

# **LifeScience**

**BASI DI DATI**

MN1-525

**Autori:**

Bilotti Alessandro (206409)

21 dicembre 2025

**UNIMORE**

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA



# Indice

<b>Introduzione</b>	<b>2</b>
<b>1 Definizione dei requisiti</b>	<b>2</b>
1.1 Vista Ricercatore . . . . .	2
1.2 Vista Laboratorio . . . . .	2
1.3 Vista Esperimento . . . . .	2
<b>2 Analisi requisiti e schema scheletro</b>	<b>3</b>
2.1 Analisi requisiti e schema scheletro per il Ricercatore . . . . .	3
2.2 Analisi requisiti e schema scheletro per l'Esperimento . . . . .	4
2.3 Analisi requisiti e schema scheletro per il Laboratorio . . . . .	5
<b>3 Progettazione ed integrazione delle viste</b>	<b>6</b>
3.1 Schemi E-R finali . . . . .	6
3.1.1 Schema E-R Ricercatore . . . . .	6
3.1.2 Schema E-R Esperimento . . . . .	7
3.1.3 Schema E-R del Laboratorio . . . . .	7
<b>4 Dizionario dei dati</b>	<b>9</b>
4.1 Dizionario entità . . . . .	9
4.2 Dizionario relazioni . . . . .	10
4.3 Vincoli non esprimibili . . . . .	11
<b>5 Progettazione Logica</b>	<b>12</b>
5.1 Ristrutturazione schema E-R . . . . .	12
5.1.1 Eliminazione generalizzazioni . . . . .	12
5.2 Tabella dei volumi . . . . .	12
5.3 Tabella delle Operazioni . . . . .	13
5.3.1 Analisi operazioni . . . . .	13
<b>6 Valutazione dei costi dei Dati Derivati</b>	<b>14</b>
6.1 Costo Totale Reagenti . . . . .	14
6.2 Giacenza Totale Reagente (Entità Reagente) . . . . .	15
6.3 Numero Pubblicazioni per Laboratorio . . . . .	16
<b>7 Schema finale in SQL (DataGrip)</b>	<b>17</b>
7.1 Elenco delle Tabelle . . . . .	17
<b>Bibliografia</b>	<b>19</b>

# Introduzione

LifeScience è un sistema informativo progettato per supportare le attività di un laboratorio di ricerca biotecnologica attraverso la gestione strutturata di esperimenti, campioni, protocolli operativi e misurazioni scientifiche. L'obiettivo del progetto è quello di fornire una piattaforma dati affidabile che permetta di organizzare, tracciare e analizzare l'intero ciclo sperimentale, dalla preparazione dei campioni all'acquisizione dei risultati.

Il database consente di modellare i principali processi di un laboratorio moderno: la definizione di protocolli standardizzati, la registrazione dettagliata delle fasi sperimentali, l'utilizzo della strumentazione, il controllo dello stock dei reagenti e la gestione delle relazioni tra ricercatori, progetti scientifici ed esperimenti. La struttura del sistema è pensata per garantire integrità dei dati, riproducibilità degli esperimenti [1] e possibilità di analisi aggregata delle informazioni raccolte.

LifeScience si pone quindi come un'infrastruttura essenziale per attività biotecnologiche orientate alla qualità, alla tracciabilità e alla gestione efficiente del workflow sperimentale.

## 1 Definizione dei requisiti

### 1.1 Vista Ricercatore

La vista del Ricercatore descrive le esigenze informative dell'utente che conduce attività sperimentali all'interno del laboratorio. Il ricercatore deve poter creare nuovi esperimenti, associarli ai progetti scientifici in corso e selezionare i protocolli operativi appropriati. Inoltre necessita di registrare l'utilizzo dei campioni, di consultare lo storico delle attività svolte e di verificare quali protocolli siano già stati applicati.

I concetti informativi principali della vista includono Ricercatore, Esperimento, Progetto Scientifico, Protocollo e Campione. È richiesto che i campioni siano collegati alle misurazioni prodotte durante le attività sperimentali, mentre i protocolli devono poter essere consultati come procedure standardizzate. Sono inoltre previste relazioni di tipo part-of tra Campione e Misurazione e relazioni di tipo instance-of tra diverse tipologie di protocolli.

La vista deve garantire che l'utente sia in grado di definire un nuovo esperimento, collegarlo a un progetto, consultare i protocolli disponibili, aggiornare le informazioni sui campioni utilizzati e accedere allo storico complessivo delle attività svolte nel laboratorio.

### 1.2 Vista Laboratorio

La vista del Laboratorio si concentra sulle esigenze del Tecnico di laboratorio e del Responsabile di struttura (istanze di Ricercatore). Essa comprende la gestione delle risorse materiali, come strumenti, reagenti e fornitori. Il laboratorio deve poter monitorare la disponibilità dei reagenti, registrare i lotti e le date di scadenza, gestire le scorte e assicurare che gli strumenti siano funzionanti attraverso la registrazione di interventi di manutenzione, in conformità ai requisiti di qualità e tracciabilità definiti dallo standard ISO 20387 [1].

I concetti coinvolti comprendono Laboratorio, Strumentazione, Reagente, Fornitore, StockReagenti e Manutenzione. Le scorte di reagenti costituiscono una parte del laboratorio e devono includere informazioni sulla quantità disponibile e sulle caratteristiche dei lotti. Le relazioni instance-of permettono di rappresentare specifici reagenti, mentre le gerarchie consentono di classificare le diverse tipologie di materiali, come buffer, enzimi o antibiotici.

Questa vista deve quindi garantire la tracciabilità dell'inventario, la gestione dei fornitori, la registrazione e il monitoraggio della manutenzione degli strumenti e la possibilità di verificare la disponibilità delle risorse necessarie allo svolgimento degli esperimenti.

### 1.3 Vista Esperimento

La vista Esperimento rappresenta nel dettaglio la struttura interna delle attività scientifiche. Ogni esperimento deve poter essere scomposto in più fasi operative, ognuna delle quali produce misurazioni sui campioni analizzati. Il ricercatore deve quindi avere la possibilità di descrivere la sequenza delle fasi, registrare le misurazioni ottenute, specificare i parametri misurati e indicare quale strumentazione è stata utilizzata.

I concetti informativi coinvolti comprendono Esperimento, Fase Sperimentale, Misurazione, Parametro Misurato, Campione e Strumentazione. La relazione part-of tra Esperimento e Fase Sperimentale assicura la scomposizione del processo in unità elementari, mentre la relazione part-of tra Fase Sperimentale e Misurazione permette di tracciare l'origine dei dati raccolti. Sono anche presenti relazioni instance-of per parametri specifici.

La vista deve permettere la definizione completa delle fasi, la registrazione delle misurazioni associate ai campioni, l'indicazione dei parametri rilevati e la tracciabilità dell'utilizzo della strumentazione durante il flusso sperimentale.

