

# MIS

## Maintenance Information System

Relazione progetto Basi di Dati  
Fabri Luca 0000892878  
6 settembre 2020



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

# Indice

<b>1 Analisi dei requisiti</b>	<b>2</b>
1.1 Definizione delle specifiche in linguaggio naturale . . . . .	2
1.2 Estrazione dei concetti fondamentali . . . . .	4
<b>2 Progettazione Concettuale</b>	<b>6</b>
2.1 Sviluppo nell'ambito “registrazione macchinari aziendali” . . . . .	6
2.2 Sviluppo nell'ambito “manutenzione macchinari aziendali” . . . . .	7
2.3 Sviluppo nell'ambito “acquisto parti di ricambio” . . . . .	9
2.4 Schema concettuale finale . . . . .	12
<b>3 Progettazione Logica</b>	<b>13</b>
3.1 Stima del volume dei dati . . . . .	13
3.2 Descrizione delle operazioni principali e stima della loro frequenza . . . . .	14
3.3 Schemi di navigazione e tabelle degli accessi . . . . .	16
3.4 Raffinamento dello schema . . . . .	23
3.5 Traduzione di entità e associazioni in relazioni . . . . .	26
3.6 Schema relazionale finale . . . . .	30
3.7 Traduzione delle operazioni in query SQL . . . . .	31
<b>4 Progettazione dell'applicazione</b>	<b>35</b>

# Capitolo 1

## Analisi dei requisiti

Il progetto consiste nella realizzazione di una base di dati per la gestione della manutenzione di macchinari aziendali.

### 1.1 Definizione delle specifiche in linguaggio naturale

Si vuole tenere traccia dei macchinari presenti nell'azienda. Ognuno di questi è collocato fisicamente in una delle dieci filiali sparse tra cinque Stati e, relativamente alla fase di acquisto, può godere di un contratto di manutenzione e/o garanzia stipulate con il fornitore. Ogni macchinario appartiene funzionalmente ad una certa area di produzione (plastica, acciaio, vestiti, terziario) e possono lavorare su di esso più dipendenti interni. La registrazione del macchinario è effettuata principalmente al fine di creare un piano di manutenzione, il cui obiettivo è quello di mantenere operativo tale macchinario più tempo possibile per massimizzare la produzione.

La manutenzione è relativa ad un singolo macchinario e deve essere possibile selezionare la sua tipologia: preventiva, predittiva, basata sulle condizioni e a rottura (di cui è possibile stabilire un piano di manutenzione); reattiva e correttiva (non programmata, straordinaria). La manutenzione preventiva è effettuata prima della effettiva rottura di un pezzo di equipaggiamento e può essere basata sul tempo (periodica) o basata sull'utilizzo (es. dopo h ore di utilizzo del macchinario). La manutenzione predittiva utilizza strumenti per il monitoraggio delle condizioni (es. IoT Internet-of-Things), per monitorare le prestazioni delle apparecchiature durante il normale funzionamento e per rilevare possibili difetti e risolverli prima che si traducano in guasti. La manutenzione basata sulle condizioni (Condition Based Maintenance CBM) impone che la manutenzione debba essere eseguita solo quando alcuni indi-

catori mostrano segni di diminuzione delle prestazioni o imminente guasto. Il controllo di una macchina per questi indicatori può includere misurazioni non invasive, ispezione visiva, dati sulle prestazioni e test programmati. La manutenzione a rottura viene effettuata dopo la rottura di apparecchiatura e la differenza con quella reattiva è che prevede un piano di esecuzione, attuabile quando dovesse avere luogo. La manutenzione correttiva, infine, ha luogo quando si verifica un guasto tra le manutenzioni programmate e pertanto non è programmabile.

Ad ogni piano di manutenzione si vuole collegare uno o più descrizioni di lavoro standard: operazioni/procedure che vanno eseguite ogni qualvolta un certo lavoro deve essere eseguito (es. cambio di un pezzo). Ogni descrizione di lavoro standard è relativa ad un singolo macchinario, è effettuata da personale esterno qualificato per la manutenzione e può necessitare di parti di ricambio. Del personale esterno si vogliono registrare: la sua funzione (es. tecnico, ingegnere, ecc.), le ore di lavoro ed il prezzo orario relativamente alla descrizione di lavoro standard.

Le parti di ricambio sono acquistate da un fornitore, che emette una fattura per ogni sua vendita. Ogni fattura è composta da una o più parti di ricambio con la relativa quantità, ed il prezzo di queste ultime è variabile di fattura in fattura. Ogni parte di ricambio dello stesso tipo relativa ad uno stesso acquisto sono conservate in un magazzino, localizzato in uno dei cinque Stati.

Per quanto riguarda l'attuazione concreta della manutenzione, deve essere possibile registrare un ordine di lavoro, che contiene le date di inizio e fine programmate, le date di inizio e fine effettive ed il numero di ore previste di lavoro. Un ordine di lavoro, inoltre, contiene le descrizioni di lavoro standard che vengono effettivamente eseguite: in particolare, in fase di manutenzione, potrebbe essere possibile che altre descrizioni di lavoro standard vengono effettuate, o allo stesso tempo che altre programmate non vengano attuate. Deve essere possibile inserire il livello d'urgenza che il lavoro vada eseguito e una diagnosi del macchinario, che contenga l'immagine del guasto (utile per i manutentori) e che descriva le cause e i sintomi che hanno portato ad eseguire (in anticipo o in tempo) l'ordine di lavoro.

Infine, si vuole dare la possibilità di creare ordini di lavoro relativi a un progetto. Un progetto è programmato ed ha lo scopo di analizzare i costi di manutenzione relativamente ad una certa area di produzione (centro di costo) o di analizzarli in termini di tempo (es. costi totali mensili). Un progetto può contenere più ordini di lavoro, ognuno non necessariamente relativo ad un singolo macchinario.

## 1.2 Estrazione dei concetti fondamentali

Individuiamo adesso le parole e le espressioni chiave che ci consentiranno di realizzare uno schema significativo del progetto e di raffinarlo successivamente per ottenere lo schema definitivo. I termini di rilievo appaiono nel testo con una sottolineatura:

Si vuole tenere traccia dei **Macchinari** presenti nell'azienda. Ognuno di questi è collocato fisicamente in un **Indirizzo** di una **Città** appartenente ad un certo **Stato** e, relativamente alla fase di acquisto, può godere di un contratto di manutenzione e/o garanzia stipulate con il **Fornitore**. Ogni macchinario appartiene funzionalmente ad una certa area di produzione (composizione di **Famiglia** e **Sotto-famiglia**), come ad esempio plastica, acciaio, vestiti, terziario e possono lavorare su di esso più **Dipendenti Interni**. La registrazione del macchinario è effettuata principalmente al fine di creare un **Piano di manutenzione**, il cui obiettivo è quello di mantenere operativo tale macchinario più tempo possibile per massimizzare la produzione.

Il Piano Di Manutenzione è programmato ed è quindi innescato dalle tipologie di manutenzione programmata precedentemente illustrate.

Per quanto riguarda l'attuazione concreta della manutenzione, deve essere possibile registrare un ordine di lavoro, che contiene le date di inizio e fine programmate, le date di inizio e fine effettive ed il numero di ore previste di lavoro. Un ordine di lavoro è riferito solamente ad un macchinario ed, inoltre, contiene le descrizioni di lavoro standard che vengono eseguite. Deve essere possibile inserire il **Livello D'Urgenza** che il lavoro vada eseguito e una **Diagnosi** del macchinario, che contenga l'immagine del guasto (utile per i manutentori) e che descriva le cause e i sintomi che hanno portato ad eseguire (in anticipo o in tempo) l'ordine di lavoro.

Si deve poter inserire gli ordini di lavoro relativi ad un Piano di Manutenzione o ad un **Progetto** (entrambi programmati) ad un **Ordine Di Lavoro Ordinario** mentre per quanto riguarda le manutenzioni non programmate (di tipo correttiva e reattiva) potrà essere generato un **Ordine Di Lavoro Straordinario**.

Ad ogni piano di manutenzione si vuole collegare uno o più **Descrizioni Di Lavoro Standard**: operazioni/procedure che vanno eseguite ogni qualvolta un certo lavoro deve essere ottemperato (es. cambio di un pezzo). Ogni descrizione di lavoro standard è relativa ad un singolo macchinario, è effettuata da **Personale Esterno** qualificato per la manutenzione e può necessitare di **Parti Di Ricambio**. Del personale esterno si vogliono

registrare: la sua **Funzione** (es. tecnico, ingegnere, ecc.), le **Ore Di Lavoro** ed il prezzo orario relativamente alla descrizione di lavoro standard.

Le parti di ricambio sono ottenute tramite un **Acquisto** da un fornitore, che emette una fattura per ogni sua vendita. Ogni fattura è composta da una o più parti di ricambio con la relativa quantità, ed il prezzo di queste ultime è variabile di fattura in fattura. Tale composizione: parte di ricambio e quantità prende il nome di **Stock**. Ogni parte di ricambio dello stesso tipo relativa ad uno stesso acquisto sono conservate in un **Magazzino**, localizzato in uno dei cinque Stati.

Un progetto ha lo scopo di analizzare i costi di manutenzione relativamente ad una certa area di produzione (centro di costo) o di analizzarli in termini di tempo (es. costi totali mensili). Un progetto può contenere più ordini di lavoro, ognuno non necessariamente relativo ad un singolo macchinario.

# Capitolo 2

## Progettazione Concettuale

### 2.1 Sviluppo nell'ambito “registrazione macchinari aziendali”

Per quanto riguarda il macchinario aziendale (Item) devono essere inserite tutte le sue specifiche, compresi file e foto. La sua collocazione fisica ho deciso di organizzarla con una catena di entità (da State ad Address) in modo che ogni indirizzo sia identificativo solo per la città in cui si trova, analogamente per Subfamily con Family (collocazione funzionale del macchinario). L'eventuale contratto di manutenzione e/o garanzia del macchinario verranno inserite in Sale poichè sono stipulate dal fornitore. Nell'Item possono lavorare più dipendenti interni. Vedremo nello schema E/R completo che i dipendenti sono organizzati con una generalizzazione.

