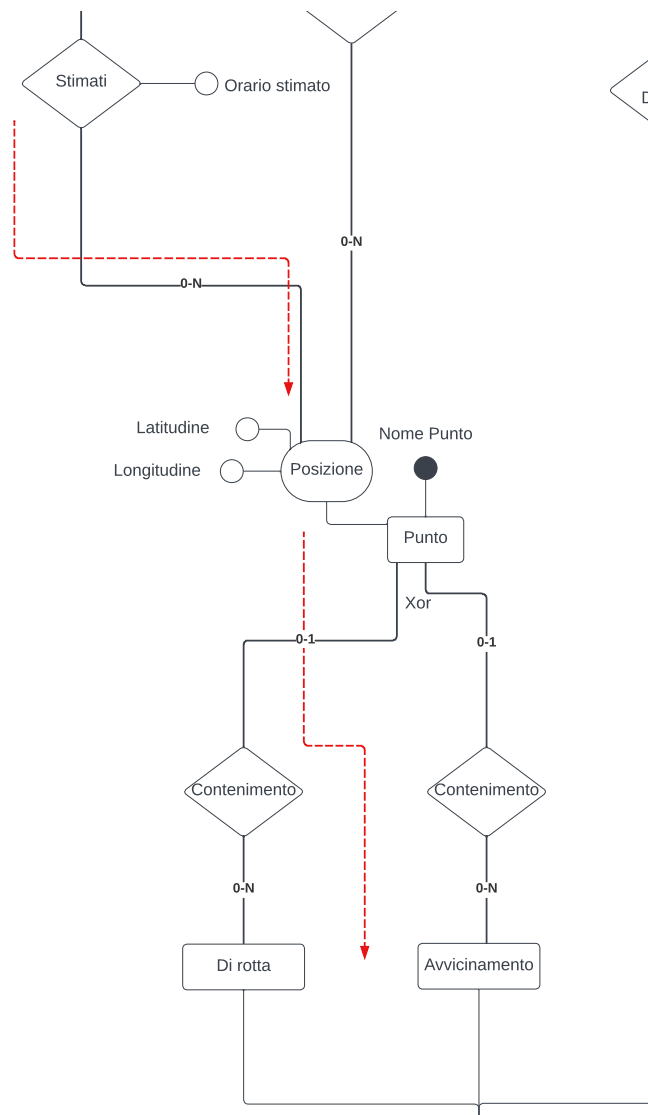


Figura 3.1: "Percorso per trovare l'occupazione"