## 2 Analisi requisiti e schema scheletro

### 2.1 Analisi requisiti e schema scheletro per il Ricercatore

Termine	Descrizione	Sinonimi	Collegamenti
Ricercatore	Utente che esegue esperimenti, registra dati, consulta protocolli	Operatore	Laboratorio, Esperimento
Esperimento	Attività scientifica che raccoglie campioni e risultati	Test, Prova	Ricercatore, Progetto Scientifico
Progetto Scientifico	Insieme di esperimenti con obiettivo comune	Progetto	Esperimento
Campione	Materiale sul quale vengono effettuate misurazioni durante un Esperimento di certo Progetto Scientifico	Esemplare	Esperimento, Misurazione
Laboratorio	Struttura nella quale vengono svolti esperimenti e maneggiati Campioni	-	Esperimento, Ricercatore
Misurazione	Dato ottenuto dall'analisi di un Campione	Dato	Campione
Protocollo	Procedura standard da seguire durante un esperimento	Procedura	Esperimento

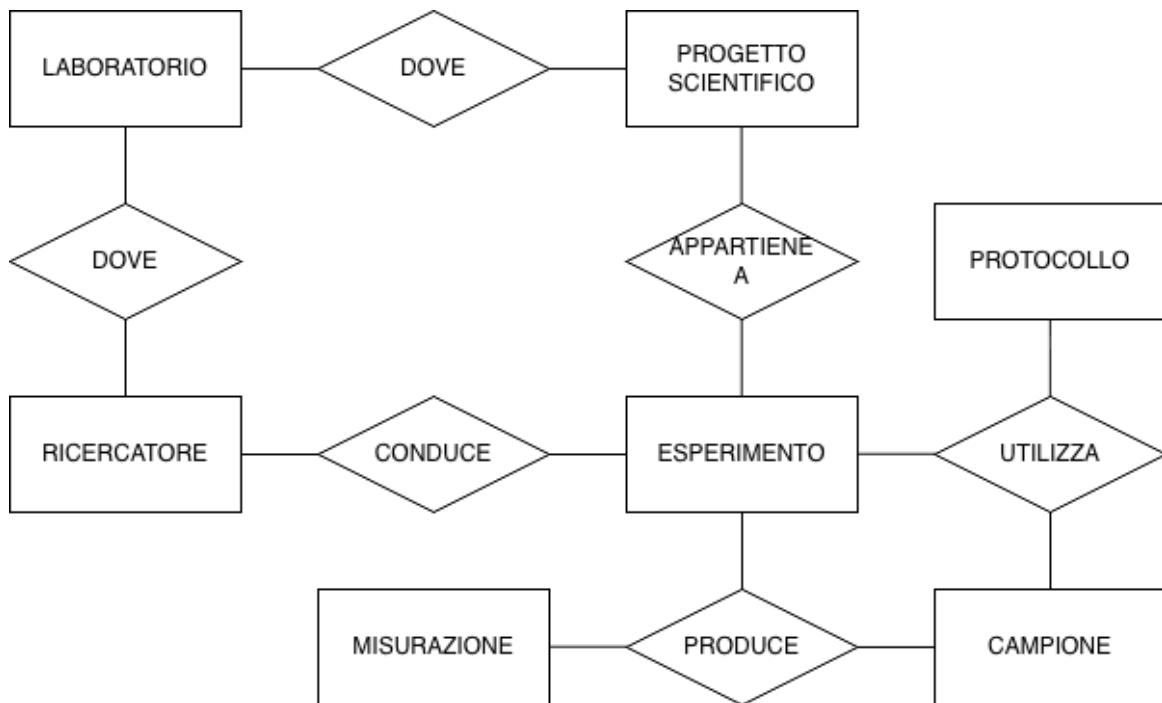


Figura 1: Schema scheletro per la vista Ricercatore

## 2.2 Analisi requisiti e schema scheletro per l'Esperimento

Termine	Descrizione	Sinonimi	Collegamenti
Esperimento	Attività scientifica che raccoglie campioni e risultati	Test, Prova	Fase Sperimentale, Campione
Misurazione	Dato ottenuto dall'analisi di un Campione	Dato	Campione, Parametro Misurato
Campione	Materiale sul quale vengono effettuate misurazioni durante un Esperimento.	Esemplare	Misurazione, Esperimento
Strumentazione	Apparecchiatura utilizzata durante le fasi di un Esperimento	Dispositivo	Fase Sperimentale
Parametro Misurato	Tipo di valore misurato	Variabile	Misurazione
Fase Sperimentale	Fase dell'Esperimento nella quale si produce una Misurazione	Fase, Attività	Misurazione, Strumentazione, Esperimento

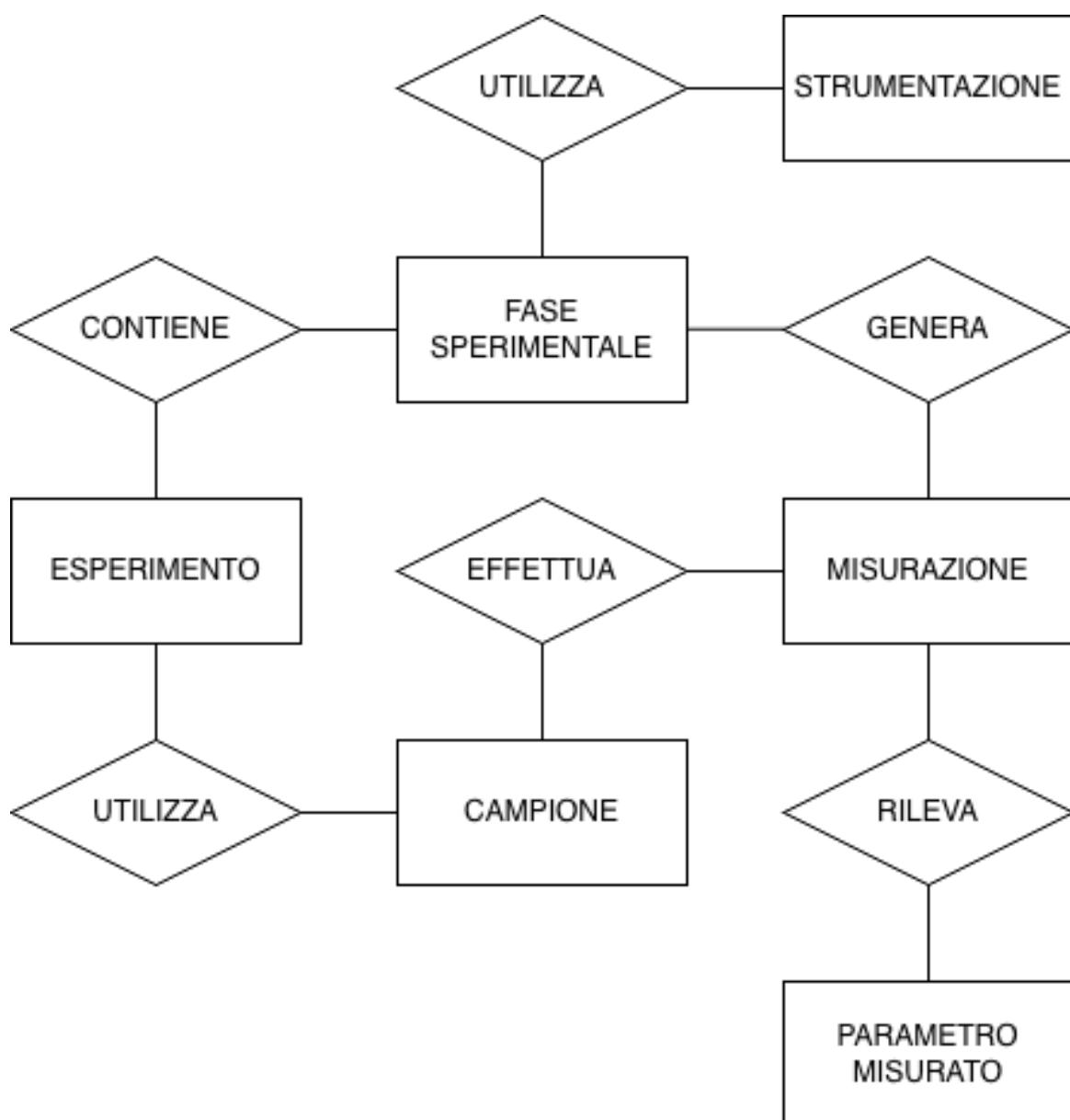


Figura 2: Schema scheletro per la vista Esperimento

## 2.3 Analisi requisiti e schema scheletro per il Laboratorio

Termine	Descrizione	Sinonimi	Collegamenti
Laboratorio	Struttura scientifica in cui sono presenti risorse, strumenti e materiali necessari alle attività	-	Strumentazione, Stock
Strumentazione	Insieme degli strumenti presenti nel Laboratorio, soggetti a manutenzione	Dispositivo	Laboratorio, Manutenzione
Reagente	Materiale chimico o biologico conservato e gestito dal Laboratorio	Sostanza, Materiale	Stock, Fornitore
Stock	Quantità e lotti di Reagenti disponibili nel Laboratorio	Magazzino	Laboratorio, Reagente
Fornitore	Fornitore di un Reagente o Campione	Distributore	Reagente
Manutenzione	Intervento tecnico effettuato sulla Strumentazione per garantirne il corretto funzionamento	Revisione, Controllo	Strumentazione