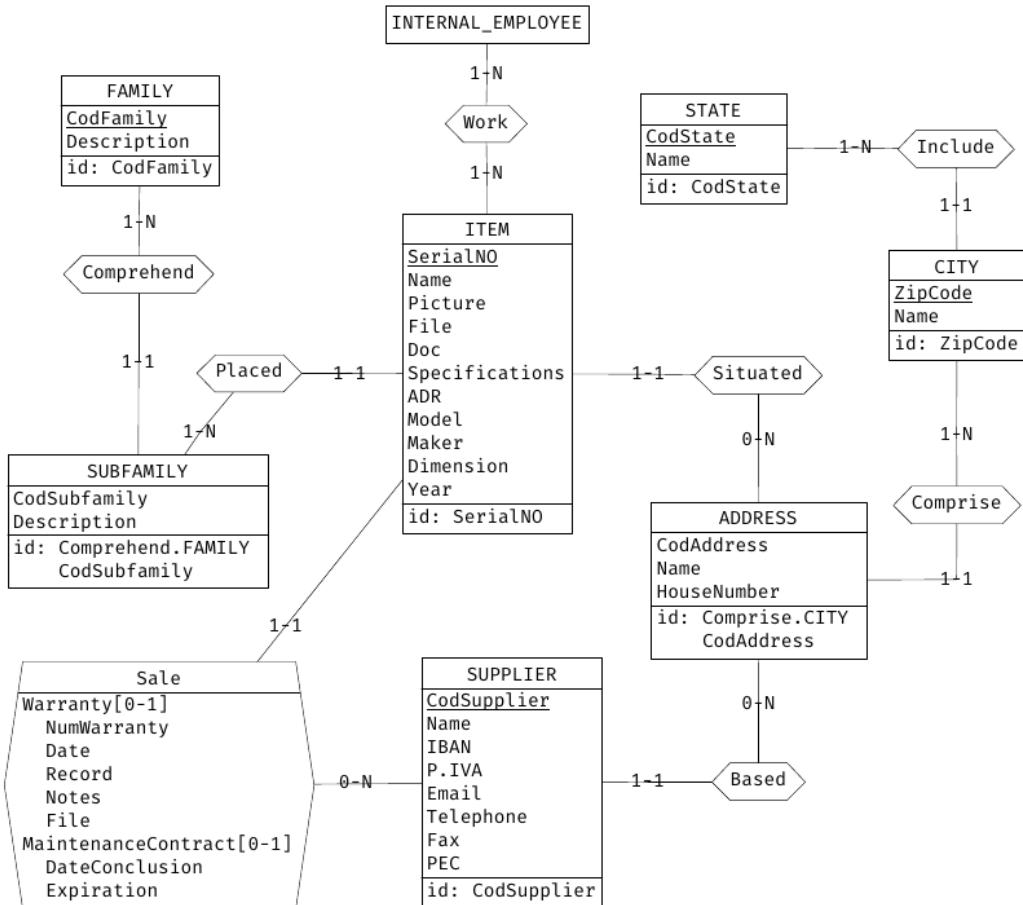


Figura 2.1: Registrazione macchinari aziendali

## 2.2 Sviluppo nell'ambito “manutenzione macchinari aziendali”

Optando inizialmente per una generalizzazione, ho deciso di gestire la tipologia di piano di manutenzione (Work Type) tramite un attributo composto: in Schedule troviamo quelle programmate, cioè quella preventiva, predittiva, basata sulle condizioni e a rottura, mentre nell’entità Extraordinary Work Order quelle non programmate: reattiva e correttiva.

In particolare, i Work Order scaturiti da un Maintenance Schedule e/o un Project sono di tipo Ordinary, mentre quelli innescati da manutenzione non programmata di tipo Extraordinary.

L'entità Project fa parte della generalizzazione Schedule poichè come Maintenance può avere una certa periodicità. Siccome un Ordinary Work Order può appartenere solamente ad un Project e non ad un Maintenance, c'è la necessità di identificare Work Order esternamente con il numero seriale (SerialNO, chiave di Item).

La descrizione di lavoro standard è rappresentata dall'entità Work Description, dove deve essere inserita la descrizione e i task (step) che vanno effettuati per eseguire il lavoro, le ore lavorative relative ai dipendenti esterni e le eventuali parti di ricambio che vengono utilizzate, estratte da Stock che esamineremo successivamente.

Work Description è collegata sia a Work Order che a Maintenance Schedule poichè Ordinary Work Order può contenere più o meno Work Description associati a Maintenance Schedule ed Extraordinary Work Order deve necessariamente contenere uno o più Work Description.

In Diagnosis è possibile specificare le cause e i sintomi del macchinario che hanno fatto scaglionare l'ordine di lavoro. L'immagine del guasto verrà inserita in Spring poichè la stessa diagnosi si potrebbe presentare più volte nell'arco del ciclo di vita del macchinario: in questo modo la stessa Diagnosis può essere selezionata da più Work Orders.

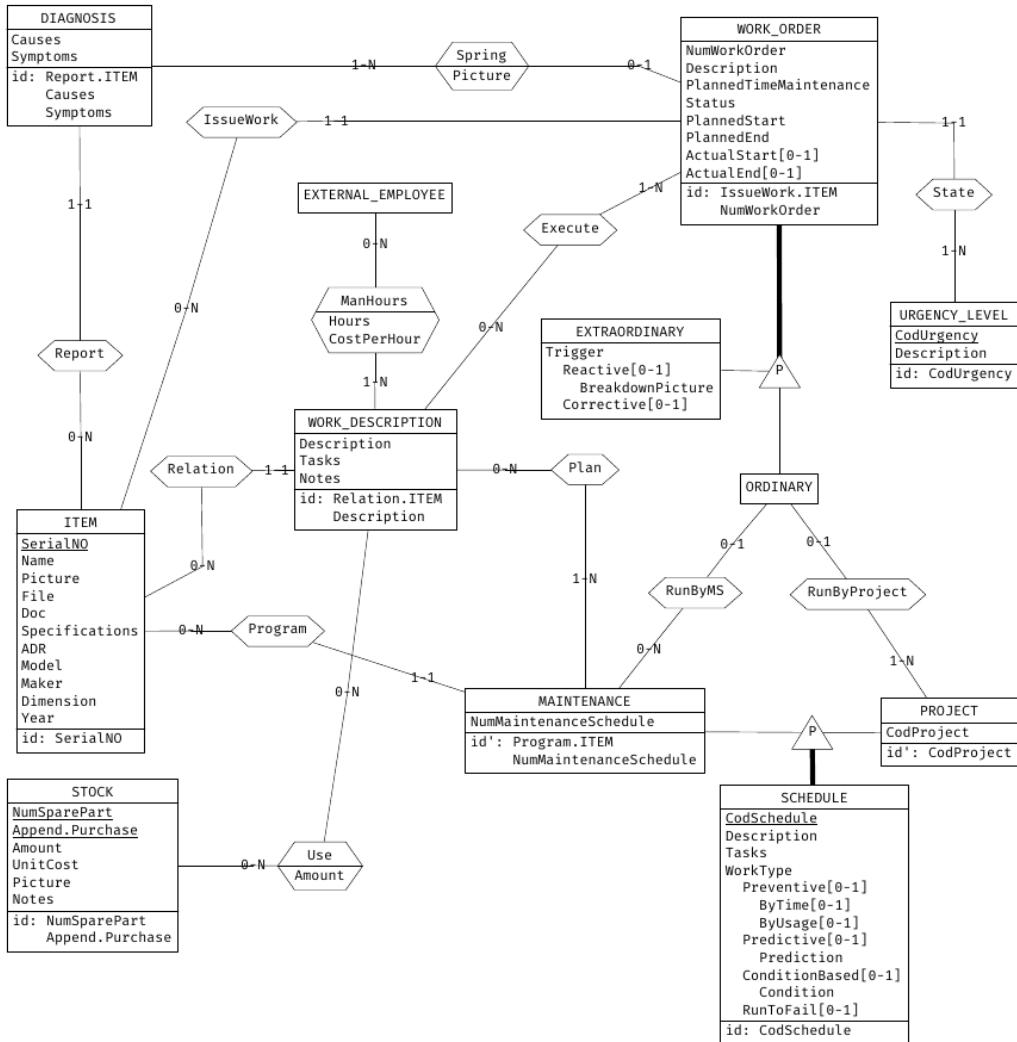


Figura 2.2: Manutenzione macchinari

## 2.3 Sviluppo nell'ambito “acquisto parti di ricambio”

Riguardo alla gestione dell’acquisto di parti di ricambio, ho suddiviso la descrizione, specifiche della Spare Part con la loro giacenza (Stock). Poichè potrebbero verificarsi più acquisti di una determinata Spare Part, fondere le due entità causerebbe un’eccessiva ridondanza.

Ogni Spare Part è di ricambio per un solo macchinario. Purchase contiene più Stock, ognuno storizzato in un magazzino.