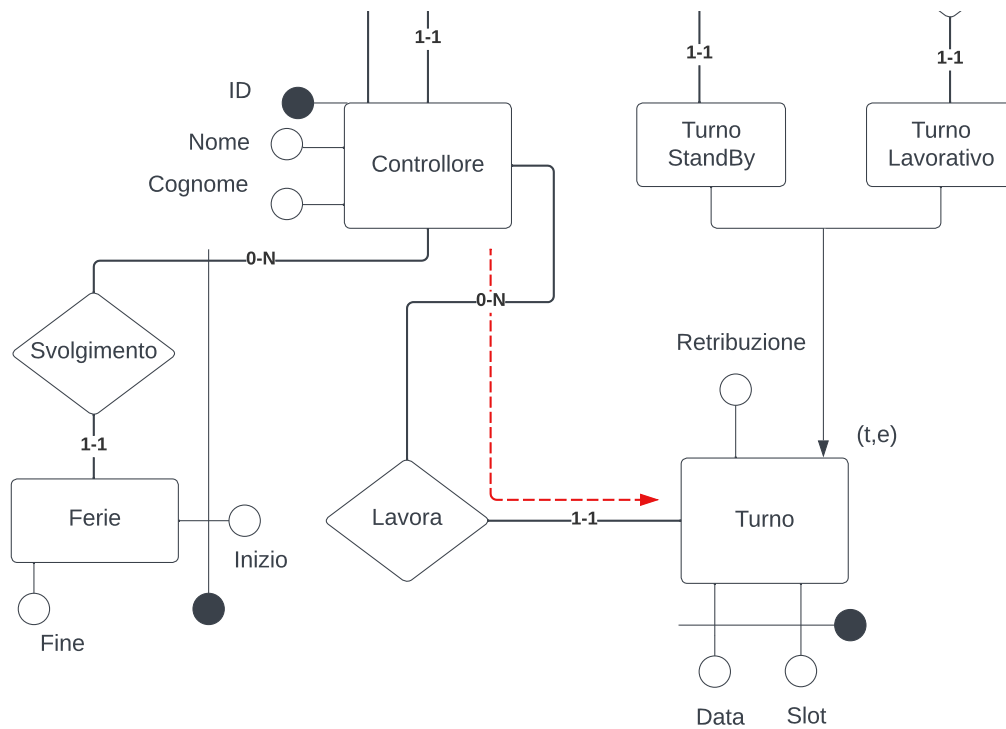


Figura 3.2: "Percorso per trovare I turni lavorativi"

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 | | | |

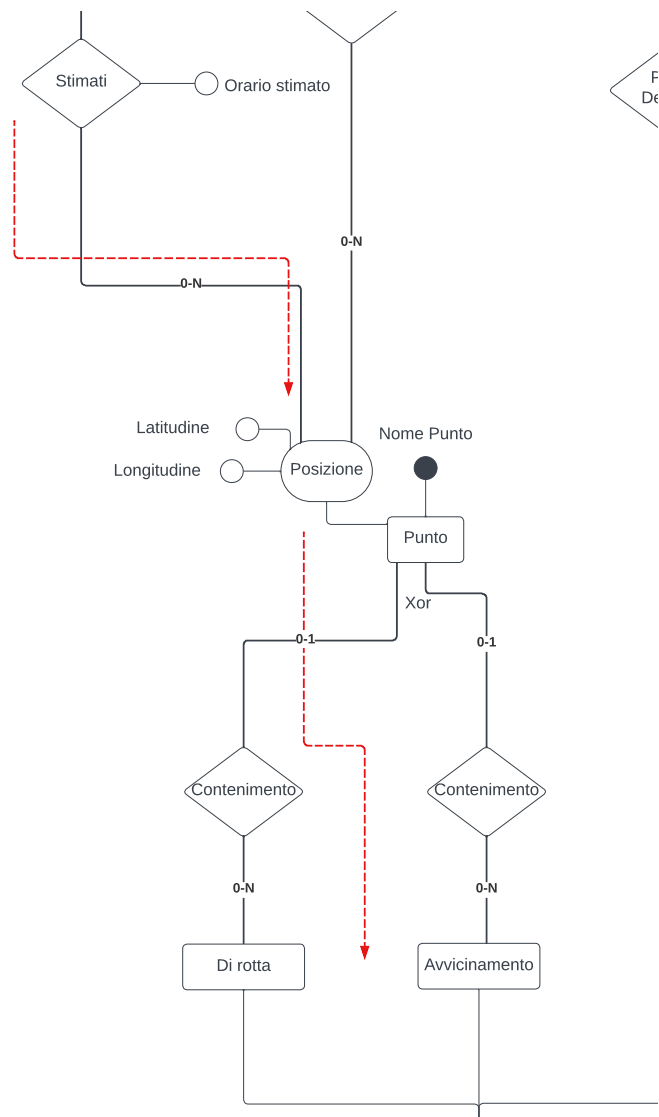


Figura 3.3: "Percorso per trovare l'occupazione"