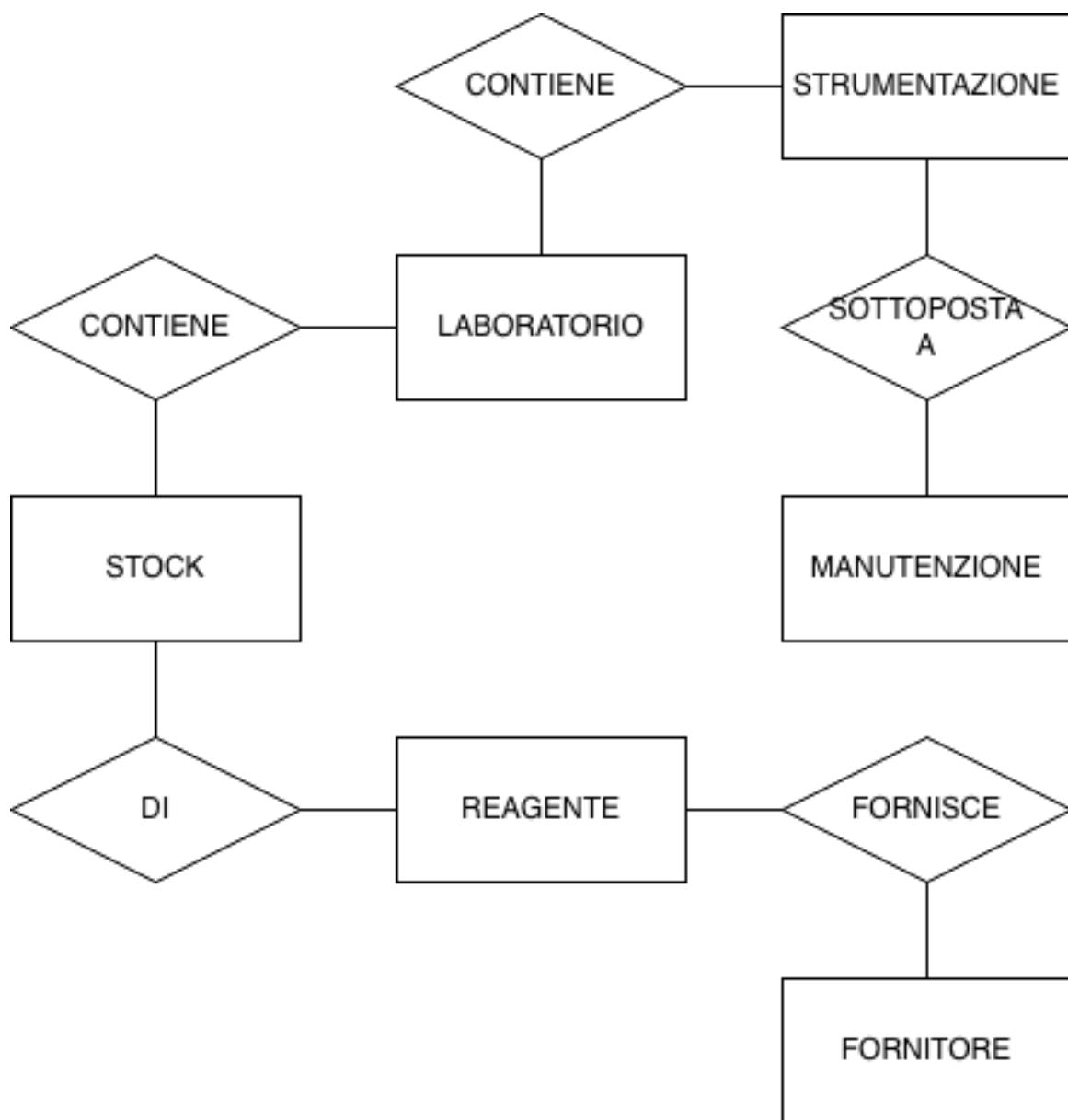


Figura 3: Schema scheletro per la vista Laboratorio

### 3 Progettazione ed integrazione delle viste

#### 3.1 Schemi E-R finali

##### 3.1.1 Schema E-R Ricercatore

Nel passaggio dallo scheletro allo schema E-R finale, sono state apportate le seguenti modifiche e integrazioni per garantire la completezza informativa e la coerenza logica del database:

1. **Generalizzazione del Ricercatore:** L'entità *Ricercatore* è stata strutturata in una gerarchia che generalizza le figure di *Responsabile* e *Operativo*, permettendo quindi di distinguere i ruoli di supervisione da quelli esecutivi.
2. **Tracciabilità dell'Origine:** È stata aggiunta l'entità *Soggetto* (es. paziente o organismo modello), legata al *Campione* tramite la relazione *Fornisce*. Fondamentale per tracciare la provenienza biologica del materiale analizzato.
3. **Risoluzione dei Risultati Sperimentali:** La relazione tra esperimento e risultati è stata raffinata introducendo l'entità *Misurazione*. Questa è collegata sia all'*Esperimento* (relazione *Genera*) sia allo specifico *Campione* a cui il dato si riferisce, garantendo l'integrità del dato scientifico.
4. **Output della Ricerca:** Aggiunta l'entità *Pubblicazione*, collegata al *Progetto Scientifico* tramite la relazione *Deriva*, per registrare i prodotti bibliografici ottenuti grazie ai finanziamenti del progetto.
5. **Gestione Anagrafica:** Sono stati esplicitati gli attributi composti *Indirizzo* (per il Laboratorio) e *Contatti* (per il Ricercatore) per una gestione realistica dei recapiti.