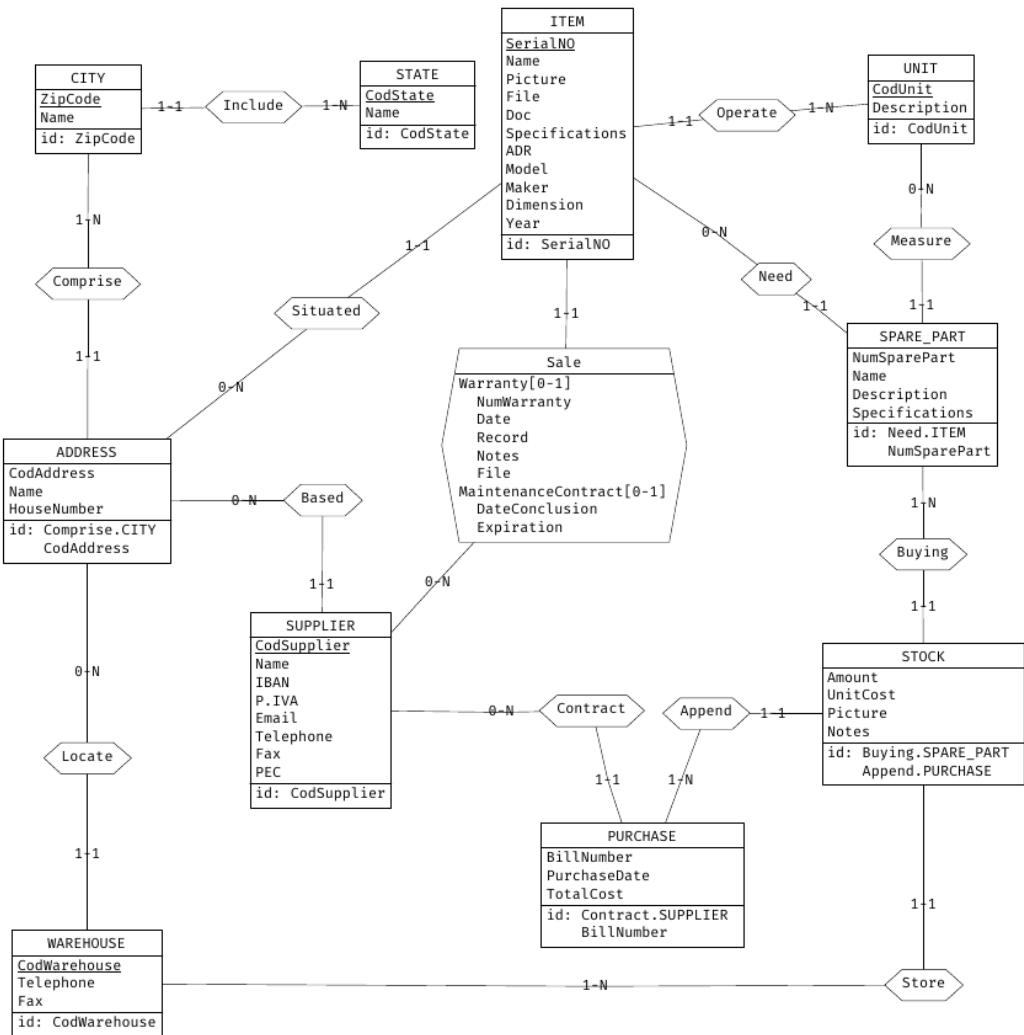


Figura 2.3: Acquisto parti di ricambio



## 2.4 Schema concettuale finale

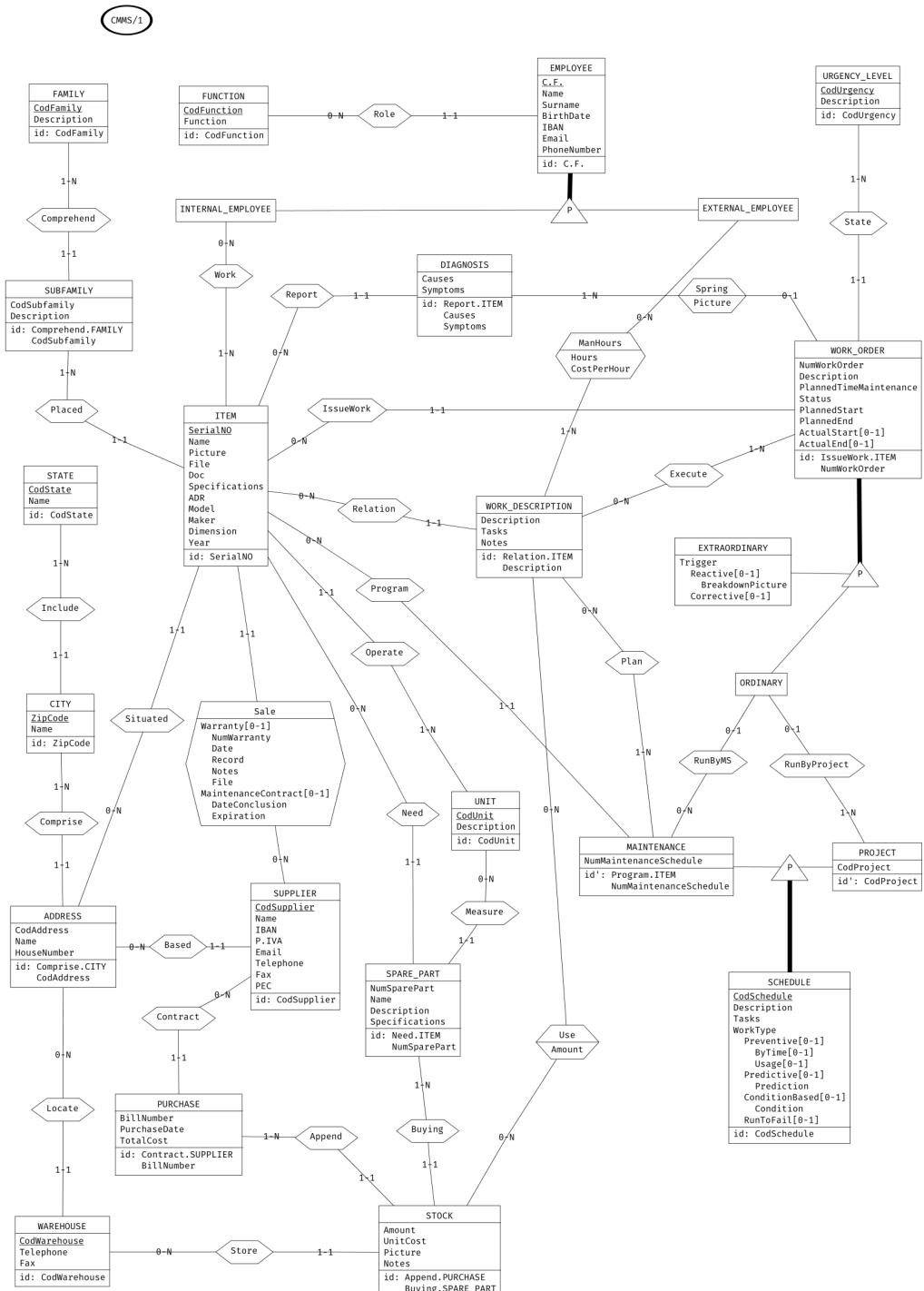


Figura 2.4: Modello E/R finale

# Capitolo 3

## Progettazione Logica

### 3.1 Stima del volume dei dati

Di seguito vengono riportate per ogni entità e relazione il numero orientativo di istanze nel corso della vita della base dati.

CONCETTO	TIPO (E/R)	VOLUME
FAMILY	E	6
SUBFAMILY	E	60
STATE	E	5
CITY	E	20
ADDRESS	E	20
WAREHOUSE	E	7
SUPPLIER	E	30
Sale	R	500
ITEM	E	500
UNIT	E	10
FUNCTION	E	10
INTERNAL EMPLOYEE	E	1000
EXTERNAL EMPLOYEE	E	200
ManHours	R	20000
WORK DESCRIPTION	E	10000
Use	R	30500
SPARE PART	E	5000

PURCHASE	E	10000
Append	R	30000
STOCK	E	30000
Execute	R	60000
WORK ORDER ORDINARY	E	15000
WORK ORDER EXTRAORDINARY	E	5000
RunByMS	R	13000
Plan	R	15000
MAINTENANCE	E	5000
RunByProject	R	4000
PROJECT	E	500
Spring	R	500
DIAGNOSIS	E	5000

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

NOME OPERAZIONE	FREQUENZA	TIPO (INTERATTI- VA/BATCH)
Registrazione di un item	30/anno	I
Creazione di un maintenance schedule	1000/anno	I
Creazione di un work description	700/anno	I
Creazione di un progetto	300/anno	I
Creazione di un work order di tipo manutenzione reattiva (straordinaria) con diagnosi preesistente	5/giorno	I
Visualizzazione costo totale di un progetto	200/anno	B

Confronto dei costi programmati con quelli effettivi relativamente ad un maintenance work order	4/mese	B
Registrazione acquisto di pezzi di ricambio	200/settimana	I
Visualizzazione elenco degli ordini di lavoro ancora non in esecuzione per un certo macchinario	5/mese	B
Visualizzazione calendario degli ordini di lavoro	200/giorno	B

### 3.3 Schemi di navigazione e tavole degli accessi

#### Registrazione di un item

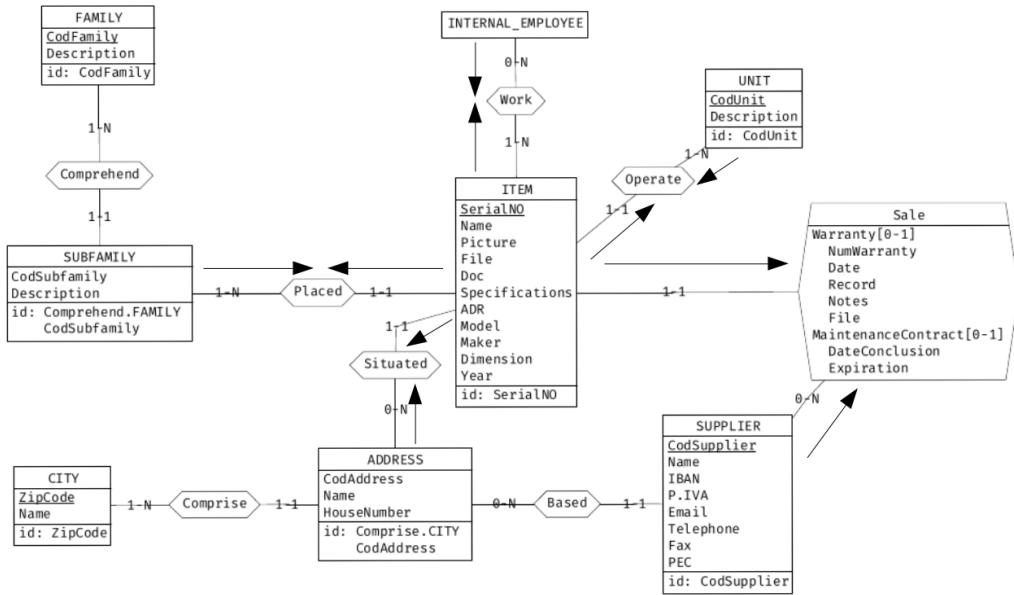


Figura 3.1: Schema di navigazione: registrazione item

CONCETTO	COSTRUTTO	ACCESSI	TIPO (LETTURA/SCRITTURA)
ITEM	E	1	S
Operate	R	1	S
UNIT	E	1	L
Sale	R	1	S
SUPPLIER	E	1	L
Situated	R	1	S
ADDRESS	E	1	L
Placed	R	1	S
SUBFAMILY	E	1	L
Work	R	1000/500 = 2	S
INTERNAL EMPLOYEE	E	2	L