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

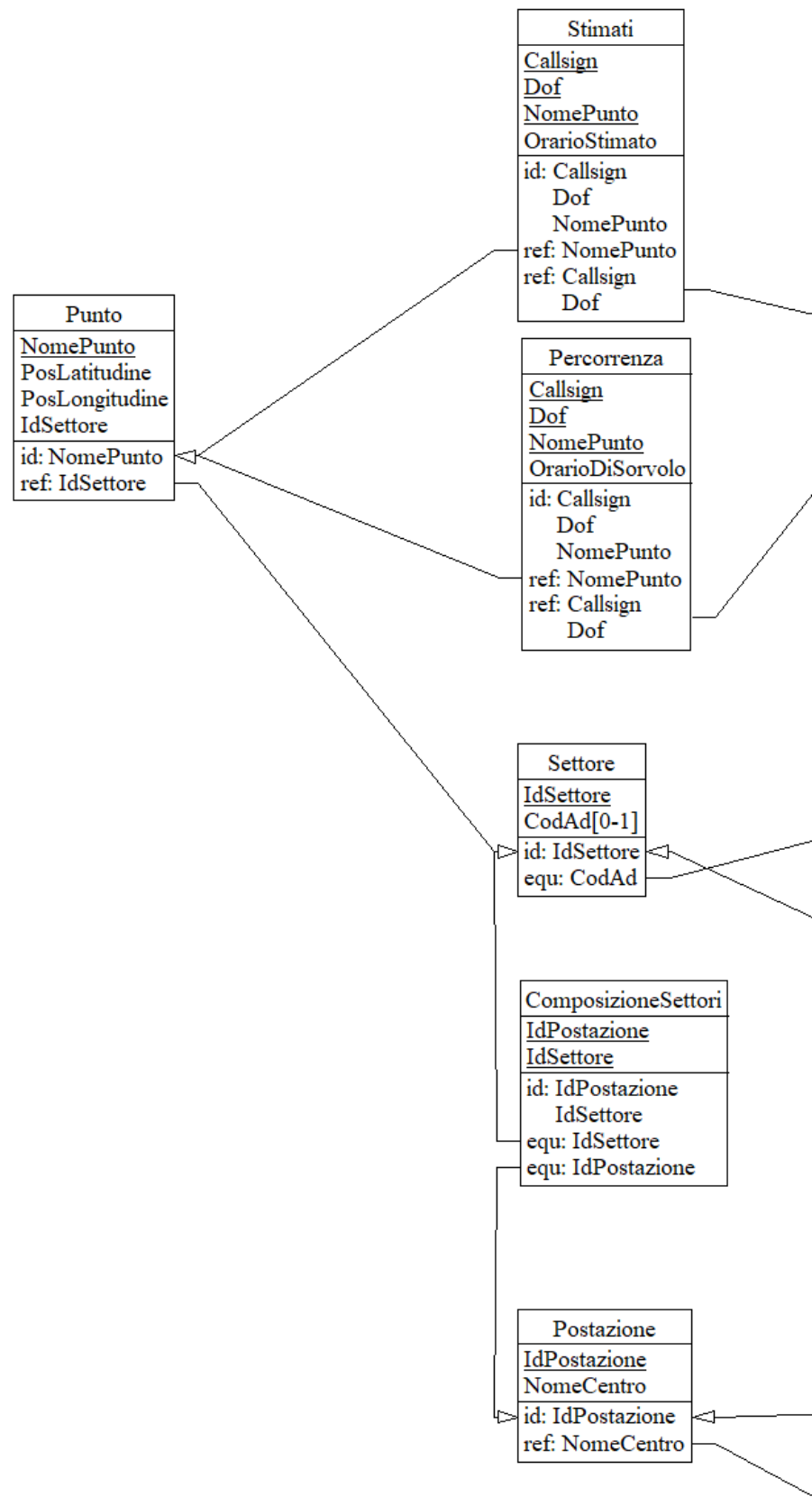


Figura 3.4: "Schema sinistro della relazionale finale"

