

Progetto Basi Di Dati

Francesca Di Fabrizio, Christian Carinci

April 17, 2023

Indice

1	Analisi del database e vista d'insieme	3
2	Progettazione Concettuale	4
2.1	Dizionario delle entità	4
2.1.1	Area Planimetria	4
2.1.2	Area Sensoristica	6
2.1.3	Area Gestione Lavori	8
2.1.4	Area Materiali	10
2.1.5	Area Gestione Personale	11
2.1.6	Area Calamità	11
2.2	Dizionario delle relazioni	13
2.2.1	Area Planimetria	13
2.2.2	Area Sensoristica	13
2.2.3	Area Gestione Lavori	14
2.2.4	Area Materiali	14
2.2.5	Area Gestione Personale	15
2.2.6	Area Calamità	15
3	Modello relazionale	16
3.1	Ristrutturazione	16
3.1.1	Traduzione delle generalizzazioni	16
3.1.2	Traduzione degli attributi composti	24
3.1.3	Traduzione degli attributi multivalore	24
4	Operazioni sui dati e analisi delle prestazioni	25
4.1	Tavola dei volumi	25
4.1.1	Area Planimetria	25
4.1.2	Area Sensoristica	26
4.1.3	Area Gestione Lavori	27
4.1.4	Area Materiali	28
4.1.5	Area Gestione Personale	29
4.1.6	Area Calamità	29
4.2	Operazioni significative	30
4.2.1	Operazione 1 - Costo lavori di un progetto edilizio	30
4.2.2	Operazione 2 - Lista progetti in stato di esecuzione	33
4.2.3	Operazione 3 - Inserimento turni operai	35
4.2.4	Operazione 4 - Calcolo stipendi	38

4.2.5	Operazione 5 - Lista turni settimanale	40
4.2.6	Operazione 6 - Inserimento misura	42
4.2.7	Operazione 7 - Lista misure di un edificio	44
4.2.8	Operazione 8 - Dati di un edificio	46
4.3	Introduzione ridondanze	47
4.3.1	DataFineEffettiva	47
4.3.2	CostoLavori	49
5	Progettazione logica	53
5.1	Descrizione dello schema logico	53
5.2	Vincoli di integrità	54
5.2.1	Vincoli di dominio	54
5.2.2	Vincoli di integrità referenziale	56
5.2.3	Vincoli di integrità generici	57
6	Analisi delle dipendenze funzionali e normalizzazione	59
7	Analisi del rischio e monitoraggio danni	61
7.1	Stato dell'edificio	61
7.2	Calamità	62
8	Data analytics	63
8.1	Consigli di intervento	63
8.2	Stima dei danni	64

1 Analisi del database e vista d'insieme

Il progetto chiede di realizzare una base di dati che ha l'obiettivo di memorizzare e trattare efficientemente i dati a supporto delle funzionalità del sistema informativo **Smart Buildings**, che si occupa di gestire i dati di un'azienda di costruzione, di ristrutturazione e monitoraggio di edifici.

Il sistema inoltre utilizza tecniche di *data analytics* per il miglioramento della *sicurezza delle infrastrutture* attraverso una valutazione del rischio e una manutenzione predittiva.

Per garantire una maggiore chiarezza della progettazione concettuale e del modello relazionale si è scelto di suddividere il progetto in 6 aree tematiche, rappresentando la divisione nello schema E-R assegnando un colore differente ad ogni area.

Aree individuate con il corrispettivo colore:

- Area Planimetria
- Area Sensoristica
- Area Gestione Lavori
- Area Materiali
- Area Gestione Personale
- Area Calamità

2 Progettazione Concettuale

2.1 Dizionario delle entità

2.1.1 Area Planimetria

Entità	Descrizione	Attributi	Identificatori
Apertura	Un punto di accesso ad un vano di un edificio come porte, archi o aperture senza serramenti, oppure una finestra o una portafinestra.	NumeroApertura, InizioApertura(x,y), PuntoCardinale, Tipologia, AltezzaTerra, Lunghezza, Altezza	NumeroApertura, Muro(FK)
Edificio	Struttura esistente o da realizzare gestita dal sistema Smart Buildings.	ID, Tipologia, Posizione(Latitudine, Longitudine)	ID
Muro	Compone e suddivide i vani dei piani di un edificio.	ID, OrigineMuro (Xo, Yo), FineMuro(Xf, Yf)	ID
Piano	Rappresenta un livello di un edificio.	Numero	Numero, Edificio(FK)
Vano	Un ambiente, esterno o interno, che può essere adibito ad una o più funzioni.	ID, Funzione, DimensioniVano(Lunghezza, Larghezza, AltezzaMax)	ID