$$7S + 6L = 20 \text{ accessi} \rightarrow 30 * 20 = 600 \text{ accessi/anno}$$

## Registrazione di un Maintenance Schedule

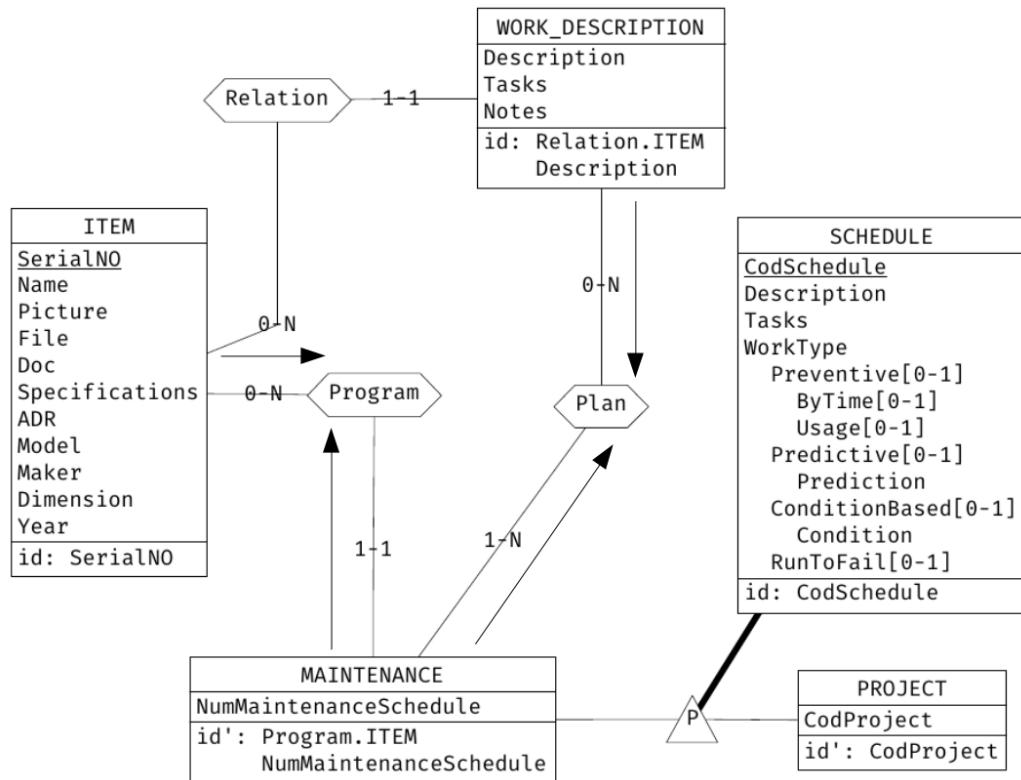


Figura 3.2: Schema di navigazione: registrazione maintenance schedule

CONCETTO	COSTRUTTO	ACCESSI	TIPO (LETTURA/SCRITTURA)
SCHEDULE	E	1	S
MAINTENANCE	E	1	S
Program	R	1	S
ITEM	E	1	L
Plan	R	15000/5000 = 3	S
WORK DESCRIPTION	E	3	L

$$6S + 4L = 16 \text{ accessi} \rightarrow 1000 * 16 = 16000 \text{ accessi/anno}$$

## Creazione di un work description

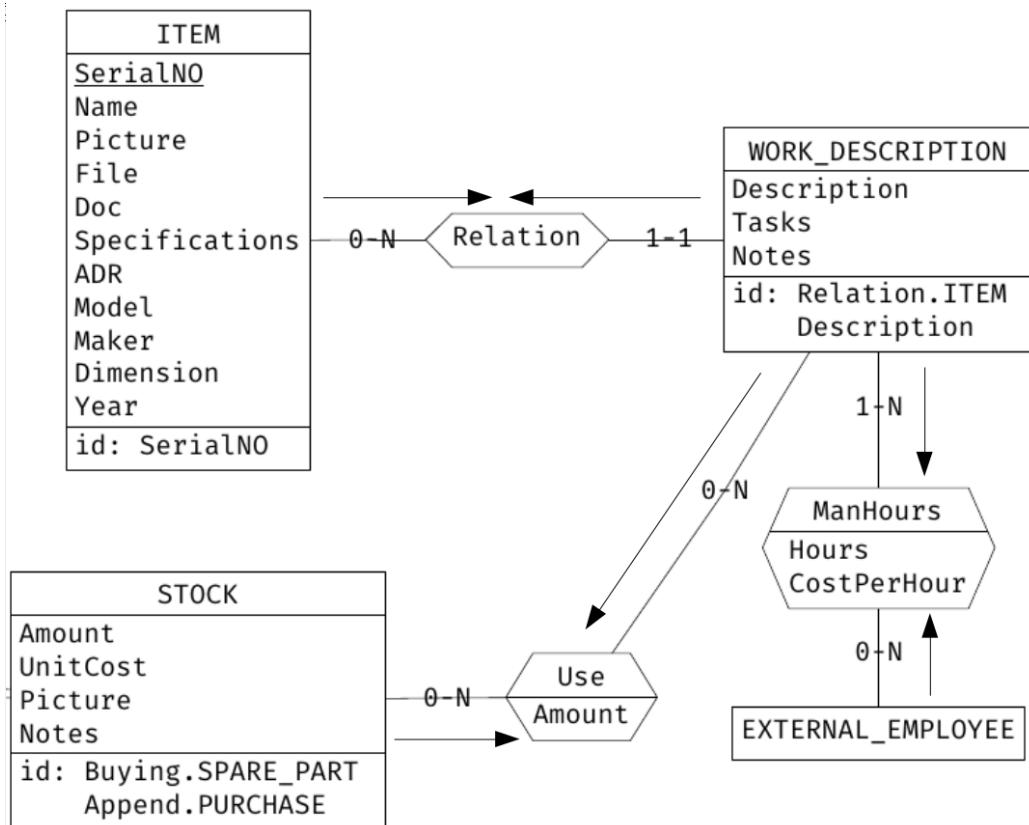


Figura 3.3: Schema di navigazione: creazione work description

CONCETTO	COSTRUTTO	ACCESSI	TIPO (LETTURA/SCRITTURA)
WORK DESCRIPTION	E	1	S
Relation	R	1	S
ITEM	E	1	L
Use	R	30500/10000 = 3.05	S
STOCK	E	3.05	L
ManHours	R	20000/10000 = 2	S
EXTERNAL EMPLOYEE	E	2	L

$$7.05S + 6.05L = 20.15 \text{ accessi} \rightarrow 700 * 20.15 = 14105 \text{ accessi/anno}$$

## Creazione di un progetto

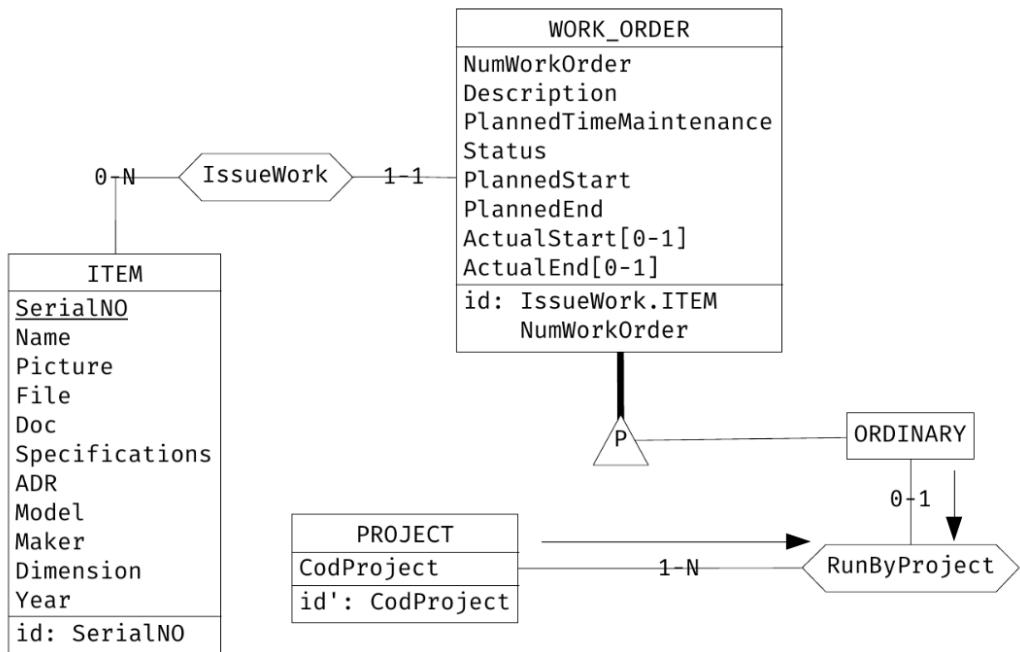


Figura 3.4: Schema di navigazione: creazione di un progetto

CONCETTO	COSTRUTTO	ACCESSI	TIPO (LETTURA/SCRITTURA)
SCHEDULE	E	1	S
PROJECT	E	1	S
RunByProject	R	4000/500 = 8	S
ORDINARY WORK ORDER	E	8	L

$$10S + 8L = 28 \text{ accessi} \rightarrow 300 * 28 = 8400 \text{ accessi/anno}$$

## Creazione di un work order di tipo straordinario con diagnosi preesistente

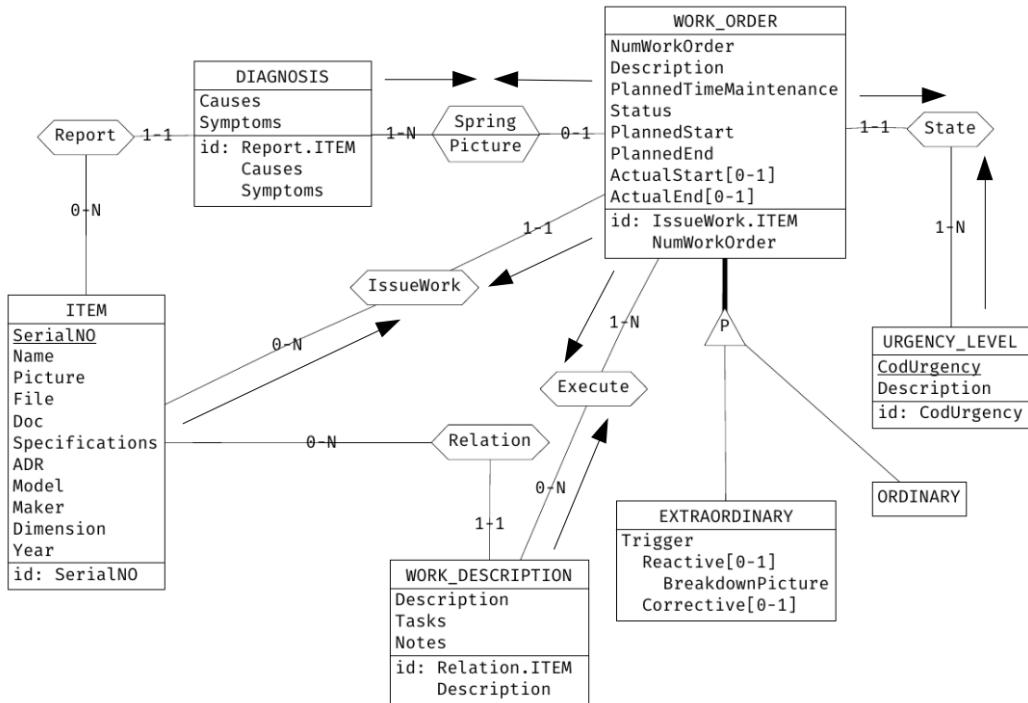


Figura 3.5: Schema di navigazione: creazione extraordinary work order

CONCETTO	COSTRUTTO	ACCESSI	TIPO (LETTURA/SCRITTURA)
WORK ORDER	E	1	S
EXTRAORDINARY	R	1	S
Execute	R	3	S
WORK DESCRIPTION	E	3	L
IssueWork	R	1	S
ITEM	E	1	L
State	R	1	S
URGGENCY LEVEL	E	1	L
Spring	R	1	S
DIAGNOSIS	E	1	L