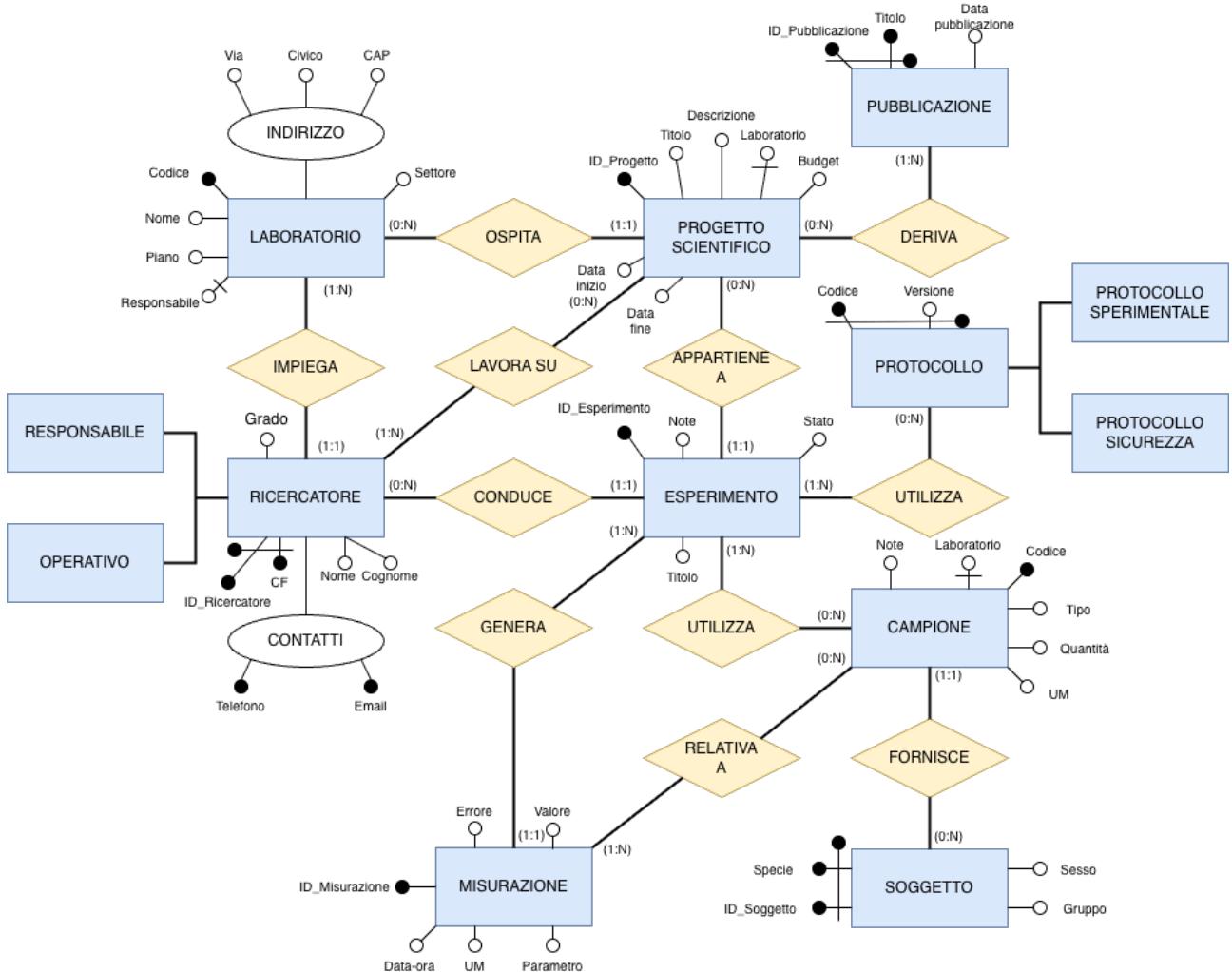


Figura 4: Schema E-R della vista del Ricercatore

### 3.1.2 Schema E-R Esperimento

Nel passaggio dallo scheletro allo schema E-R finale, sono state apportate le seguenti modifiche e integrazioni per garantire la completezza informativa e la coerenza logica del database:

- Decomposizione in Fasi Operative:** L'entità *Esperimento* è stata scomposta nell'entità debole *Fase Sperimentale* tramite la relazione identificante *Composto Da*. Questo assicura che ogni attività sia tracciata nella sua sequenza precisa.
- Aggancio delle Risorse:** La *Fase Sperimentale* è diventata il nodo di consumo delle risorse. È stata modellata la relazione molti-a-molti *Utilizza* con la *Strumentazione* e la relazione *Consuma* con l'*Entità Reagente*, permettendo il calcolo dei costi e lo scarico preciso del magazzino.
- Gestione della Qualità:** È stata introdotta l'entità *Manutenzione*, legata alla *Strumentazione* tramite la relazione *Sottoposta A*. Soddisfando l'esigenza di certificazione della strumentazione.
- Raffinamento dei Dati:** La relazione *Genera* è stata spostata dalla *Misurazione* all'entità *Fase Sperimentale*. L'entità *Misurazione* è stata arricchita con la connessione all'entità *Parametro* (relazione *Rileva*), standardizzando la tipologia di dato raccolto.
- Integrazione con il Campione:** L'entità *Misurazione* mantiene il suo legame con il *Campione* (relazione *Relativa A*), chiudendo il ciclo di vita del dato (da dove proviene, come è stato generato e cosa rappresenta).

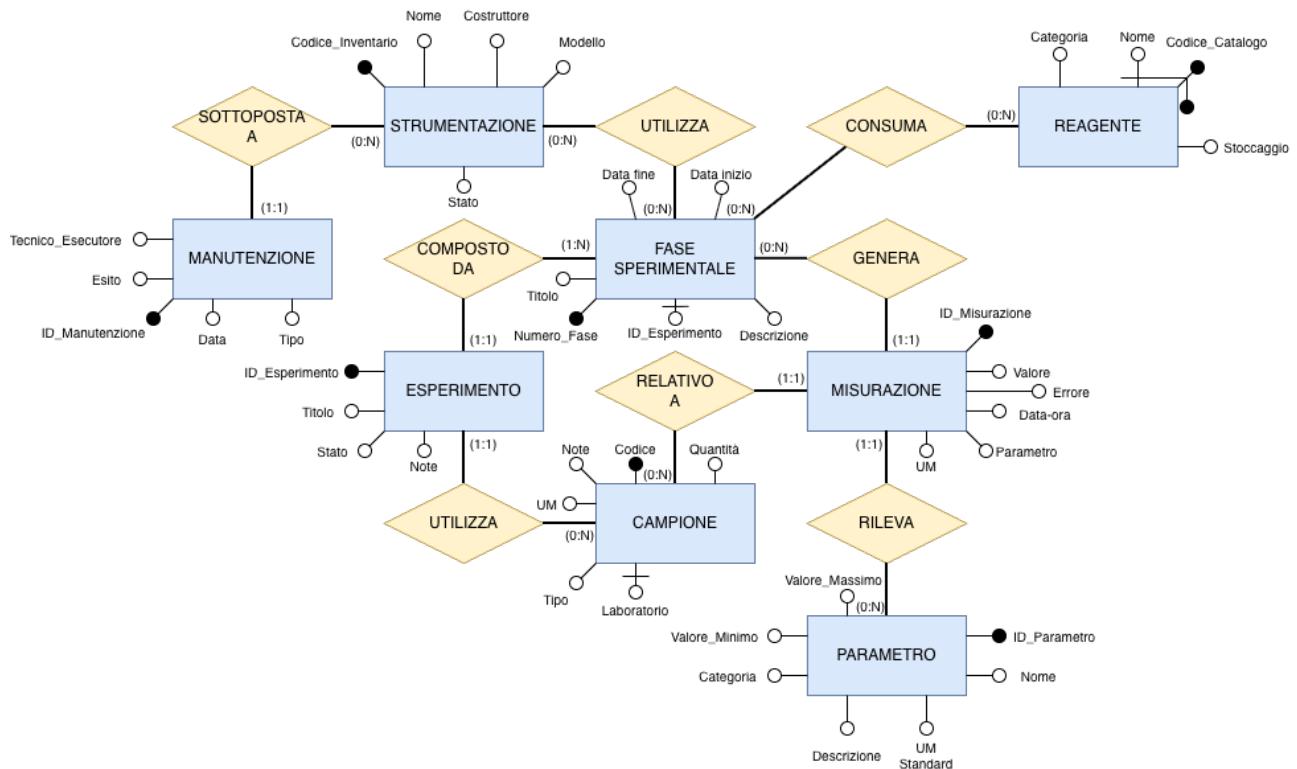


Figura 5: Schema E-R della vista dell'Esperimento

### 3.1.3 Schema E-R del Laboratorio

Nel passaggio dallo scheletro allo schema E-R finale, sono state apportate le seguenti modifiche e integrazioni per garantire la conformità agli standard di qualità (ISO 20387 [1]) e la completa tracciabilità delle risorse:

- Distinzione Reagente-Lotto:** L'entità *Reagente* dello scheletro è stata raffinata distinguendo il concetto di **Reagente** (definizione da catalogo con proprietà chimiche) da quello di **Lotto** (istanza fisica disponibile). Questa separazione è fondamentale per gestire la data di scadenza e la quantità residua di ogni singola confezione utilizzata negli esperimenti.