Specifiche e approfondimenti

Muro

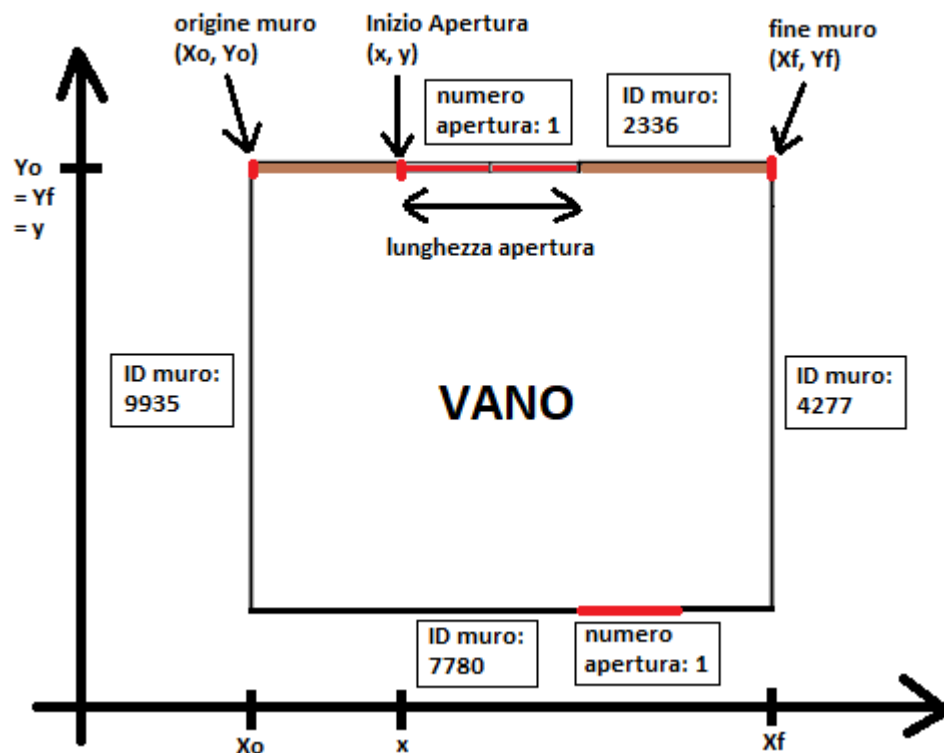
Sfruttando l'entità *muro* si è in grado di rappresentare la corretta forma poligonale di ogni vano, andando a definire i singoli elementi di parete. Questi elementi vengono rappresentati nella planimetria orizzontale dell'edificio come *segmenti*. Considerando la planimetria all'interno di un sistema di riferimento cartesiano, che sfrutta quindi l'utilizzo di coordinate per rappresentare la posizione degli elementi, si è in grado di collocare un segmento di muro nello spazio considerato tramite gli attributi composti "*OrigineMuro*", che specifica il punto di origine del segmento, e "*FineMuro*", che specifica il punto di fine del segmento. Il sistema di riferimento di queste coordinate dunque è di tipo relativo e specifico per edificio (si basa sulla planimetria di ogni edificio). Per l'altezza del muro si fa riferimento all'altezza del vano dov'è contenuto.