$$8S + 6L = 22 \text{ accessi} \rightarrow 5 * 22 = 110 \text{ accessi/giorno}$$

## Visualizzazione costo totale di progetto

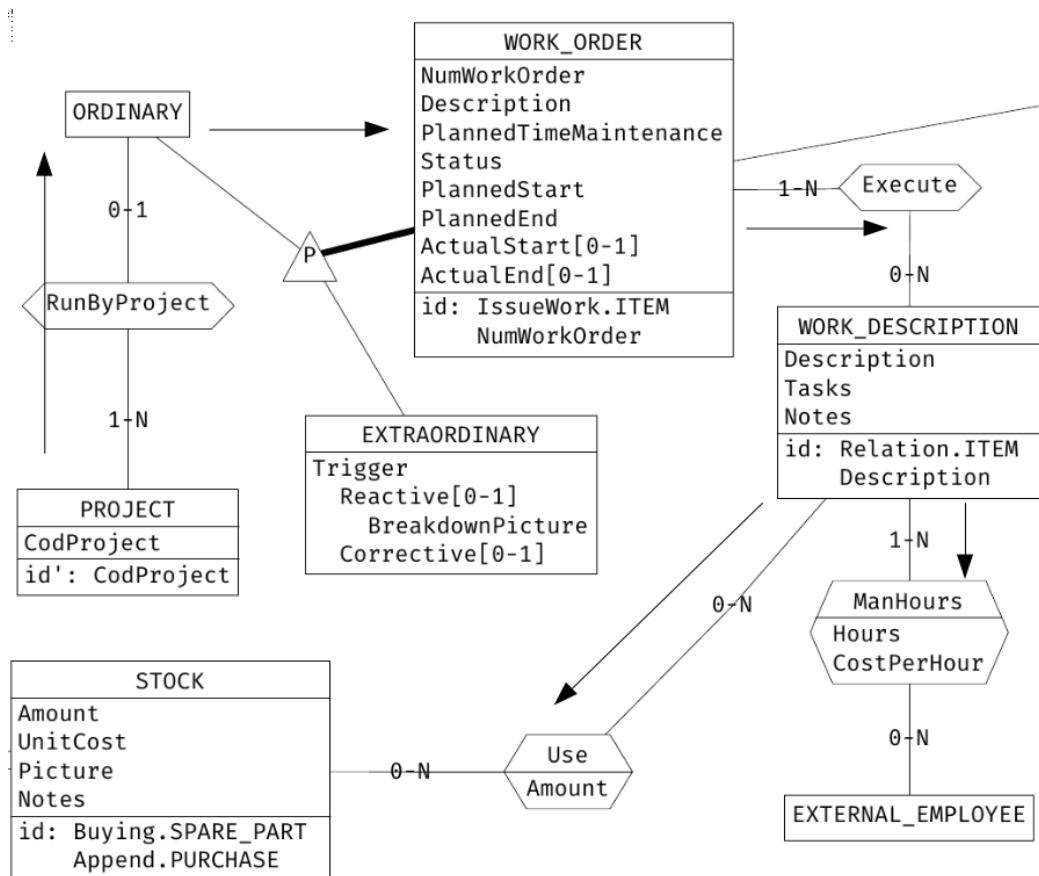


Figura 3.6: Schema di navigazione: costo totale di progetto

CONCETTO	COSTRUTTO	ACCESSI	TIPO (LETTURA/SCRITTURA)
PROJECT	E	1	L
RunByProject	R	4000/500 = 8	L
WORK ORDER	E	8	L
Execute	R	8 * 3 = 24	L
ManHours	R	24 * 3.5 = 84	L
Use	R	24 * 2 = 48	L
STOCK	E	48	L

$$221L = 221 \text{ accessi} \longrightarrow 200 * 221 = 44200 \text{ accessi/anno}$$

## Registrazione acquisto pezzi di ricambio

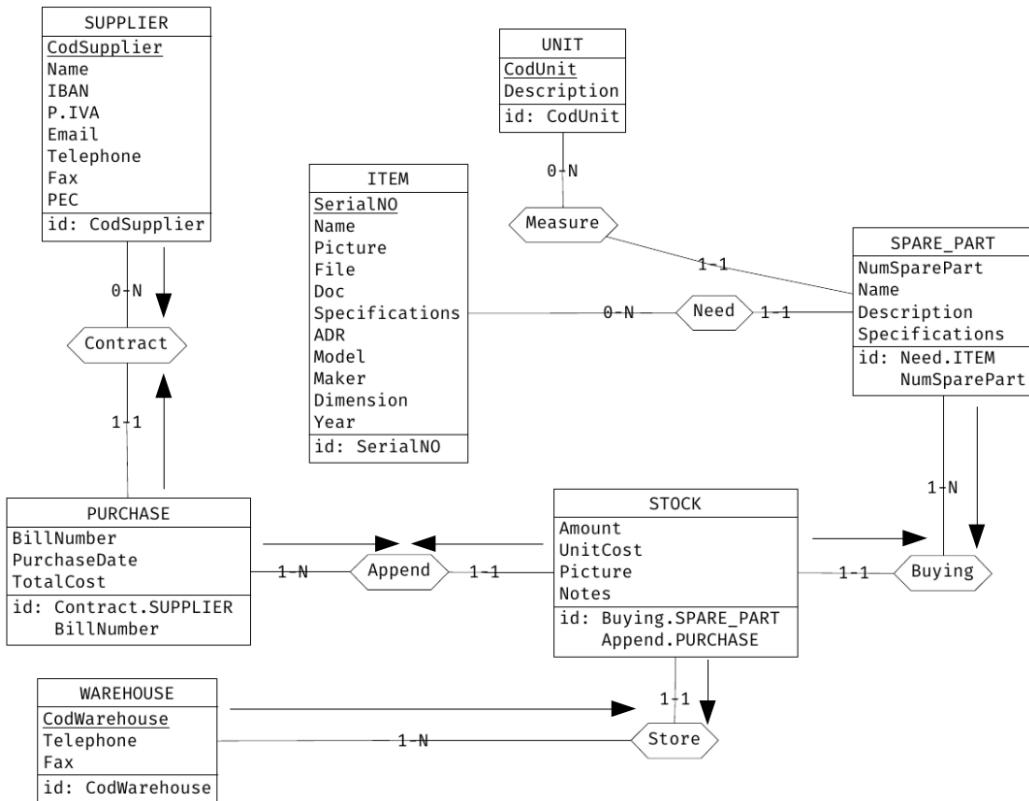


Figura 3.7: Schema di navigazione: registrazione acquisto pezzi di ricambio

CONCETTO	COSTRUTTO	ACCESSI	TIPO (LETTURA/SCRITTURA)
PURCHASE	E	1	S
Contract	R	1	S
SUPPLIER	E	1	L
Append	R	30000/10000 = 3	S
STOCK	E	3	S
Store	R	3	S
WAREHOUSE	E	3	S
Buying	R	3	S
SPARE PART	E	3	L

## 3.4 Raffinamento dello schema

### Eliminazione delle gerarchie

Nello schema E/R compaiono in tutto tre gerarchie da eliminare.

- per la gerarchia Employee (t, e) si decide di adottare un collasso verso l'alto, poichè le entità figlie Internal Employee e External Employee non contengono ulteriori attributi e associazioni particolari;
- analogamente, per la gerarchia Work Order (t, e) viene adottato un collasso verso l'alto: Extraordinary Work order non contiene associazioni perciò il suo attributo composto verrà reso opzionale (cardinalità [0-1]);
- per la gerarchia Schedule, infine, si opta per un collasso verso il basso, poichè per la molteplicità di associazioni collegate a Maintenance, un eventuale collasso verso l'alto sarebbe troppo complicato da gestire, presenterebbe troppe opzionalità ed esporrebbe la basi dati ad un rischio maggiore di inconsistenze.

### Eliminazione di attributi composti

Per quanto riguarda gli attributi composti, anche se si presentano eccessive opzionalità, ho trovato come unica soluzione quella di scomporli nelle loro sottoparti. Gli attributi composti sono presenti in Sale (Warranty e Maintenance Contract), in Schedule (Work Type) e in Work Order (Trigger, precedentemente appartenente a Extraordinary Work Order).

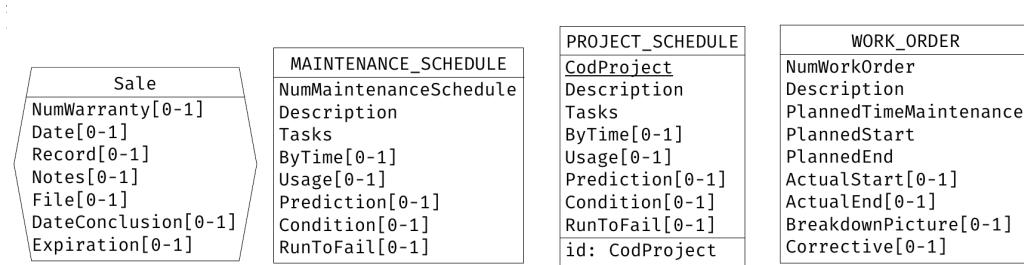


Figura 3.8: Eliminazione attributi composti

### Scelta delle chiavi primarie

Nello schema sono già evidenziate senza ambiguità tutte le chiavi primarie delle entità; per quanto riguarda Maintenance Schedule e Project Schedule, la

chiave CodSchedule (precedentemente presente in Schedule) viene eliminata poichè non è più significativa.

## **Analisi delle ridondanze**

Nello schema E/R sono presenti due ridondanze, che vengono eliminate poichè non sono utili per eseguire le operazioni. In particolare, viene eliminato:

- l'attributo Status in Work Order, che indica se il Work Order è in stato di esecuzione o non è attivo, poichè è desumibile dalla presenza/non presenza delle date di inizio e fine effettive (ActualStart ed ActualEnd);
- l'attributo TotalCost in Purchase, ricavabile dalla somma dei prodotti UnitCost \* Amount nell'entità Stock.