2. **Tracciabilità della Fornitura:** L'entità **Fornitore** è stata collegata direttamente all'entità **Lotto**, permettendo di tracciare l'origine specifica di ogni materiale in ingresso nel laboratorio, associando a ogni lotto il fornitore che lo ha consegnato.
3. **Gestione della Manutenzione:** L'entità **Manutenzione** mantiene la relazione con **Strumentazione** per storicizzare gli interventi. L'identificazione del responsabile dell'intervento è gestita tramite l'attributo *Tecnico\_Esecutore*, che permette di registrare il nome dell'operatore (interno o esterno) che ha effettuato la lavorazione.
4. **Standardizzazione Anagrafica:** Sono stati introdotti gli attributi composti **Indirizzo** (per Laboratorio e Fornitore) e **Contatti** (per Fornitore), uniformando la struttura dati alle altre viste del progetto per una gestione coerente dei recapiti.
5. **Stato della Strumentazione:** È stato aggiunto l'attributo *Stato* all'entità **Strumentazione** per permettere di distinguere operativamente gli strumenti funzionanti da quelli in manutenzione o dismessi.

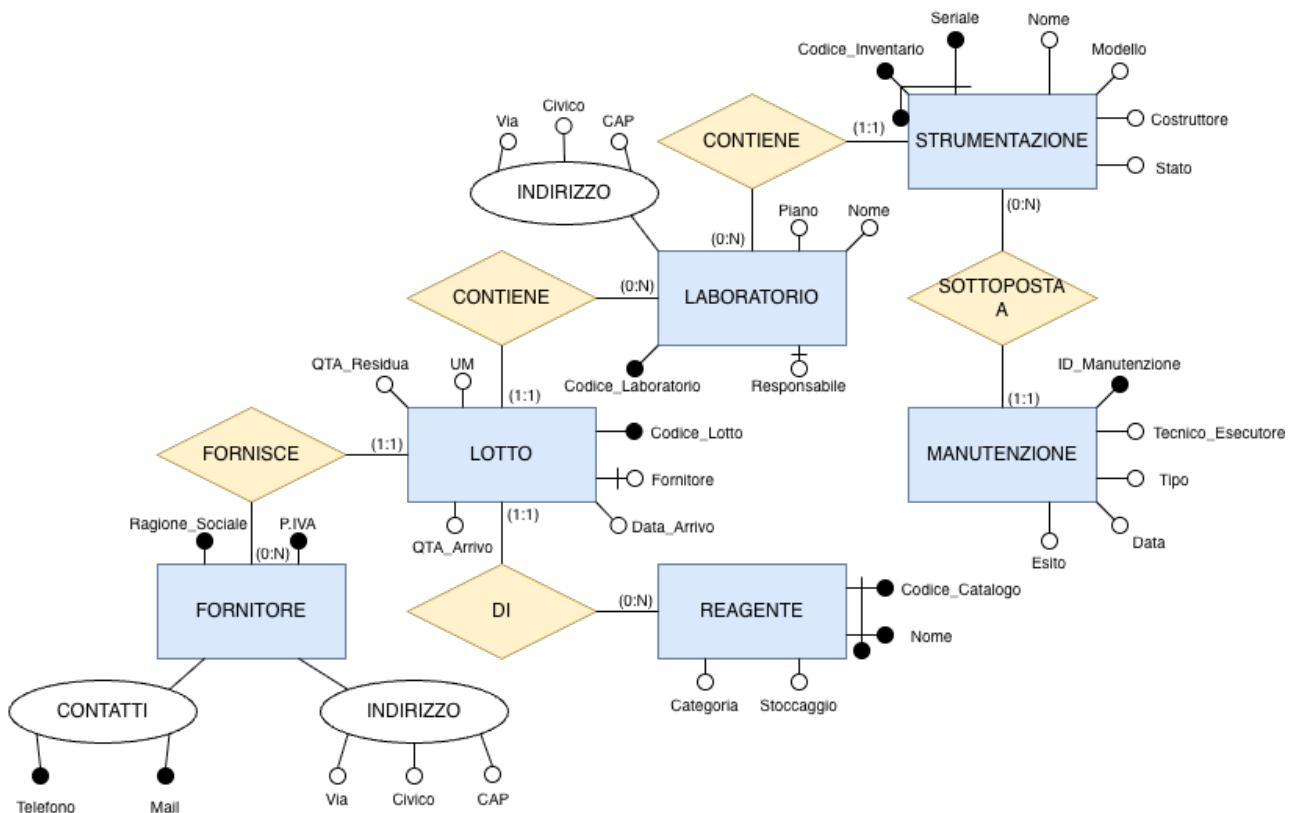


Figura 6: Schema E-R della vista Laboratorio

## 4 Dizionario dei dati

### 4.1 Dizionario entità

Entità	Descrizione	Attributi	Identificatore
Laboratorio	Struttura che ospita progetti e risorse varie	Codice, Nome, Piano, Responsabile(FK), Indirizzo	Codice
Ricercatore	Personale che realizza esperimenti	ID_Ricercatore, CF, Nome, Cognome, Contatti	ID_Ricercatore
Responsabile	Ricercatore senior	-	-
Operativo	Ricercatore junior	-	-
Progetto scientifico	Insieme di attività con obiettivi comuni	ID_Progetto, Titolo, Descrizione, Budget, Settore, Data inizio, Data fine, Laboratorio	ID_Progetto
Pubblicazione	Opera bibliografica che descrive un progetto terminato	ID_Pubblicazione, Titolo, Data pubblicazione	ID_Pubblicazione, Titolo
Esperimento	Attività scientifica condotta in laboratorio	ID_Esperimento, Titolo, Stato, Note	ID_Esperimento
Fase Sperimentale	"Sotto-attività" in cui si decompone un esperimento	Numero_Fase, Titolo, Data Inizio, Data Fine, Descrizione, ID_Esperimento(FK)	Numero_Fase
Protocollo	Procedura standard da rispettare	Codice, Versione	Codice, Versione
Protocollo Sperimentale	Protocollo da seguire durante l'esecuzione di un esperimento	-	-
Protocollo Sicurezza	Protocollo relativo alle norme di sicurezza da seguire	-	-
Campione	Materiale biologico oggetto di analisi	Codice, Tipo, UM, Note, Descrizione, Laboratorio(FK), Quantità	Codice
Soggetto	Organismo o paziente	ID_Soggetto, Specie, Sesso, Gruppo	ID_Soggetto, Specie
Misurazione	Dato analitico rilevato	ID_Misurazione, Valore, Errore, UM, Misurazione Data-ora	ID_Misurazione
Parametro	Grandezza misurata	ID_Parametro, Nome, Descrizione, Valore_Minimo, Valore_Maximo, Categoria, UM Standard	ID_Parametro
Strumentazione	Apparecchiatura	Codice_Inventario, Nome, Costruttore, Modello, Stato, Seriale	Codice_Inventario, Seriale
Manutenzione	Intervento tecnico sulla strumentazione	ID_Manutenzione, Tecnico_Esecutore, Esito, Data, Tipo	ID_Manutenzione
Lotto	Confezione di un reagente	Codice_Lotto, Fornitore(FK), Data_Arrivo, Quantità_Arrivo, UM, Quantità_Residua	Codice_Lotto
Reagente	Sostanza chimica	Codice_Catalogo, Nome, Categoria, Stoccaggio	Codice_Catalogo, Nome