Apertura

Si vuole memorizzare correttamente la posizione di aperture, come finestre o porte, in modo da essere in grado di risalire all'esatta collocazione di ognuna di esse nella planimetria *orizzontale* dell'edificio. Considerando quest'ultima come già specificato nel paragrafo precedente (**Muro**), si vuole rappresentare ogni apertura come un *segmento* della planimetria posto all'interno di una parete. Quindi verrà memorizzato il "*punto iniziale*" di tale segmento, tramite due coordinate (x e y), e la lunghezza dell'apertura corrispondente (sarà poi la lunghezza del segmento). Inoltre, viene inserita nell'entità apertura anche la chiave dell'entità muro, in modo da memorizzare per ogni apertura la parete su cui è

posta. Con l'attributo *numero apertura* invece si distinguono le diverse aperture collocate sullo stesso muro (es. ID muro = 2278 presenta tre aperture: apertura 1, apertura 2 e apertura 3). L'attributo *AltezzaTerra* indica a quale altezza si trova l'apertura su una parete, facendo riferimento all'angolo inferiore sinistro dell'apertura.

Esempio di sistema di riferimento cartesiano con planimetria di un vano.



2.1.2 Area Sensoristica

Entità	Descrizione	Attributi	Identificatori
Accelerazione*	Lettura da un accelerometro tri-assiale.	x, y, z	Misura(Timestamp), Sensore(FK)
Alert	Un avvertimento generato dal superamento della soglia di sicurezza da parte di una grandezza misurata.	-	Misura(Timestamp FK), Sensore(FK)
Allungamento*	Lettura da un estensimetro.	Valore	Misura(Timestamp), Sensore(FK)
Misura*	Registrazione di una grandezza fisica misurata da un sensore in un certo istante di tempo.	Timestamp	Timestamp, Sensore(FK)
MisuraGenerica*	Lettura da un sensore generico diverso da quelli già descritti.	Valore	Misura(Timestamp), Sensore(FK)
Precipitazione*	Lettura da un pluviometro.	Valore	Misura(Timestamp), Sensore(FK)
Rotazione*	Lettura da un giroscopio tri-assiale.	x, y, z	Misura(Timestamp), Sensore(FK)
Sensore	Dispositivi installati su un edificio che misurano grandezze fisiche.	ID, Soglia, Tipologia, Coordinate(x, y, z)	ID
Temperatura*	Lettura da un termometro.	Valore	Misura(Timestamp), Sensore(FK)
Umidità*	Lettura da un igrometro.	Valore	Misura(Timestamp), Sensore(FK)

Specifiche e approfondimenti

Alert

Nell'entità *Alert* viene memorizzato l'ID del sensore che registra il valore o i valori che hanno superato la corrispondente soglia di sicurezza prefissata, ed anche il timestamp di questa misurazione. In questo modo si è in grado di risalire agli effettivi valori registrati, senza il bisogno di memorizzarli in un'ulteriore entità.

Misura*

Le entità che presentano l'asterisco (*) sono **specializzazioni** dell'entità **Misura**. Contengono tuple di misurazioni che riguardano grandezze fisiche differenti (una diversa per ogni entità), tra cui anche le *tri-assiali*, che hanno bisogno di tre attributi (x, y e z) per la memorizzazione.

Sensore

La posizione di un sensore in un edificio viene indicata dall'attributo composto "*Coordinate(x, y, z)*", dove le coordinate orizzontali (x, y) sono relative al sistema di riferimento dell'edificio utilizzato per la rappresentazione delle pareti nell'entità Muro (pag. 4 paragrafo **Muro**), mentre la terza coordinata (z) fa riferimento al sistema di riferimento dello specifico vano o piano, in modo da poter individuare a quale altezza si trovi il sensore sulla parete, esempio:

- se $z = 0$ implica l'installazione sul pavimento del vano oppure,
- se $z = \textit{altezza del vano interno}$ implica l'installazione sul soffitto della stanza.

2.1.3 Area Gestione Lavori

Entità	Descrizione	Attributi	Identificatori
Avanzamento	Stadio di avanzamento dei lavori nella costruzione o ristrutturazione di un edificio.	ID, DataInizio, StimaDataFine	ID
Lavoro*	Rappresenta uno specifico lavoro che compone uno stadio di avanzamento per la realizzazione o la modifica di un edificio.	ID, DataInizio, DataFine, Tipo, MaxOperai	ID
LavoroGenerale*	Generalizzazione dell'entità lavoro. Permette di associare un'attività direttamente all'edificio oggetto del lavoro.	-	Lavoro(ID)
LavoroMuro*	Generalizzazione dell'entità lavoro. Permette di associare un'attività direttamente al muro oggetto del lavoro.	Spessore, NumeroStrato, Lato	Lavoro(ID)
LavoroVano*	Generalizzazione dell'entità lavoro. Permette di associare un'attività direttamente al vano oggetto del lavoro.	-	Lavoro(ID)
ProgettoEdilizio	Consiste nell'insieme totale dei lavori da realizzare per la costruzione o ristrutturazione di un edificio. Viene realizzato tramite una sequenza di stadi di avanzamento.	ID, Tipo, DataInizio, StimaDataFine, DataPresentazione, DataApprovazione	ID