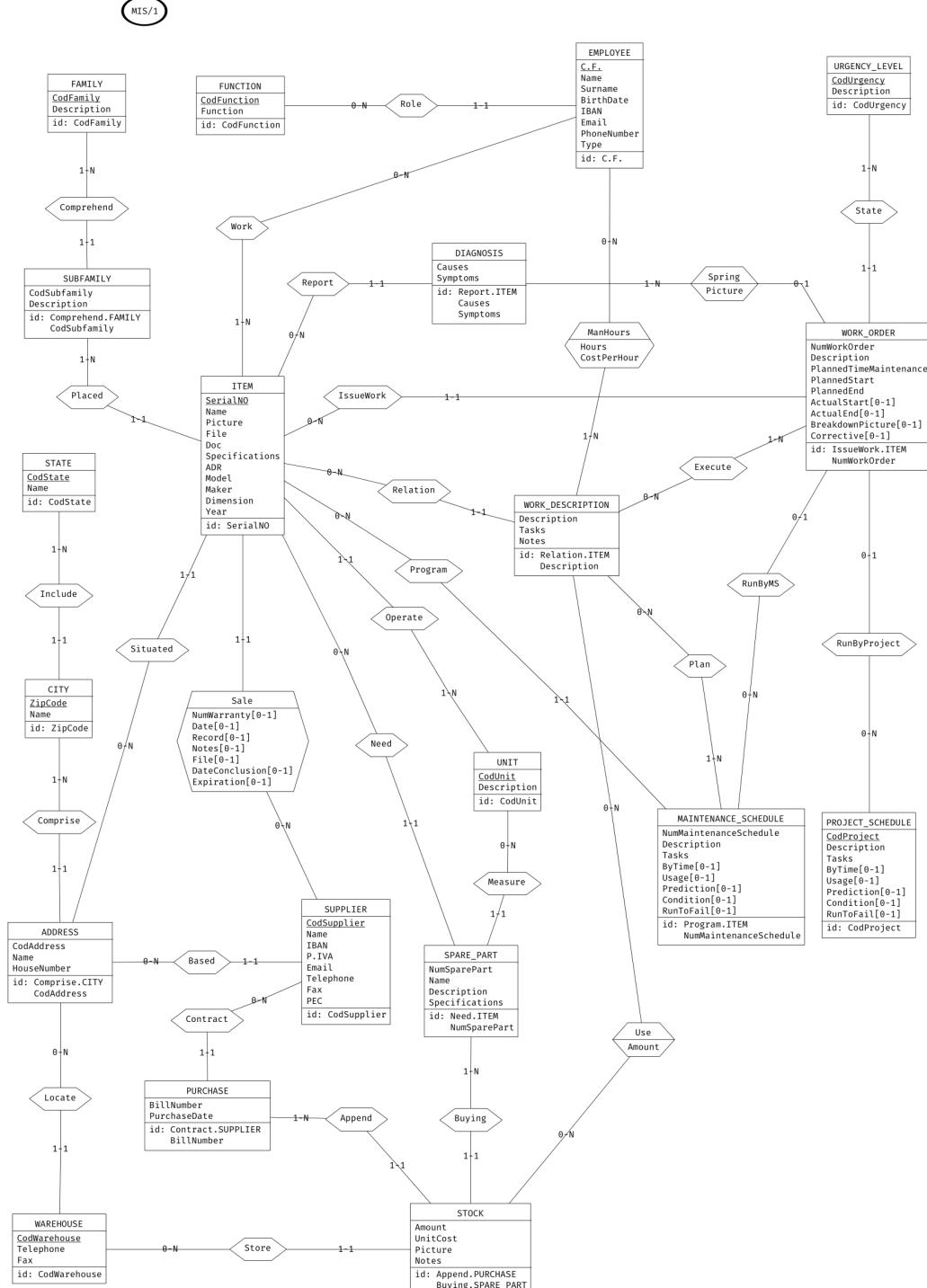


Figura 3.9: Schema E/R ristrutturato

### 3.5 Traduzione di entità e associazioni in relazioni

- **FAMILIES**(CodFamily, Description)
- **SUBFAMILIES**(CodFamily, CodSubfamily, Description)  
FK: CodFamily references FAMILIES
- **STATES**(CodState, Name)
- **CITIES**(ZipCode, Name, CodState)  
FK: CodState references STATES
- **ADDRESSES**(ZipCode, CodAddress, Name, HouseNumber)  
FK: ZipCode references CITIES
- **WAREHOUSES**(CodWarehouse, Telephone, ZipCode, CodAddress)  
FK: ZipCode, CodAddress references ADDRESSES
- **FUNCTIONS**(CodFunction, Function)
- **EMPLOYEES**(CF, Name, Surname, BirthDate, IBAN, Email, PhoneNumber, Type, CodFunction)  
FK: CodFunction references FUNCTIONS
- **UNITS**(CodUnit, Description)
- **ITEM**(SerialNO, Name, Picture, File, Doc, Specifications, ADR, Model, Maker, Dimension, Year, CodFamily, CodSubFamily, CodUnit, ZipCode, CodAddress)  
FK: CodFamily, CodSubfamily references SUBFAMILIES  
FK: CodUnit references UNITS  
FK: ZipCode, CodAddress references ADDRESSES
- **WORKS**(CF, SerialNO)  
FK: CF references EMPLOYEES  
FK: SerialNO references ITEM
- **SUPPLIERS**(CodSupplier, Name, IBAN, PIVA, Email, Telephone, Fax, PEC, ZipCode, CodAddress)  
FK: ZipCode, CodAddress references ADDRESSES

- **SALES**(SerialNO, NumWarranty\*, WarrantyDate\*, WarrantyRecord\*, WarrantyNotes\*, WarrantyFile\*, ContractDateConclusion\*, ContractExpiration\*, CodSupplier)  
 FK: SerialNO references ITEMS  
 FK: CodSupplier references SUPPLIERS
- **PURCHASES**(CodSupplier, BillNumber, PurchaseDate)  
 FK: CodSupplier references SUPPLIERS
- **SPARE\_PARTS**(SerialNO, NumSparePart, Name, Description, Specifications, CodUnit)  
 FK: SerialNO references ITEMS  
 FK: CodUnit references UNITS
- **STOCKS**(SerialNO, NumSparePart, CodSupplier, BillNumber, Amount, UnitCost, Picture, Notes, CodWarehouse)  
 FK: SerialNO, NumSparePart references SPARE\_PARTS  
 FK: CodSupplier, BillNumber references PURCHASES  
 FK: CodWarehouse references WAREHOUSES
- **WORK\_DESCRIPTIONS**(SerialNO, Description, Tasks, Notes)  
 FK: SerialNO references ITEMS
- **MAN\_HOURS**(SerialNO, Description, CF, Hours, CostPerHour)  
 FK: SerialNO, Description references WORK\_DESCRIPTIONS  
 FK: CF: references EMPLOYEES
- **USES**(U\_S\_CodSupplier, U\_S\_BillNumber, U\_S\_SerialNO, U\_S\_NumSparePart, SerialNO, Description, Amount)  
 FK: U\_S\_CodSupplier, U\_S\_BillNumber, U\_S\_SerialNO, U\_S\_NumSparePart references STOCKS  
 FK: SerialNO, Description references WORK\_DESCRIPTIONS
- **URGENCY\_LEVELS**(CodUrgency, Description)
- **MAINTENANCE\_SCHEDULES**(SerialNO, NumMaintenanceSchedule, Description, Tasks, ByTime\*, ByUsage\*, ByPrediction\*, ByCondition\*, ByRunToFail\*)  
 FK: SerialNO references ITEMS
- **PROJECT\_SCHEDULES**(CodProject, Description, Tasks, ByTime\*, ByUsage\*, ByPrediction\*, ByCondition\*, ByRunToFail\*)

- **WORK\_ORDERS**(SerialNO, NumWorkOrder, Description, PlannedTimeMaintenance, PlannedStart, PlannedEnd, ActualStart\*, ActualEnd\*, Type, BreakdownPicture\*, Corrective\*, CodUrgency, CodProject\*, Run\_SerialNO\*, Run\_NumMaintenanceSchedule\*)
   
FK: SerialNO references ITEMS
   
FK: CodUrgency references URGENCY\_LEVELS
   
FK: CodProject references PROJECT\_SCHEDULES
   
FK: Run\_SerialNO, Run\_NumMaintenanceSchedule references MAINTENANCE\_SCHEDULES
- **DIAGNOSES**(SerialNO, Causes, Symptoms)
   
FK: SerialNO references ITEMS
- **SPRINGS**(S\_W\_SerialNO, S\_W\_NumWorkOrder, Picture, SerialNO, Causes, Symptoms)
   
FK: S\_W\_SerialNO, S\_W\_NumWorkOrder references WORK\_ORDERS
   
FK: SerialNO, Causes, Symptoms references DIAGNOSES
- **EXECUTIONS**(E\_W\_SerialNO, E\_W\_NumWorkOrder, SerialNO, Description)
   
FK: E\_W\_SerialNO, E\_W\_NumWorkOrder references WORK\_ORDERS
   
FK: SerialNO, Description references WORK\_DESCRIPTIONS
- **PLANS**(P\_M\_SerialNO, P\_M\_NumMaintenanceSchedule, SerialNO, Description)
   
FK: P\_M\_SerialNO, P\_M\_NumMaintenanceSchedule references MAINTENANCE\_SCHEDULES
   