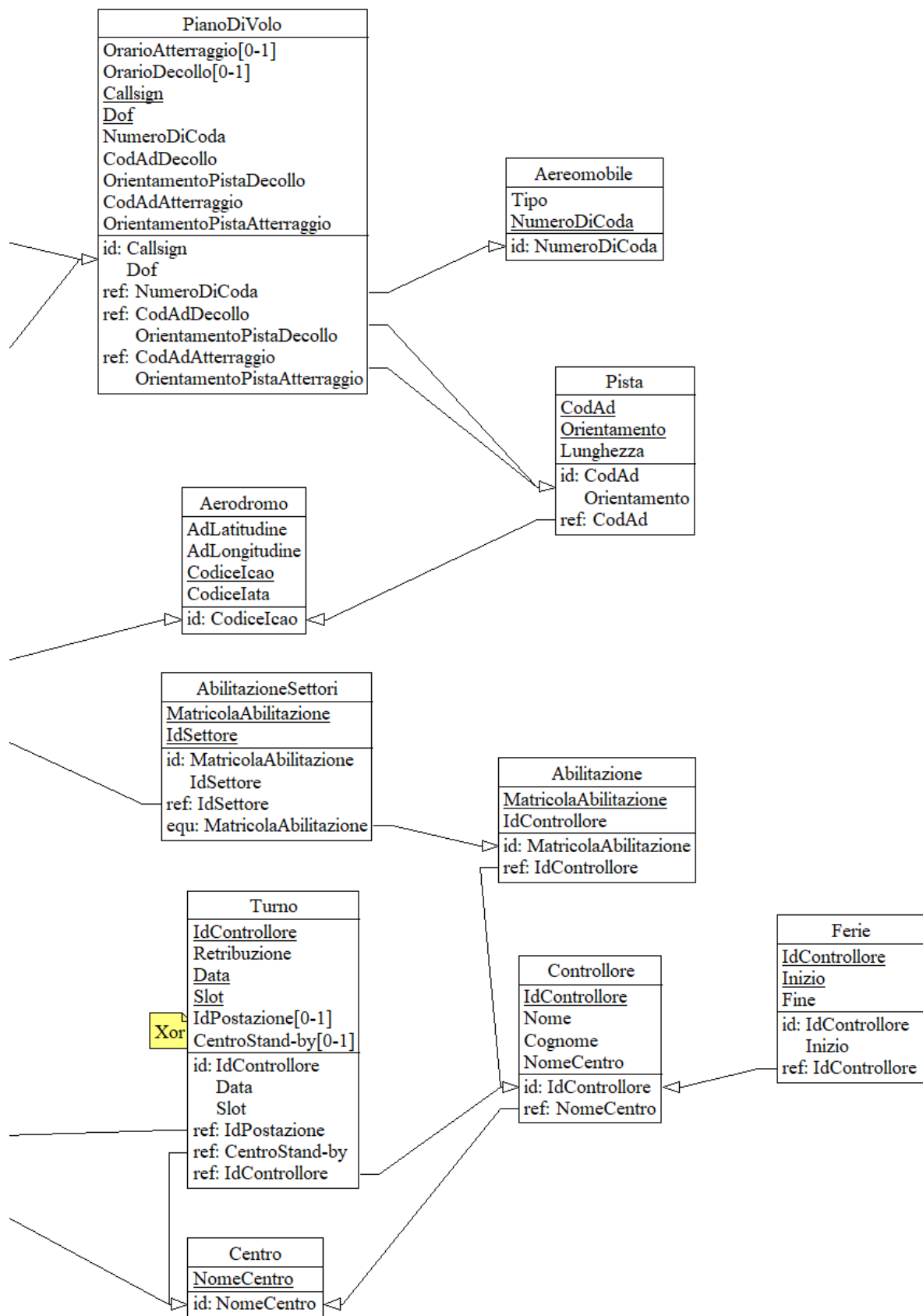


Figura 3.5: "Schema destro della relazionale finale"

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:

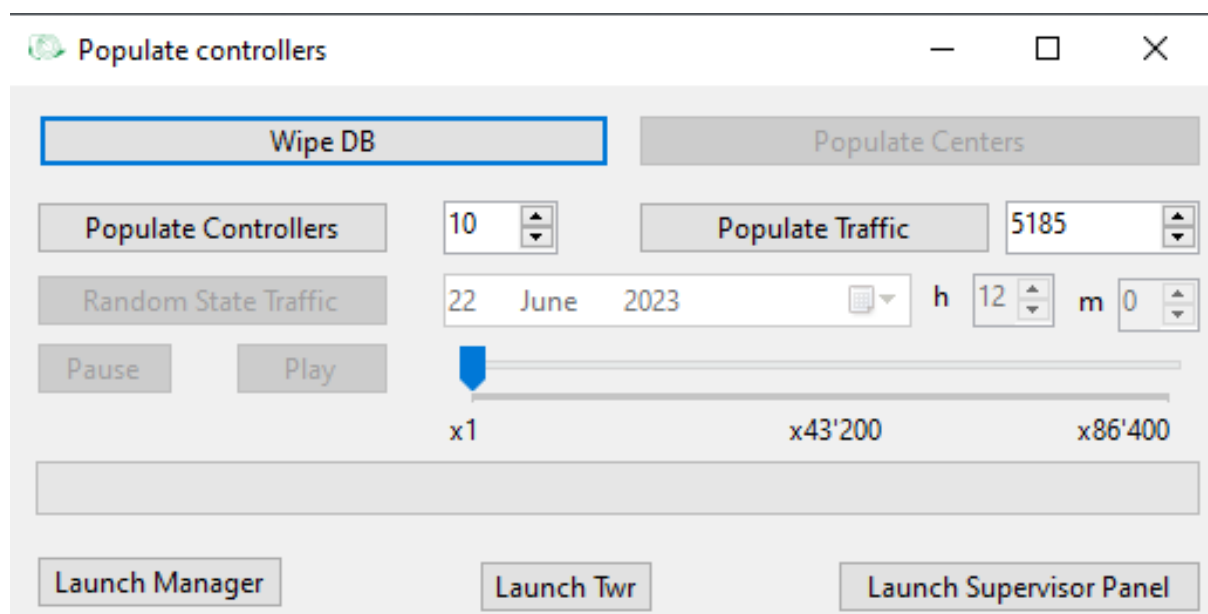
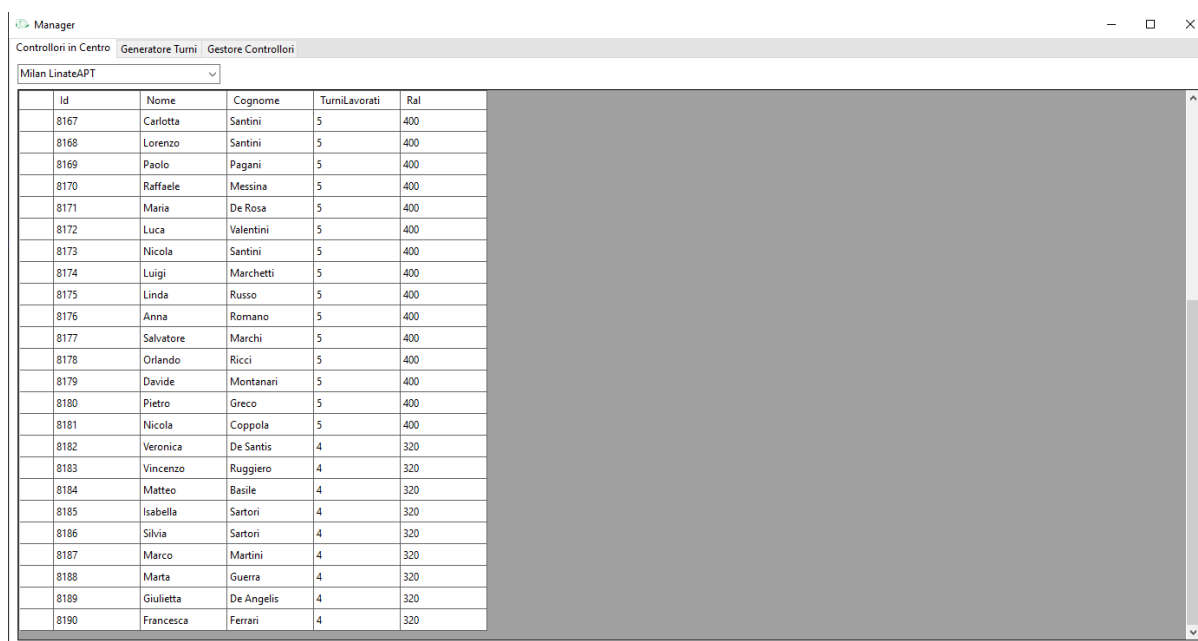


Figura 4.1: "La finestra per gestire la simulazione"