Specifiche e approfondimenti

Lavoro*

Questa entità rappresenta una generalizzazione delle altre entità indicate da [*]. L'attributo *MaxOperai* definisce il numero massimo di lavoratori contestuali in ogni ora della giornata per ogni lavoro svolto. Le entità *LavoroVano* e *LavoroGenerale*

LavoroMuro

Nell'entità *LavoroMuro* sono stati inseriti attributi che memorizzano informazioni su uno specifico lavoro, cioè quello di applicazione dell'intonaco su una parete. Non essendo

l'unico lavoro che si può effettuare su un muro, gli attributi *spessore*, che memorizza lo spessore in millimetri dello strato di intonaco applicato, e *numero strato*, che rappresenta il numero dello strato di intonaco applicato, saranno quindi *opzionali*. L'attributo *lato* rappresenta invece il lato di applicazione, cioè su quale lato si effettua il lavoro. Il valore dell'attributo può essere posto pari a “destra” o “sinistra”, in base al lato oggetto di intervento, prendendo come riferimento il punto inferiore sinistro della parete.

Esempio dimostrativo dell'attributo Lato dell'entità LavoroMuro



2.1.4 Area Materiali

Entità	Descrizione	Attributi	Identificatori
AltriMateriali*	Rappresenta un materiale generico non specificato da altre entità già presenti.	Descrizione, Funzione, Dimensioni(Altezza, Lunghezza, Larghezza)	Materiale(Codice Lotto, Fornitore)
Intonaco*	Materiale usato per rivestire le mura.	Tipo, Colore	Materiale(Codice Lotto, Fornitore)
Materiale*	Materiale edile che viene utilizzato nella costruzione o nella ristrutturazione.	CodiceLotto, NomeFornitore, DataAcquisto, QuantitàAcquistata, Costo(CostoUnitario, UnitàMisura)	CodiceLotto, Fornitore
Mattone*	Materiale utilizzato per la costruzione di murature.	Alveolatura, Composizione, Dimensioni(Altezza, Lunghezza, Larghezza)	Materiale(Codice Lotto, Fornitore)
Piastrella*	Materiale utilizzato per rivestire i pavimenti.	Composizione, Dimensioni(Lunghezza, Larghezza), Tipo, NumeroLati, Disegno, Fuga	Materiale(Codice Lotto, Fornitore)
Parquet*	Materiale utilizzato per rivestire i pavimenti.	TipoLegno	Materiale(Codice Lotto, Fornitore)
Pietra*	Materiale utilizzato per ricoprire le mura oppure per realizzarle.	Tipo, SuperficieMedia, PesoMedio	Materiale(Codice Lotto, Fornitore)

Materiale*

Ogni entità che presenta [*] fa parte della generalizzazione con l'entità Materiale. Ogni materiale ha un costo che può essere al chilo (o quintale) oppure espresso in metri quadri, per questo è stato introdotto l'attributo composto *Costo*, in cui viene specificato il costo unitario di ogni materiale e l'unità di misura in cui viene espresso.

2.1.5 Area Gestione Personale

Entità	Descrizione	Attributi	Identificatori
Impiego	Rappresenta lo svolgimento di un lavoro da parte di un lavoratore. L'insieme degli impieghi formano un turno di lavoro.	InizioImpiego, FineImpiego	InizioImpiego, Lavoratore(FK)
Supervisore*	Responsabile di un gruppo di operai.	MaxOperai	Lavoratore(Codice Fiscale)
Risorsa*	Una risorsa impiegata nei lavori.	CodiceFiscale, Nome, Cognome, PagaOraria	CodiceFiscale
Operaio*	Lavoratore che esegue impieghi nel proprio turno di lavoro.	-	Lavoratore(Codice Fiscale)

Risorsa*

Ogni entità che presenta [*] fa parte della generalizzazione con l'entità Risorsa.