FK: SerialNO, Description references WORK\_DESCRIPTIONS



### 3.6 Schema relazionale finale

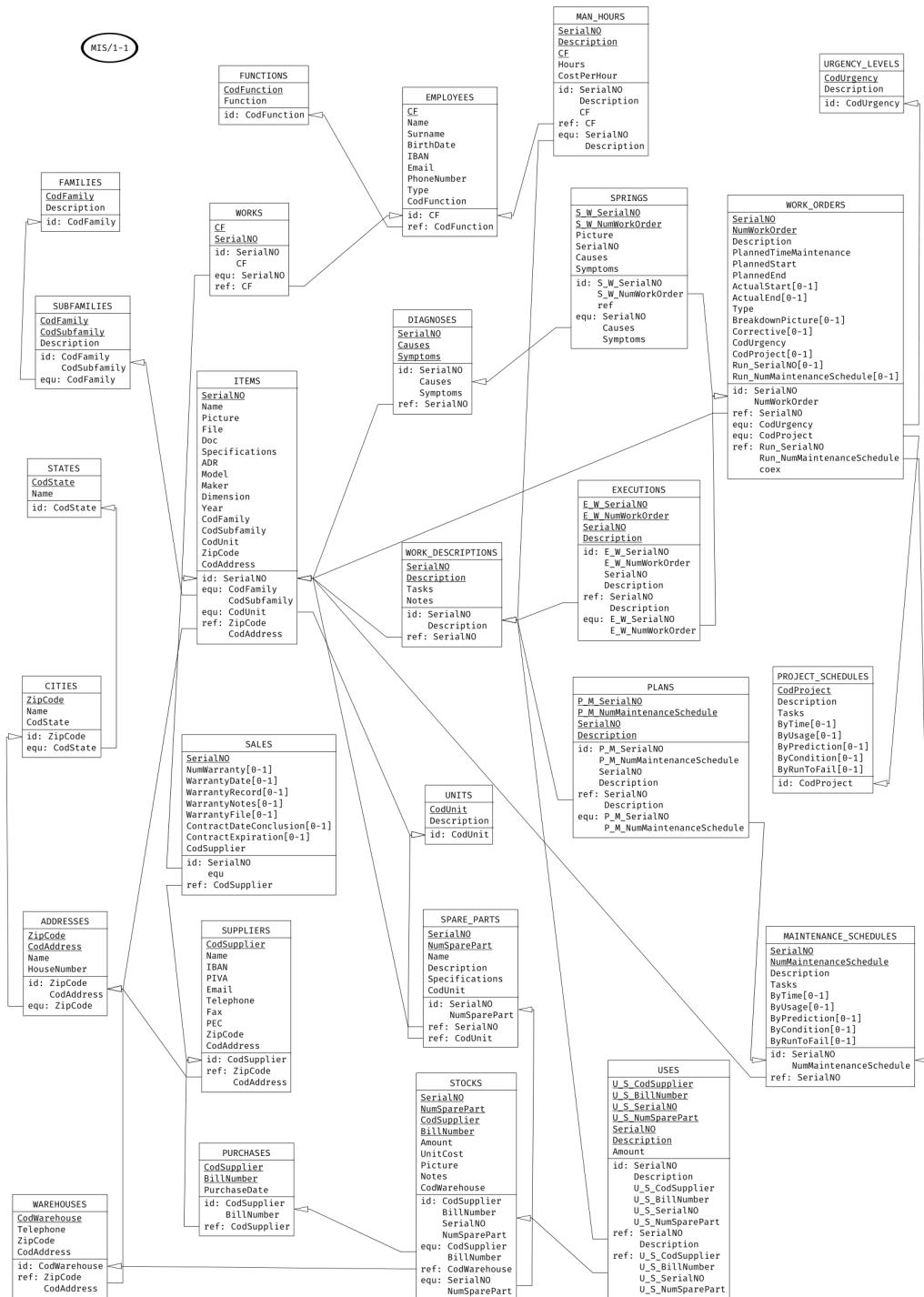


Figura 3.10: Modello relazionale

## 3.7 Traduzione delle operazioni in query SQL

### Registrazione di un item

```
INSERT INTO ITEMS
```

```
VALUES ('?', '?', '?', '?', '?', ?, '?', '?', '?', '?', ?, ?, ?, '?', ?);
```

```
INSERT INTO WORKS
```

```
VALUES ('?', '?');
```

```
INSERT INTO SALES
```

```
VALUES (?, '?', '?', '?', '?', '?', '?', '?');
```

### Creazione di un maintenance schedule

```
INSERT INTO MAINTENANCE_SCHEDULES
```

```
VALUES('?', ?, '?', '?', '?', '?', '?', '?', '?', '?');
```

```
INSERT INTO PLANS
```

```
VALUES ('?', ?, '?', '?');
```

### Creazione di un work description

```
INSERT INTO WORK_DESCRIPTIONS
```

```
VALUES('?', '?', '?', '?');
```

```
INSERT INTO MAN_HOURS
```

```
VALUES('?', '?', '?', ?, ?);
```

```
INSERT INTO USES
```

```
VALUES(?, ?, '?', ?, '?', '?', ?);
```

### Creazione di un progetto

```
INSERT INTO PROJECT_SCHEDULES
```

```
VALUES(?, '?', '?', '?', '?', '?', '?', '?');
```

Siccome l'operazione non prevede la registrazione di un Work Order, ne aggiorniamo uno esistente modificandoo la FK CodProject, verificando che il Work Order sia di tipo Ordinary e che non sia già stato assegnato ad un Project.

```

UPDATE WORK_ORDERS
SET CodProject = ?
WHERE SerialNO = '?' AND NumWorkOrder = ?
AND CodProject IS NULL AND Type = 'Ordinary'

```

**Creazione di un Work Order di tipo manutenzione reattiva (straordinaria) con diagnosi preesistente**

```

INSERT INTO WORK_ORDER
VALUES ('?', ?, '?', ?, '?', '?', '?', '?', 'Extraordinary', '?', '?', ?,
NULL, NULL, NULL);

```

```

INSERT INTO SPRINGS
VALUES ('?', ?, '?', '?', '?', '?', '?');

```

```

INSERT INTO EXECUTIONS
VALUES ('?', ?, '?', '?');

```

### **Visualizzazione costo totale di un progetto**

```

SELECT CodProject, SUM(MH.Hours * MH.CostPerHour) +
SUM(U.Amount * S.UnitCost) AS 'PROJECT TOTAL COST'
FROM MAN_HOURS MH, EXECUTIONS E, WORK_ORDERS WO,
USES U, STOCKS S
WHERE MH.SerialNO = E.SerialNO AND MH.Description =
E.Description AND
WO.SerialNO = E.E_W_SerialNO AND WO.NumWorkOrder =
E_W_NumWorkOrder
AND WO.CodProject = ?
AND MH.SerialNO = U.SerialNO AND MH.Description = U.Description
AND S.SerialNO = U.U_S_SerialNO AND S.NumSparePart =
U.U_S_NumSparePart
AND S.CodSupplier = U.U_S_CodSupplier AND S.BillNumber =
U.U_S_BillNumber

```

**Confronto dei costi programmati con quelli effettivi relativamente ad un maintenance work order**

```

SELECT *, (MSWO_TC.ACTUAL_COST - MS_TC.PLANNED_COST)
AS 'ACTUAL - PLANNED' FROM (SELECT P.P_M_SerialNO AS

```

SerialNO, P.P\_M\_NumMaintenanceSchedule **AS** NumMaintenanceSchedule,  
SUM(MH.Hours \* MH.CostPerHour) + SUM(U.Amount \* S.UnitCost) **AS**  
PLANNED\_COST

**FROM** MAN\_HOURS MH, PLANS P, USES U, STOCKS S

**WHERE** MH.SerialNO = P.SerialNO **AND** MH.Description  
= P.Description **AND** P.SerialNO = '?' **AND**  
P.P\_M\_NumMaintenanceSchedule = ?  
MH.SerialNO = U.SerialNO **AND** MH.Description = U.Description  
**AND** S.SerialNO = U.U\_S\_SerialNO **AND** S.NumSparePart =  
U.U\_S\_NumSparePart  
**AND** S.CodSupplier = U.U\_S\_CodSupplier **AND** S.BillNumber =  
U.U\_S\_BillNumber) **AS** MS\_TC,

(**SELECT** WO.NumWorkOrder, SUM(MH.Hours \* MH.CostPerHour)  
+ SUM(U.Amount \* S.UnitCost) **AS** ACTUAL\_COST

**FROM** MAN\_HOURS MH, EXECUTIONS E, WORK\_ORDERS WO,  
USES U, STOCKS S

**WHERE** MH.SerialNO = E.SerialNO **AND** MH.Description =  
E.Description **AND** WO.SerialNO = E.E\_W\_SerialNO **AND**  
WO.NumWorkOrder = E\_W\_NumWorkOrder  
**AND** WO.Run\_SerialNO = '?' **AND** WO.NumWorkOrder = ? **AND**  
WO.Run\_NumMaintenanceSchedule = ?  
**AND** MH.SerialNO = U.SerialNO **AND** MH.Description = U.Description  
**AND** S.SerialNO = U.U\_S\_SerialNO **AND** S.NumSparePart =  
U.U\_S\_NumSparePart  
**AND** S.CodSupplier = U.U\_S\_CodSupplier **AND** S.BillNumber =  
U.U\_S\_BillNumber) **AS** MSWO\_TC

## Registrazione acquisto di pezzi di ricambio

**INSERT INTO** PURCHASES  
**VALUES** (?, ?, '?');

**INSERT INTO** STOCKS  
**VALUES**(?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?);

**Visualizzazione elenco degli ordini di lavoro ancora non  
in esecuzione per un certo macchinario**

```
SELECT *  
FROM WORK_ORDERS WO  
FROM WO.SerialNO = '?' AND WO.ActualStart IS NULL AND  
WO.ActualEnd IS NULL
```

**Visualizzazione calendario degli ordini di lavoro**

```
SELECT *  
FROM WORK_ORDERS WO  
ORDER BY WO.PlannedStart
```

# Capitolo 4

## Progettazione dell'applicazione

L'applicazione è stata realizzata in linguaggio Java, che si interfaccia al DBMS MySQL tramite il connettore JDBC. Per rendere il codice più organizzato e intuitivo ho utilizzato la seguente architettura:

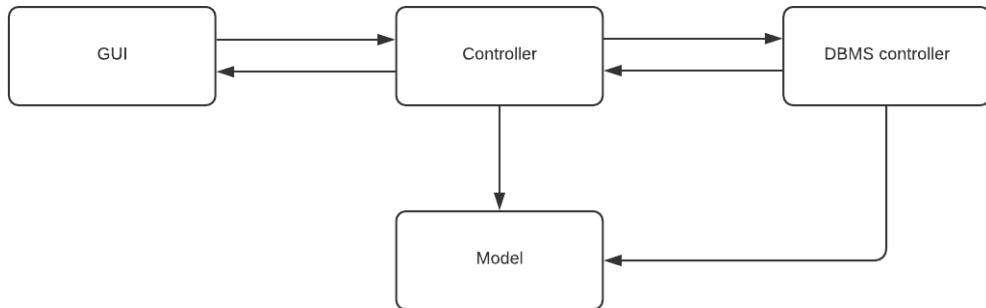


Figura 4.1: UML architettura

In particolare:

- GUI, realizzata con il framework Swing, oltre a contenere tutti gli oggetti dell'interfaccia grafica, comprende più interfacce Controller, una per ogni tab dell'applicazione (come vedremo);
- Model, contiene tutti i dati relativi alle tabelle (entità);
- DBMS controller è la componente che si connette al DBMS ed effettua le insert, leggendo i dati dal Model;

- Controller, che contiene più controllers, ha lo scopo di leggere il contenuto testuale dalla GUI, salvarlo nel Model e chiamare DBMS controller che effettua la insert. Inoltre, ogni controller aggiorna la/le tabelle (JTable) collegate ad esso e pulisce le textbox se l'operazione di inserimento va a buon fine.