- 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

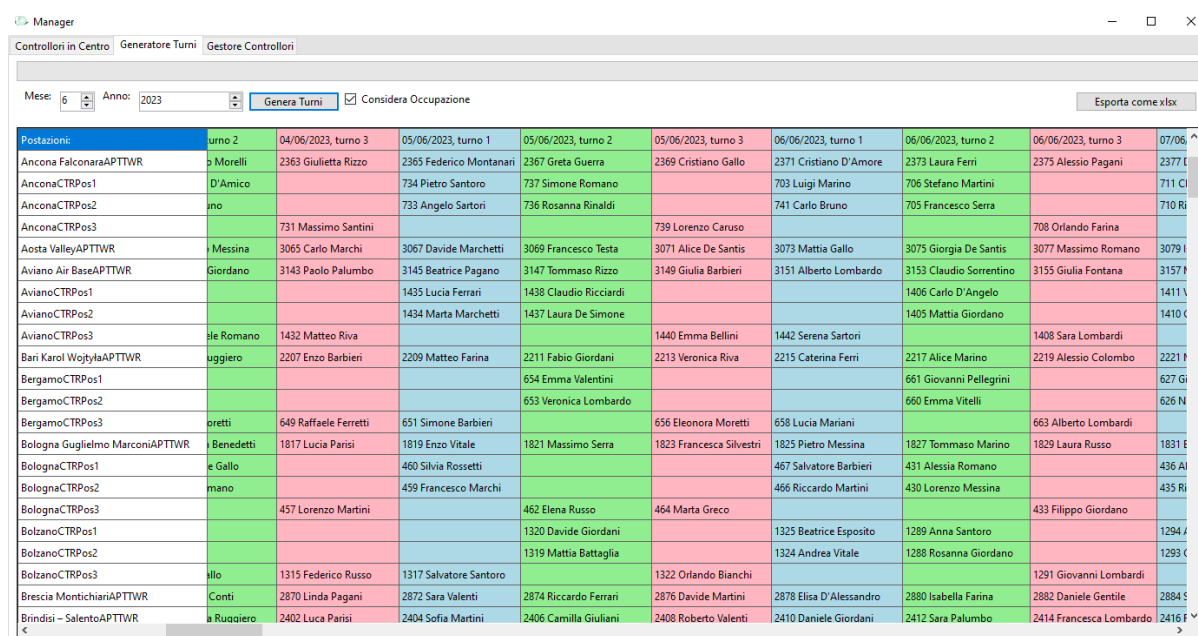
Questo tool è diviso in diverse tab: La prima permette di vedere i controllori presenti in un centro e calcola per ognuno i turni svolti e la compensazione totale.



| 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.



| Postazione | 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 | ano | | 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 | le Romano | 1432 Matteo Riva | | | 1440 Emma Bellini | 1442 Serena Sartori | | 1408 Sara Lombardi | |
| Bari Karol WojtylaAPTWR | uggiero | 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 | oretta | 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 | e Gallo | | 460 Silvia Rossetti | | | 467 Salvatore Barbieri | 431 Alessia Romano | | 436 A |
| BolognaCTRPos2 | mano | | 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 | ilo | 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 | a 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 InternationalAPTWR

Id Controllore:

9299 Martino Chiara

Login

Logout

22/06/2023 23:35:37

Arrivi

| | OrarioDecollo | Callsign | Dof | NumeroDiCodice | OrientamentoPos | CodAdDecollo |
|---|---------------|----------|------------|----------------|-----------------|--------------|
| | | AAR1415 | 20/06/2023 | J-ETCL | 3 | LICJ |
| | | AFR962 | 20/06/2023 | Z-UDXO | 3 | LIRQ |
| | | ASA4692 | 21/06/2023 | O-YBPD | 3 | LIQS |
| | | AUA7029 | 20/06/2023 | E-SMAS | 3 | LICG |
| | | AUA9150 | 21/06/2023 | X-IMWQ | 3 | LIKO |
| | | CRK3250 | 20/06/2023 | P-AGGF | 3 | LIEO |
| ▶ | | CXA2538 | 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 | LIPE |
| | | 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-TXKG | 20/06/2023 | Q-TXKG | 3 | LIQS |
| | | QTR9854 | 22/06/2023 | U-BQX | 3 | LIRP |
| | | RJA3851 | 21/06/2023 | U-YPMH | 3 | LIMJ |
| | | 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 | LIGN |
| | | TAP1310 | 21/06/2023 | D-DSBA | 3 | LIEE |
| | | UAE6994 | 23/06/2023 | I-NLQO | 3 | LIPO |

Partenze

| | 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-DFQS | 3 | LICC |
| | H-TNGD | 21/06/2023 | H-TNGD | 3 | LIMJ |
| | KLM3947 | 21/06/2023 | J-AOEE | 3 | LIPU |
| | P-GBNS | 21/06/2023 | P-GBNS | 3 | LINO |
| ▶ | 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-DUZL | 3 | LIBR |
| | UAL5526 | 21/06/2023 | Z-WFAZ | 3 | LIMJ |
| | JST9351 | 22/06/2023 | P-GNVC | 3 | LICP |
| | QLK819 | 22/06/2023 | N-FUDT | 3 | LIPX |
| | BAW4593 | 23/06/2023 | V-ZQEI | 3 | LIRQ |
| | D-ZOSA | 23/06/2023 | D-ZOSA | 3 | LICC |
| | E-OMMV | 23/06/2023 | E-OMMV | 3 | LIBR |
| | 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 | LIPE |
| | U-DKPY | 23/06/2023 | U-DKPY | 3 | LIRP |
| | COP163 | 24/06/2023 | L-XTMA | 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

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.