CapoCantiere*

Ogni capo cantiere può monitorare un numero massimo di lavoratori dipendentemente dalla sua esperienza, per cui è stato inserito l'attributo *MaxOperai* per memorizzare tale informazione.

2.1.6 Area Calamità

Entità	Descrizione	Attributi	Identificatori
AreaGeografica	Zona geografica dove ha o avrà sede un edificio.	ID, Nome	ID
Calamità	Evento calamitoso che ha colpito un'area geografica.	Tipo, Timestamp, Intensità, Coordinate(Latitudine, Longitudine)	Tipo, Timestamp
Rischio	Pericolo a cui è soggetta un'area geografica.	CoefficienteDiRischio, Tipologia, Timestamp	AreaGeografica(FK), Tipologia, Timestamp

Calamità

Il livello di gravità è direttamente proporzionale alla vicinanza alla posizione in cui la calamità avviene, e decresce man mano che ci si allontana, per questo è importante memorizzare il luogo preciso in cui la calamità avviene nell'attributo composto *Coordinate(Latitudine, Longitudine)*.

Rischio

Per gestire l'evoluzione nel tempo dei coefficienti di rischio di ogni area geografica, è stato scelto di aggiungere il campo *Timestamp* all'interno della chiave dell'entità. In questo modo verrà memorizzata ogni singola variazione di ogni coefficiente di rischio registrando la data dell'avvenuto cambio, così da poter usare i dati dei coefficienti di rischio per aiutare a determinare le potenziali cause di eventi calamitosi.

2.2 Dizionario delle relazioni

2.2.1 Area Planimetria

Relazioni	Entità 1	Entità 2	Attributi
Composizione	Vano (1,1) Ogni vano appartiene ad un solo piano di un'edificio.	Piano (1,N) Ogni piano può essere composto da uno o più vani.	
Perimetro	Muro (1,2) Ogni muro può appartenere a uno (muro esterno) o massimo due vani (muro interno).	Vano (1,N) Ogni vano può avere uno o più muri.	
Presenza	Apertura (1,1) Ogni apertura appartiene ad un solo muro.	Muro (0,N) Ogni muro può avere da zero a più aperture.	
Topologia	Piano (1,1) Ogni piano appartiene ad un solo specifico edificio.	Edificio (1,N) Ogni edificio può avere da uno a più piani.	
Ubicazione	Edificio (1,1) Ogni edificio appartiene ad una sola specifica area geografica.	AreaGeografica (0,N) Ogni area geografica può possedere da zero a più edifici.	

2.2.2 Area Sensoristica

Relazioni	Entità 1	Entità 2	Attributi
Installazione	Sensore (1,1) Ogni sensore è installato su un solo specifico vano.	Vano (0,N) Ogni vano può possedere da zero a più sensori.	
Registrazione	Sensore (0,N) Ogni sensore può effettuare da zero a più misurazioni.	Misura (1,1) Ogni misurazione appartiene ad un solo sensore.	
Superamento-Soglia	Misura (0,1) Ogni misurazione può generare zero o un solo alert.	Alert (1,1) Ogni alert è generato da una sola misurazione.	

2.2.3 Area Gestione Lavori

Relazioni	Entità 1	Entità 2	Attributi
OperaGenerale	Edificio (0,N) Su ogni edificio possono essere effettuati da zero a più lavori.	LavoroGenerale (1,1) Ogni lavoro generale appartiene ad un solo edificio.	
OperaMuraria	Muro (0,N) Su ogni muro possono essere effettuati da zero a più lavori.	LavoroMuro (1,1) Ogni lavoro su parete appartiene ad un solo muro.	
OperaImpalcato	Vano (0,N) Su ogni vano possono essere effettuati da zero a più lavori.	LavoroVano (1,1) Ogni lavoro su impalcato appartiene ad un solo vano.	
Progettazione	ProgettoEdilizio (1,1) Ogni progetto edilizio appartiene ad un solo edificio.	Edificio (1,N) Ogni edificio possiede da uno solo (progetto di costruzione) a più progetti (progetti di ristrutturazione, ampliamento, ecc.)	
Progressione	Avanzamento (1,N) Ogni stadio di avanzamento può essere costituito da uno o più lavori.	Lavoro (1,1) Ogni lavoro appartiene ad un solo stadio di avanzamento.	
Realizzazione	Avanzamento (1,1) Ogni stadio di avanzamento appartiene ad un solo progetto edilizio.	ProgettoEdilizio (0,N) Un progetto edilizio può avere zero (nel caso il progetto edilizio sia stato solo presentato e i lavori non siano ancora iniziati) o più stadi di avanzamento.	