L'applicazione va eseguita dalla classe GUI, che è organizzata come segue:

The screenshot shows the 'Item registration' tab of a software application. The interface is organized into several sections:

- Serial Number:** A text input field.
- Maintenance Contract:** Fields for 'Date conclusion' and 'Expiration'.
- Item Image:** A large empty area for uploading an image, with 'Choose an image ...' and 'Choose a file ...' buttons.
- Warranty:** Fields for 'Number Warranty', 'Date' (format: yyyy-mm-dd), 'Record', and 'Notes'.
- Family:** A dropdown menu showing 'Plastic product manu...'. Subsequent dropdowns for 'Subfamily' (Injection mo...) and 'City' (Roma) are also shown.
- Address:** A dropdown menu showing 'Via Portunese'.
- Average Daily Running (ADR):** A text input field.
- Supplier:** A dropdown menu showing 'ULIVIERI ric...'. A 'Save' button is located at the bottom of this section.
- Description:** A large text area for item description.
- Specifications:** A large text area for item specifications.
- Table:** A JTable displaying item details. The columns include: Serial Nu..., Name, Picture, File, Descripti..., Specifica..., Adr, Model, Maker, Dimension, Year, CodFamily, CodSubf..., Unit, ZipCode, CodAddr... . The table contains two rows of data:

Serial Nu...	Name	Picture	File	Descripti...	Specific...	Adr	Model	Maker	Dimension	Year	CodFamily	CodSubf...	Unit	ZipCode	CodAddr...
GHQUW...	injection...	/home/u...	/home/u...	descripti...	specific...	8.0	demo m...	demo m...	18x18	2015	1	1	2	00010	4
P3FNU7...	plastic g...	/home/u...	/home/u...	descripti...	specific...	9.0	demo	demo	20x20	2018	1	3	2	20010	2

Figura 4.2: Item Tab

Questo tab permette l'inserimento del macchinario. Le ComboBox Subfamily e Address vengono automaticamente aggiornate in base alla scelta di Family e City (rispettivamente). E' inoltre possibile inserire un immagine e file del macchinario. Le date vanno inserite nel formato specificato.

The screenshot shows a software application window titled 'Spare parts' within a larger interface. The top navigation bar includes tabs for 'Items', 'Spare parts', 'Work descriptions', 'Schedule', and 'Work order'. The main content area is divided into two main sections: 'Purchase' and 'Stock'.

**Purchase Section:**

- Bill Number:
- Purchase Date:  format: yyyy-mm-dd
- Supplier:

**Stock Section:**

- Spare part name:
- Warehouse:
- Amount:
- Unit Cost:
- Notes:

**Buttons:**

- Register purchase
- Add Stock
- Clear all

**Table:**

Cod Supplier	Bill number	Purchase date
1	1	2020-09-08
1	2	2020-09-09
2	1	2020-09-05
2	3	2020-09-09

Figura 4.3: Spare parts tab

L'acquisto di Spare Parts va effettuato registrando prima l'acquisto (Purchase) e successivamente gli Stock associati ad esso.

The screenshot shows a software application window titled "Work descriptions". The top navigation bar includes tabs for "Items", "Spare parts", "Work descriptions" (which is selected and highlighted in blue), "Schedule", and "Work order".

The main area is divided into several sections:

- Tasks:** A large text input field labeled "Description" with a placeholder "Description" and a "Tasks" button below it.
- Notes:** A large text input field labeled "Notes".
- Add work description:** A blue "Add work description" button.
- Stock:** A section containing "Spare part" (dropdown menu showing "ricambio 1"), "Supplier" (dropdown menu showing "ULIVIERI rica..."), "Amount" (text input field), and "Bill Number" (text input field). It also includes an "Add Stock" button.
- Man Hours:** A section containing "CF" (dropdown menu showing "FBRLCU99R19..."), "Hours" (text input field), and "Cost per hour" (text input field). It also includes an "Add man hours" button.
- Clear all:** A blue "Clear all" button.
- Table:** A table listing previous work descriptions with columns: "Serial Number", "Description", "Tasks", and "Notes". The table contains four rows of data.

Serial Number	Description	Tasks	Notes
GHQUWU7261K	work description demo	tasks demo	notes demo
P3FNU71983	cambio pezzo x	smontaggio e rimontaggio	note
P3FNU71983	cambio pezzo y	smontaggio e rimontaggio	note
P3FNU71983	cambio pezzo z	smontaggio e rimontaggio	note

Figura 4.4: Work description Tab

Analogamente al Tab precedente, la descrizione di lavoro standard si registra aggiungendo prima le Work Description e successivamente gli Stock utilizzati e le ore lavorative dei dipendenti.

Serial Number	Num manten...	Description	Tasks	By time	By usage	By prediction	By condition	By run to fail
GHQUWU7261K	1	maintenance sc...	tasks	every moth				
P3FNU71983	1	monthly mainte...	smontaggio e ri...	every month				

Figura 4.5: Maintenance Schedule Tab

Per il piano di manutenzione, registrare anche qui prima il Maintenance Schedule e poi collegare ad esso le Work Description.

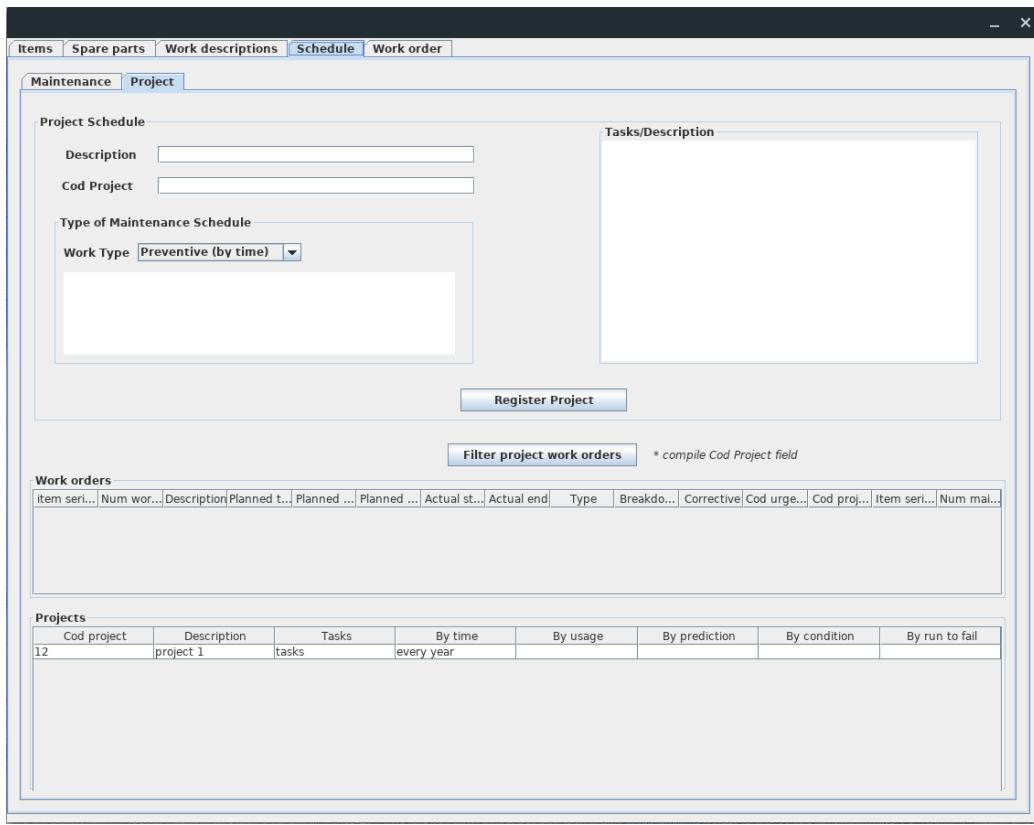


Figura 4.6: Project Tab

Questo è il Tab per l'inserimento del progetto. Gli ordini di lavoro che si vogliono associare ad esso si inseriscono nel prossimo Tab. Cliccando il bottone Filter project work orders si visualizzano tutti gli ordini di lavoro relativi.

The screenshot shows the 'Work order' tab of a software application. The interface includes:

- Work Order:** Fields for Number Work Order, Planned Start Date, Planned End Date, Item Serial Number, Planned Time Maintenance, Actual Start Date, Description, Urgency Level (Normal), and Actual End Date.
- Ordinary Work Order:** A dropdown menu set to 'Ordinary' which reveals fields for Number Maintenance Schedule and Cod Project.
- Extraordinary Work Order:** A dropdown menu set to 'Reactive' which reveals a Trigger field.
- Add work order:** A blue button.
- Work Description:** A section with a Description input field and an Add Work Description button.
- Clear all:** A blue button.
- Grid:** A table listing work orders with columns: Item serial, Num wor..., Description, Planned t..., Planned s..., Planned e..., Actual start, Actual end, Type, Breakdow..., Corrective, Cod urge..., Cod project, item seri..., Num mai... .

Item serial...	Num wor...	Description	Planned t...	Planned s...	Planned e...	Actual start	Actual end	Type	Breakdow...	Corrective	Cod urge...	Cod project	item seri...	Num mai...
GHQUWU...	1	work ord...	3.0	2020-09-...	2020-09-...			Ordinary		2			GHQUWU...	1
GHQUWU...	2	extraordi...	4.0	2020-09-...	2020-09-...			Extraordi...		2			GHQUWU...	
GHQUWU...	3	project w...	3.0	2020-10-...	2020-10-...			Ordinary		3	12		GHQUWU...	
P3FNU71...	1	project w...	4.0	2020-10-...	2020-10-...			Ordinary		1	12		P3FNU71...	
P3FNU71...	2	project w...	7.0	2020-11-...	2020-11-...			Ordinary		1	12		P3FNU71...	
P3FNU71...	3	work ord...	5.0	2020-09-...	2020-09-...	2020-09-...	2020-09-...	Ordinary		1			P3FNU71...	1

Figura 4.7: Work Order Tab

L'inserimento dell'ordine di lavoro va eseguito prima cliccando sul bottone Add work order e poi possono essere aggiunte le descrizioni di lavoro standard. Il tipo di Work Order va selezionato nella ComboBox e viene reso modificabile solo il pannello relativo.