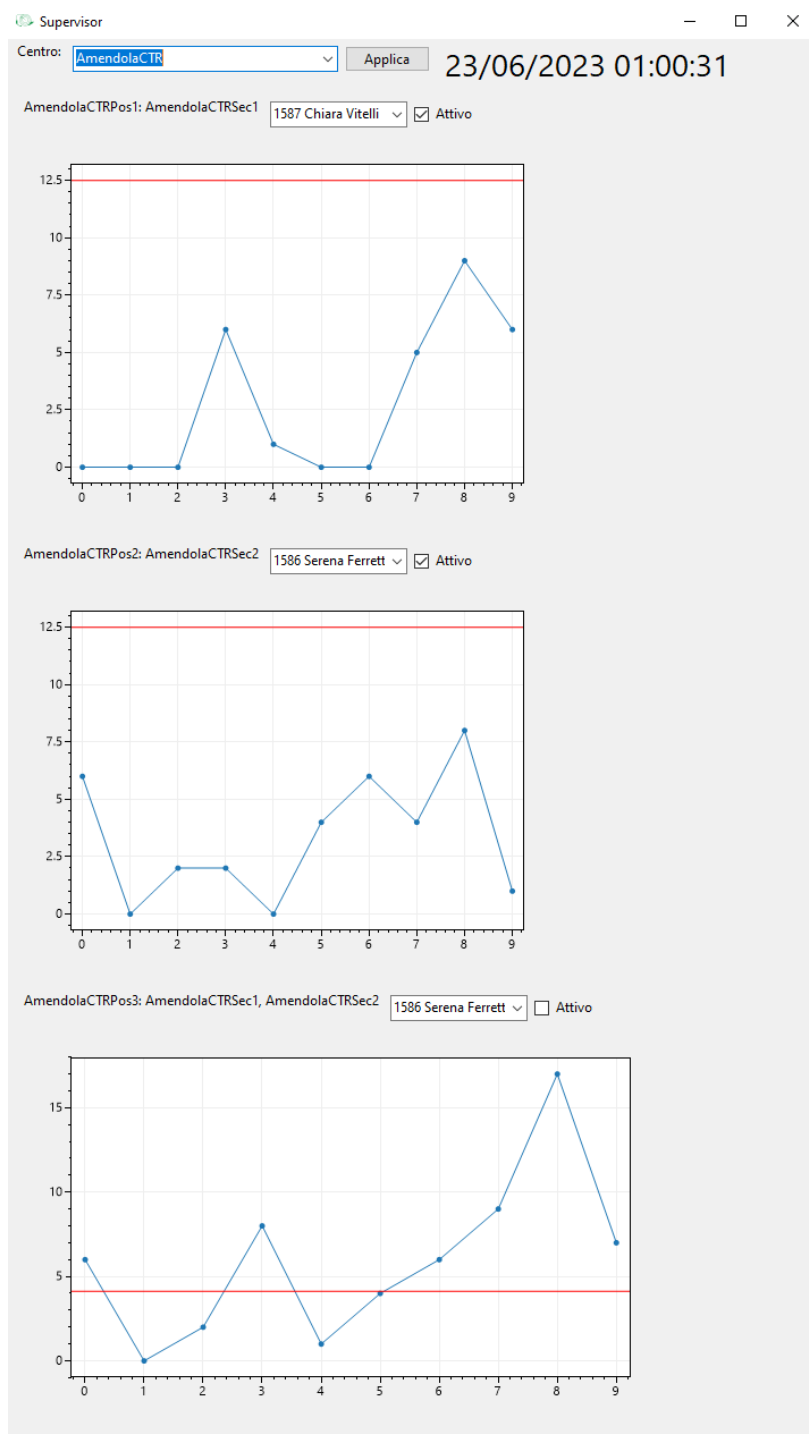


Figura 4.7: "La finestra del Supervisor tool"



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>