2.2.4 Area Materiali

Relazioni	Entità 1	Entità 2	Attributi
UtilizzoMateriale	Lavoro (0,N) Ogni lavoro può richiedere l'utilizzo di nessun materiale o più materiali.	Materiale (0,N) Ogni materiale può essere utilizzato in nessun lavoro o in più lavori.	Quantità

2.2.5 Area Gestione Personale

Relazioni	Entità 1	Entità 2	Attributi
Coordinamento	Lavoro (1,1) Ogni lavoro è coordinato da un solo capo cantiere.	CapoCantiere (0,N) Ogni capo cantiere può coordinare da zero a più lavori.	
LavoroImpiego	Lavoro (1,N) Ogni lavoro può essere svolto da uno o più lavoratori.	Impiego (1,1) Ogni lavoratore impegnato nel periodo specifico indicato partecipa ad una sola attività.	
Turno	Impiego (1,1) Ogni turno registrato corrisponde ad un solo lavoratore.	Risorsa (0,N) Ogni lavoratore può svolgere zero o più turni di lavoro.	

2.2.6 Area Calamità

Relazioni	Entità 1	Entità 2	Attributi
DannoArrecato	Calamità (0,N) Ogni calamità può colpire più aree geografiche.	AreaGeografica (0,N) Ogni area geografica può essere soggetta a nessuna calamità o più calamità.	
Pericolosità	AreaGeografica (0,N) Ogni area geografica può avere da zero a più rischi.	Rischio (1,1) Ogni rischio appartiene ad una sola area geografica.	

3 Modello relazionale

3.1 Ristrutturazione

3.1.1 Traduzione delle generalizzazioni

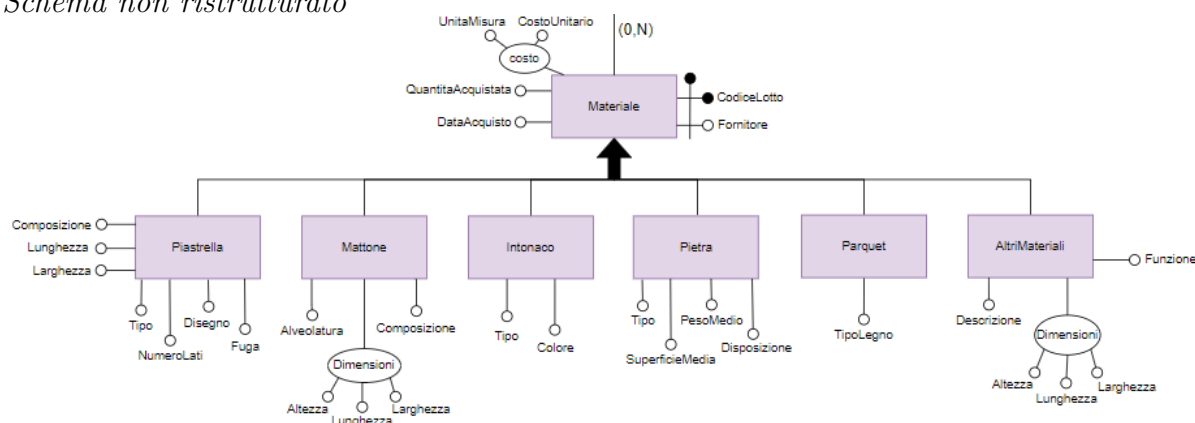
Area Materiali

Tipo generalizzazione: Totale esclusiva;

Ristrutturazione: Traduzione delle generalizzazione tramite associazioni tra entità genitore ed entità figlie.