## 4.2 Dizionario relazioni

<b>Relazione</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Entità Coinvolte</b>
Impiega	Assegnazione personale-laboratorio	Laboratorio (1:N) Ricercatore (1:1)
Ospita	Assegnazione progetto-laboratorio	Laboratorio (0:N) Progetto Scientifico (1:1)
Lavora su	Partecipazione di ricercatori ai progetti	Ricercatore (1:N) Progetto Scientifico (0:N)
Deriva	Produzione di pubblicazione riguardanti progetti	Progetto Scientifico (0:N) Pubblicazione (1,N)
Appartiene a	Inclusione dell'esperimento in un progetto	Progetto Scientifico (0,N) Esperimento (1,1)
Conduce	Esecuzione dell'esperimento	Ricercatore (0;N) Esperimento (1:1)
Utilizza (Protocollo)	Adozione procedure standard	Esperimento (1:N) Protocollo (0:N)
Composto da	Decomposizione esperimento in fasi	Esperimento (1:1) Fase Sperimentale (1:N)
Utilizza (Strumentazione)	Utilizzo di strumenti	Fase Sperimentale (0:N) Strumentazione (0:N)
Consuma	Utilizzo di reagenti	Fase Sperimentale (0:N) Reagente (0:N)
Genera	Produzione di dati	Fase Sperimentale (0:N) Misurazione (1,1)
Rileva	Associazione dato-grandezza fisica	Misurazione (1:1) Parametro (0:1)
Relativa a	Associazione risultato-campione	Misurazione (1:1) Campione (0:N)
Utilizza (Campione)	Impiego di campioni durante un esperimento	Esperimento (1:1) Campione (0:N)
Fornisce (Campione)	Origine del campione	Soggetto (0:N) Campione (1:1)
Contiene (Strumentazione)	Locazione strumenti	Laboratorio (0:N) Strumentazione (1:1)
Contiene (Lotto)	Insieme di consumabili del laboratorio	Laboratorio (0:N) Lotto (1:1)
Sottoposto a	Intervento tecnico	Strumentazione (0:N) Manutenzione (1:1)
Di	Associazione Lotto-Reagente	Reagente (0:N) Lotto (1:1)
Fornisce (Lotto)	Approvvigionamento di materiale da parte di fornitori	Fornitore (0:N) Lotto (1:1)

### 4.3 Vincoli non esprimibili

- **Coerenza Temporale Progetto-Esperimento:** Un esperimento deve svolgersi necessariamente all'interno dell'intervallo temporale di validità (Data Inizio - Data Fine) del Progetto Scientifico a cui è associato.
- **Disponibilità Stock:** La quantità di reagente consumata durante una fase sperimentale non può mai eccedere la quantità residua attuale del lotto selezionato.
- **Blocco Strumentazione:** È vietato associare una strumentazione a una fase sperimentale se lo stato della macchina è "In Manutenzione" o "Fuori Servizio".
- **Sequenzialità delle Fasi:** La data di fine di una fase sperimentale non può essere antecedente alla sua data di inizio, e l'intera fase deve essere temporalmente contenuta nella durata dell'esperimento padre.
- **Integrità della Pubblicazione:** Una pubblicazione non può essere antecedente alla data di avvio del progetto scientifico da cui deriva.
- **Coerenza Manutenzione:** Non è possibile registrare un nuovo intervento di manutenzione su uno strumento se esiste già un intervento aperto (senza esito o data fine) per lo stesso macchinario.

## 5 Progettazione Logica

### 5.1 Ristrutturazione schema E-R

#### 5.1.1 Eliminazione generalizzazioni

- **Ricercatore**: le entità figlie *Responsabile* e *Operativo* vengono accorpate in *Ricercatore*, assorbendo gli attributi delle entità figlie.
- **Protocollo**: le entità figlie *Protocollo Sperimentale* e *Protocollo Sicurezza* vengono accorpate in *Protocollo*, assorbendo gli attributi delle entità figlie.
- **Indirizzo**: l'attributo composto viene sciolto e i singoli attributi vengono aggiunti direttamente all'entità.
- **Contatti**: l'attributo composto viene sciolto e i singoli attributi vengono aggiunti direttamente all'entità.
- **Fase Sperimentale**: la chiave primaria è composta dalla chiave esterna dell'esperimento (*ID\_Esperimento*) e da un progressivo numerico (*Numeri\_Fase*).
- **Protocollo**: la chiave primaria è composta da *Codice* e *Versione*. Per tracciare lo storico delle revisioni delle varie procedure.

### 5.2 Tabella dei volumi

E-R	Tipo	Volume	Descrizione
Laboratorio	E	5	Strutture
Ricercatore	E	100	Personale
Progetto scientifico	E	50	Progetti in attivo e completati
Pubblicazione	E	150	Stima 3 pubblicazioni per progetto
Esperimento	E	1000	Stimati 20 esperimenti per progetto
Fase Sperimentale	E	5000	Stimate 5 fasi per ogni esperimento
Misurazione	E	250000	Dati grezzi
Parametro	E	200	Tipi di analisi
Protocollo	E	100	Procedure standard e versioni
Campione	E	5000	Campioni biologici
Soggetto	E	500	Pazienti, organismi
Strumentazione	E	250	Macchine disponibili
Manutenzione	E	800	Interventi tecnici
Reagente	E	500	Catalogo prodotti chimici
Lotto	E	2500	Stimati 5 lotti per reagente
Fornitore	E	25	Fornitori
Lavora su	R	200	Ricercatori assegnati a più progetti
Deriva	R	150	Collegamento progetti–pubblicazioni
Utilizza (Protocollo)	R	1500	Protocolli seguiti negli esperimenti
Utilizza (Strumento)	R	10000	Strumenti utilizzati durante le fasi
Consuma	R	7500	Reagenti consumati durante le fasi

#### Legenda

- E = Entità
- R = Relazione

### 5.3 Tabella delle Operazioni

Sulla base dei requisiti funzionali, sono state individuate le seguenti operazioni principali, corredate dalla stima della loro frequenza di esecuzione.

	Descrizione	Tipo	Frequenza
Op.1	Inserimento di un nuovo Progetto Scientifico	I	1/mese
Op.2	Inserimento di un nuovo Esperimento	I	1/giorno
Op.3	Inserimento di una Fase Sperimentale ad un Esperimento	I	5/giorno
Op.4	Registrazione di una nuova Misurazione	I	500/giorno
Op.5	Visualizzazione fasi e risultati di uno specifico Esperimento	I	50/giorno
Op.6	Visualizzazione Strumentazione disponibile per l'uso	I	20/giorno
Op.7	Verifica giacenza Lotti di un Reagente	I	25/giorno
Op.8	Scarico del magazzino successivamente ad una Fase Sperimentale	I	10/giorno
Op.9	Calcolo costo totale dei Reagenti consumati da un Progetto	B	1/mese
Op.10	Ricerca Esperimenti che hanno seguito un determinato Protocollo	I	5/settimana
Op.11	Generazione report delle Pubblicazioni per Laboratorio	B	1/anno
Op.12	Inserimento di un intervento di Manutenzione	I	2/settimana

#### Legenda

- I = Interativa
- B = Batch

#### 5.3.1 Analisi operazioni

- **Operazione Critica (Op.4 - Inserimento):** È l'operazione di scrittura più frequente (500/giorno).
- **Operazione Pesante (Op.5 - Lettura):** richiede un JOIN tra *Esperimento*, *Fase* e *Misurazione*. Dato l'alto volume di letture, sarà necessaria la creazione di indici sulle chiavi esterne.
- **Operazione Complessa (Op.9 - Batch):** Richiede di unire *Progetto*, *Esperimento*, *Fase*, *Consumo*, *Reagente* (o *Lotto*). È una query molto costosa che attraversa molte tabelle, viene classificata come Batch.

## 6 Valutazione dei costi dei Dati Derivati

Approssimiamo per semplicità 1 mese = 30 giorni.

### 6.1 Costo Totale Reagenti

Oggetto dell'analisi è l'attributo derivabile **Costo Totale Reagenti** relativo all'entità *Esperimento*. Si confrontano i costi in termini di accessi in memoria tra una soluzione che calcola il valore dinamicamente (Senza Ridondanza) e una che lo memorizza come attributo aggiornato in tempo reale (Con Ridondanza).