Un **materiale** che viene utilizzato nei lavori di un edificio può essere di diverse tipologie in base al lavoro che si sta svolgendo, dove ogni tipologia presenta caratteristiche differenti dalle altre. Per questo viene specializzato in **piastrella**, **mattone**, **pietra**, **intonaco**, **parquet** e **altri materiali**. Quest'ultimo rende la **generalizzazione totale**, poiché va a rappresentare tutti quei materiali che non sono già stati descritti, per cui non esistono diversi tipi di materiali oltre quelli presenti. Inoltre la generalizzazione è **esclusiva** in quanto un materiale può essere di un solo tipo. Ogni tipologia ha un codice identificativo ed altre caratteristiche che non dipendono dal tipo di materiale.

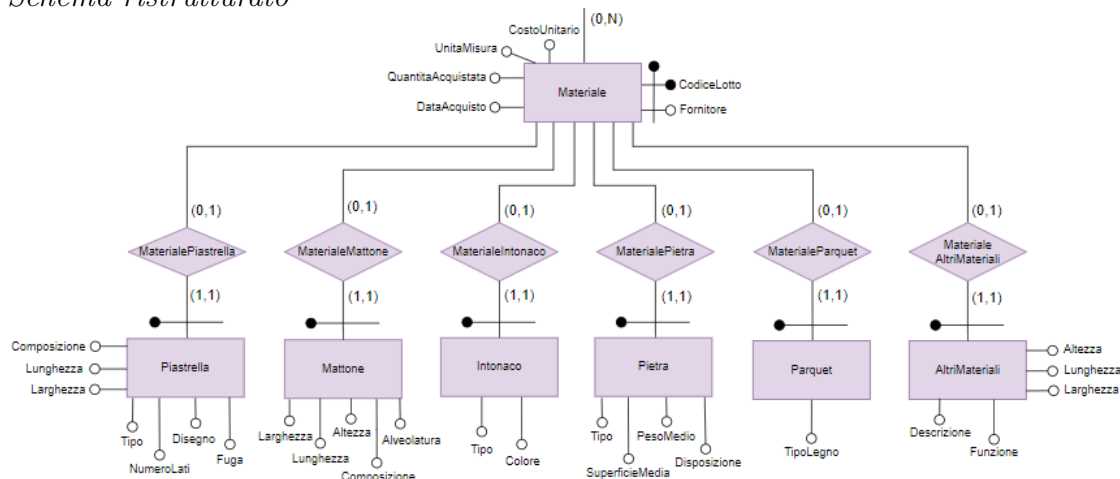
Schema non ristrutturato



La soluzione proposta si basa sul fatto che gli accessi all'entità genitore e alle entità figlie non sono contestuali, poiché le caratteristiche delle entità figlie sono eterogenee tra loro, quindi non sono informazioni che vengono accedute contestualmente.

La generalizzazione è stata tradotta in relazioni tra l'entità madre **Materiale** e tutte le entità figlie. È necessario implementare un vincolo per mantenere la generalizzazione totale ed esclusiva: **ogni materiale deve partecipare ad una sola delle nuove relazioni**.

Schema ristrutturato



Relazioni aggiunte al dizionario

Relazioni	Entità 1	Entità 2	Attributi
MaterialePiastrilla	Materiale (0,1) Ogni materiale può essere di tipo Piastrilla.	Piastrilla (1,1) Ogni oggetto Piastrilla corrisponde ad un solo lotto di materiale.	
MaterialeMattone	Materiale (0,1) Ogni materiale può essere di tipo Mattone.	Mattone (1,1) Ogni oggetto Mattone corrisponde ad un solo lotto di materiale.	
MaterialeIntonaco	Materiale (0,1) Ogni materiale può essere di tipo Intonaco.	Intonaco (1,1) Ogni oggetto Intonaco corrisponde ad un solo lotto di materiale.	
MaterialePietra	Materiale (0,1) Ogni materiale può essere di tipo Pietra.	Pietra (1,1) Ogni oggetto Pietra corrisponde ad un solo lotto di materiale.	
MaterialeParquet	Materiale (0,1) Ogni materiale può essere di tipo Parquet.	Parquet (1,1) Ogni oggetto Parquet corrisponde ad un solo lotto di materiale.	
MaterialeAltri-Materiali	Materiale (0,1) Ogni materiale può essere di tipo AltroMateriale.	AltriMateriali (1,1) Ogni oggetto AltroMateriale corrisponde ad un solo lotto di materiale.	