**Ipotesi:**

- 1 mese = 30 giorni lavorativi.
- Costo di lettura (R) = 1 accesso.
- Costo di scrittura (W) = 2 accessi (lettura + riscrittura blocco).
- Volume medio: 1 Esperimento coinvolge circa 5 Fasi e 10 consumi di reagenti totali.

Operazione 9: Calcolo costo totale dei reagenti (Lettura)		
	Senza ridondanza	Con ridondanza
Accessi per ogni esecuzione	$  \begin{aligned}  & 1 \text{ (Lettura Esperimento)} \\  & + 5 \text{ (Join con Fasi)} \\  & + 10 \text{ (Join con Consumi)} \\  & + 10 \text{ (Join Lotti)} \\  & = 26  \end{aligned}  $	$  \begin{aligned}  & 1 \text{ (Lettura Esperimento con} \\  & \text{attributo calcolato)} \\  & = 1 \text{ accesso}  \end{aligned}  $
Costi lettura (Mese)	$1 \times 26 = 26$	$1 \times 1 = 1$

Tabella 1: Costi di Lettura per Costo Totale Reagenti

Operazione 8: Scarico del magazzino (Scrittura)		
	Senza ridondanza	Con ridondanza
Accessi per ogni esecuzione	$  \begin{aligned}  & 1 \text{ (Inserimento Consuma)} \\  & + 2 \text{ (Update Lotto)} \\  & = 3 \text{ accessi}  \end{aligned}  $	$  \begin{aligned}  & 3 \text{ (Inserimento + Update Lotto)} \\  & + 1 \text{ (Lettura Esperimento)} \\  & + 2 \text{ (Update Esperimento)} \\  & = 6 \text{ accessi}  \end{aligned}  $
Costi scrittura (Mese)	$3 \times 300 = 900$	$6 \times 300 = 1800$
<b>TOTALE (Accessi/Mese)</b>	<b>26 (Lettura) + 900 (Scrittura) = 926</b>	<b>1 (Lettura) + 1800 (Scrittura) = 1801</b>

Tabella 2: Confronto Totale (Lettura + Scrittura) per Costo Esperimento

**Decisione Progettuale (Op. 9):** L'analisi mostra che l'introduzione della ridondanza raddoppierebbe quasi il carico complessivo (1801 accessi contro 926). Poiché l'operazione di aggiornamento dei consumi (Op.8) è molto più frequente (quotidiana) rispetto al calcolo del costo (Op.9, mensile), **non conviene memorizzare il dato derivato**. Il costo totale verrà calcolato dinamicamente.

## 6.2 Giacenza Totale Reagente (Entità Reagente)

Si valuta l'introduzione dell'attributo derivato **Giacenza Totale** nell'entità *Reagente*, pari alla somma delle quantità residue dei lotti associati.

**Dati di analisi:**

- **Op.7 (Lettura):** Verifica giacenza (Freq: 25/giorno  $\approx$  750/mese).
- **Op.8 (Scrittura):** Scarico magazzino (Freq: 10/giorno = 300/mese).
- **Volume medio:** Ogni Reagente possiede circa 5 Lotti attivi.

Confronto Costi: Giacenza Reagente		
	Senza ridondanza	Con ridondanza
Accessi lettura (Op.7)	1 (Reagente) + 5 (Lotti) = 6 accessi	1 (Reagente) = 1 accesso
<b>Costi lettura (Mese)</b>	$6 \times 750 = 4.500$	$1 \times 750 = 750$
Operazione 8: Aggiornamento quantità (Scrittura)		
Accessi scrittura (Op.8)	1 (Update Lotto) = 2 accessi	1 (Update Lotto) + 1 (Read Reagente) + 1 (Update Reagente) = 6 accessi
<b>Costi scrittura (Mese)</b>	$2 \times 300 = 600$	$6 \times 300 = 1.800$
<b>TOTALE (Accessi/Mese)</b>	<b>5.100</b>	<b>2.550</b>

Tabella 3: Analisi della ridondanza per Giacenza Totale

**Decisione Progettuale (Op. 7):** In questo caso, la lettura è molto frequente (Op.7) e onerosa senza ridondanza (richiede il join su tutti i lotti). L'introduzione del dato derivato riduce il carico totale di circa il 50% (da 5.100 a 2.550 accessi). Pertanto, **si decide di introdurre l'attributo ridondante Giacenza Totale** nell'entità Reagente.

### 6.3 Numero Pubblicazioni per Laboratorio

Si valuta l'introduzione dell'attributo **Numero Pubblicazioni** nell'entità *Laboratorio*.

**Dati di analisi:**

- **Op.11 (Lettura):** Report annuale pubblicazioni (Freq: 1/anno, trascurabile su base mensile  $\approx 0.1$ ).
- **Inserimento Pubblicazione (Scrittura):** Stimati 10 nuovi articoli/mese per tutto il laboratorio.

Confronto Costi: Report Pubblicazioni		
	Senza ridondanza	Con ridondanza
Accessi lettura (Op.11)	1 (Lab) + 50 (Progetti) + 150 (Pubblicazioni) $\approx 200$ accessi	1 (Lab) = 1 accesso
<b>Costi lettura (Mese)</b>	$200 \times 0.1 = 20$	$1 \times 0.1 \approx 0$
Inserimento Nuova Pubblicazione (Scrittura)		
Accessi scrittura	1 (Insert Pubblicazione) $= 2$ accessi	1 (Insert Pub) + 1 (Read Lab) + 1 (Update Lab) = 6 accessi
<b>Costi scrittura (Mese)</b>	$2 \times 10 = 20$	$6 \times 10 = 60$
<b>TOTALE (Accessi/Mese)</b>	<b>40</b>	<b>60</b>

Tabella 4: Analisi della ridondanza per Numero Pubblicazioni

**Decisione Progettuale (Op. 11):** Nonostante il costo di lettura di un report completo sia alto, la sua frequenza è talmente bassa (annuale) che non giustifica il mantenimento di un contatore aggiornato in tempo reale. **Non si introduce ridondanza.**

## 7 Schema finale in SQL (DataGrip)

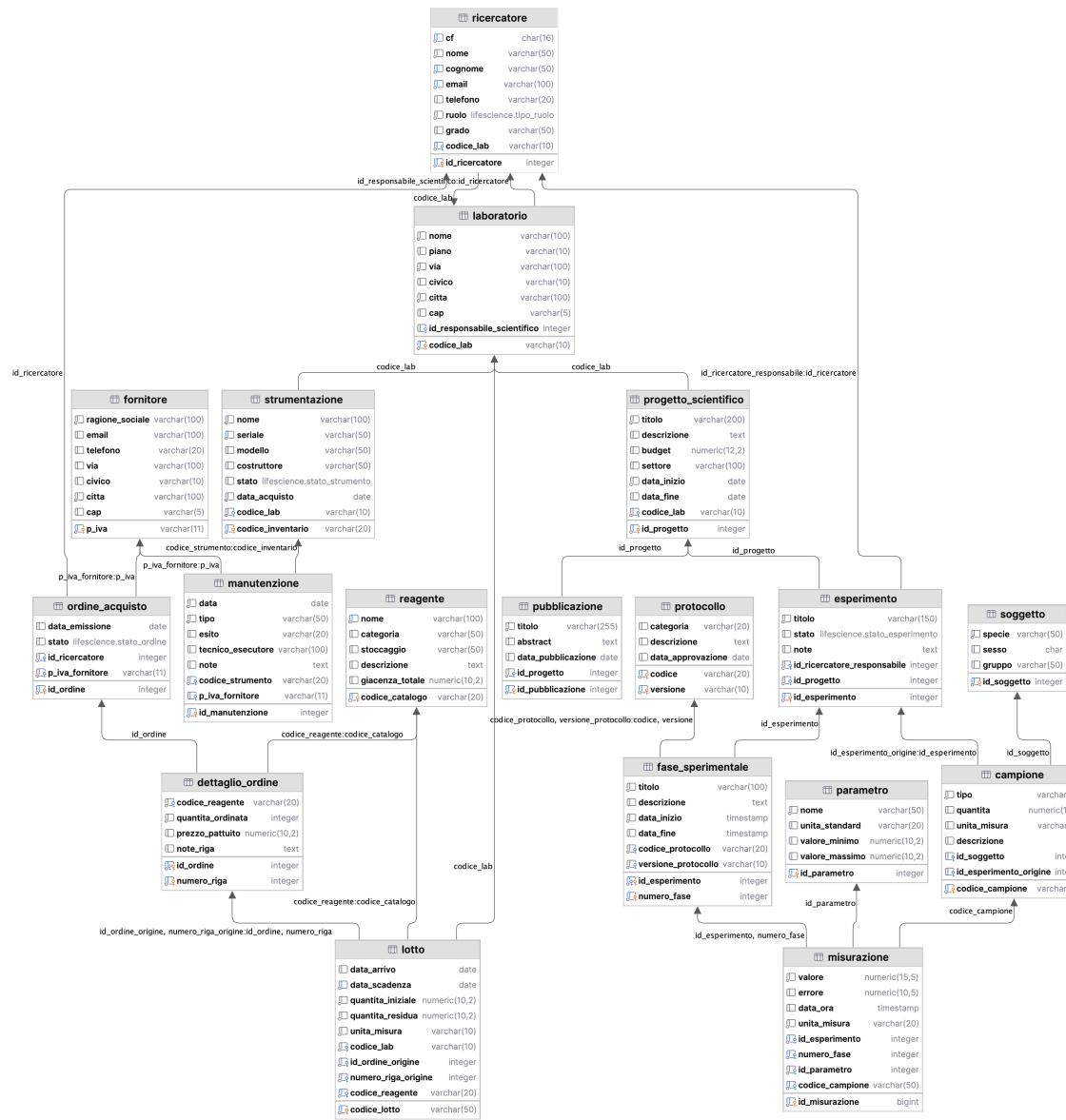


Figura 7: Schema Logico Finale e Script SQL

## 7.1 Elenco delle Tabelle

- **Laboratorio** (codice\_lab, nome, piano, via, civico, citta, cap, id\_responsabile\_scientifico)  
*FK: id\_responsabile\_scientifico → Ricercatore(id\_ricercatore)*
  - **Ricercatore** (id\_ricercatore, cf, nome, cognome, email, telefono, ruolo, grado, codice\_lab)  
*FK: codice\_lab → Laboratorio(codice\_lab)*
  - **Fornitore** (p\_iva, ragione\_sociale, email, telefono, via, civico, citta, cap)
  - **Reagente** (codice\_catalogo, nome, categoria, stoccaggio, descrizione, giacenza\_totale)
  - **Strumentazione** (codice\_inventario, nome, seriale, modello, costruttore, stato, data\_acquisto, codice\_lab)  
*FK: codice\_lab → Laboratorio(codice\_lab)*
  - **Ordine\_Acquisto** (id\_ordine, data\_emissione, stato, id\_ricercatore, p\_iva\_fornitore)  
*FK: id\_ricercatore → Ricercatore(id\_ricercatore)*  
*FK: p\_iva\_fornitore → Fornitore(p\_iva)*

- **Dettaglio\_Ordine** (id\_ordine, numero\_riga, codice\_reagente, quantita\_ordinata, prezzo\_pattuito, no-te\_riga)  
*FK: id\_ordine → Ordine\_Acquisto(id\_ordine)*  
*FK: codice\_reagente → Reagente(codice\_catalogo)*
- **Lotto** (codice\_lotto, data\_arrivo, data\_scadenza, quantita\_iniziale, quantita\_residua, unita\_misura, codice\_lab, id\_ordine\_origine, numero\_riga\_origine, codice\_reagente)  
*FK: codice\_lab → Laboratorio(codice\_lab)*  
*FK: (id\_ordine\_origine, numero\_riga\_origine) → Dettaglio\_Ordine(id\_ordine, numero\_riga)*  
*FK: codice\_reagente → Reagente(codice\_catalogo)*
- **Protocollo** (codice, versione, categoria, descrizione, data\_approvazione)
- **Progetto\_Scientifico** (id\_progetto, titolo, descrizione, budget, settore, data\_inizio, data\_fine, codice\_lab)  
*FK: codice\_lab → Laboratorio(codice\_lab)*
- **Pubblicazione** (id\_pubblicazione, titolo, abstract, data\_pubblicazione, id\_progetto)  
*FK: id\_progetto → Progetto\_Scientifico(id\_progetto)*
- **Eperimento** (id\_esperimento, titolo, stato, note, id\_ricercatore\_responsabile, id\_progetto)  
*FK: id\_ricercatore\_responsabile → Ricercatore(id\_ricercatore)*  
*FK: id\_progetto → Progetto\_Scientifico(id\_progetto)*
- **Fase\_Sperimentale** (id\_esperimento, numero\_fase, titolo, descrizione, data\_inizio, data\_fine, codice\_protocollo, versione\_protocollo)  
*FK: id\_esperimento → Eperimento(id\_esperimento)*  
*FK: (codice\_protocollo, versione\_protocollo) → Protocollo(codice, versione)*
- **Soggetto** (id\_soggetto, specie, sesso, gruppo)
- **Campione** (codice\_campione, tipo, quantita, unita\_misura, descrizione, id\_soggetto, id\_esperimento\_origine)  
*FK: id\_soggetto → Soggetto(id\_soggetto)*  
*FK: id\_esperimento\_origine → Eperimento(id\_esperimento)*
- **Parametro** (id\_parametro, nome, unita\_standard, valore\_minimo, valore\_massimo)
- **Misurazione** (id\_misurazione, valore, errore, data\_ora, unita\_misura, id\_esperimento, numero\_fase, id\_parametro, codice\_campione)  
*FK: (id\_esperimento, numero\_fase) → Fase\_Sperimentale(id\_esperimento, numero\_fase)*  
*FK: id\_parametro → Parametro(id\_parametro)*  
*FK: codice\_campione → Campione(codice\_campione)*
- **Manutenzione** (id\_manutenzione, data, tipo, esito, tecnico\_esecutore, note, codice\_strumento, p\_iva\_fornitore)  
*FK: codice\_strumento → Strumentazione(codice\_inventario)*  
*FK: p\_iva\_fornitore → Fornitore(p\_iva)*
- **Team\_Progetto** (id\_progetto, id\_ricercatore, data\_assegnazione, ruolo\_specifico)  
*FK: id\_progetto → Progetto\_Scientifico(id\_progetto)*  
*FK: id\_ricercatore → Ricercatore(id\_ricercatore)*
- **Prenotazione\_Strumento** (id\_prenotazione, id\_esperimento, numero\_fase, codice\_strumento, data\_inizio, data\_fine)  
*FK: (id\_esperimento, numero\_fase) → Fase\_Sperimentale(id\_esperimento, numero\_fase)*  
*FK: codice\_strumento → Strumentazione(codice\_inventario)*
- **Prelievo\_Materiale** (id\_movimento, id\_esperimento, numero\_fase, codice\_lotto, quantita\_prelevata, data\_movimento)  
*FK: (id\_esperimento, numero\_fase) → Fase\_Sperimentale(id\_esperimento, numero\_fase)*  
*FK: codice\_lotto → Lotto(codice\_lotto)*

## **Riferimenti bibliografici**

[1] (2018). Iso 20387:2018 – biotechnology – biobanking – general requirements. <https://www.uni.com/biobanking-la-iso-20387-arriva-in-europa/>. Accesso: 2025.