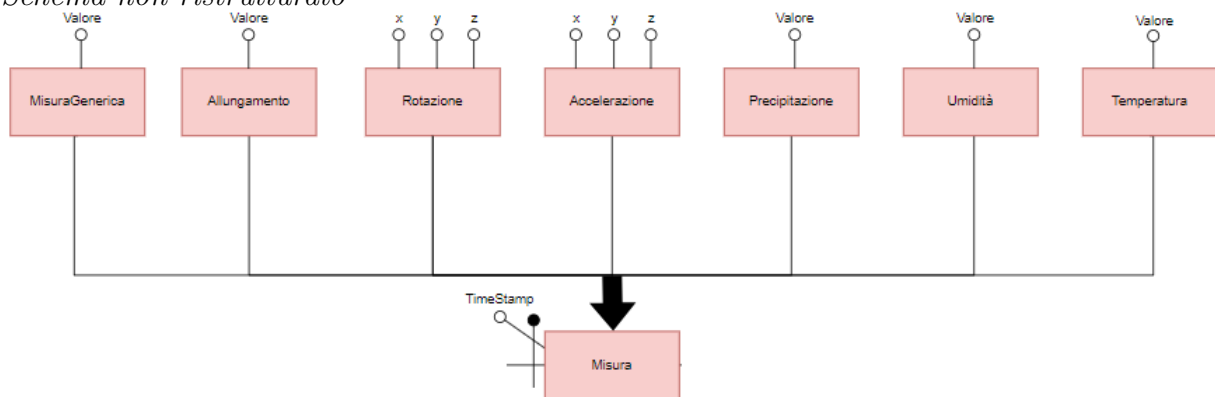
Area Sensoristica

Tipo generalizzazione: Totale esclusiva;

Ristrutturazione: Traduzione delle generalizzazione accorpendo le entità figlie nell'entità genitore.

Una **misura** effettuata da un sensore può essere di diverso tipo in base al dispositivo che l'ha prodotta, infatti è specializzata in: **Allungamento**, **Rotazione**, **Accelerazione**, **Precipitazione**, **Umidità**, **Temperatura** e **Misura Generica**. Quest'ultima va a rendere la generalizzazione totale, infatti va a rappresentare tutte quelle misure che non sono stati già descritte. Inoltre, la generalizzazione è **esclusiva** in quanto una misura può essere di un solo tipo. Ogni misura, possiede un **Timestamp** e la **chiave esterna di Sensore**.

Schema non ristrutturato



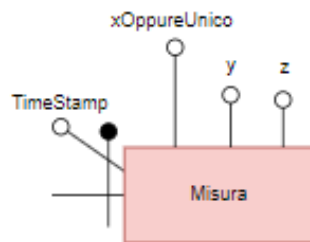
In base al tipo di sensore e alle grandezze fisiche che esso misura, possiamo definire a priori la frequenza delle sue registrazioni in modo che queste abbiano un significato per le successive analisi. Ad esempio, nella misurazione di grandezze fisiche come temperatura o umidità è necessario che i sensori campino almeno un dato ogni ora. Anche se volessimo abbassare la frequenza di campionamento ad una misurazione al minuto per provare ad analizzare più dettagliatamente il fenomeno, probabilmente non riusciremmo ad ottenere nessun tipo di vantaggio nell'analisi. Se invece prendiamo come esempio le misurazioni di un accelerometro tri-assiale, considerando che la durata di un evento sismico è solitamente compresa fra pochi secondi a più di un minuto, e la sua caratteristica impulsiva, è necessario che le registrazioni di questi sensori abbiano frequenze molto basse poiché altrimenti non si disporrebbe della quantità di dati necessaria a studiare il fenomeno. Gli accelerometri triassiali usati per il monitoraggio degli edifici arrivano normalmente a misurare frequenze fino a 200 Hz, cioè 200 misure al secondo (per ricostruire la storia temporale di un segnale, la frequenza di campionamento deve essere almeno 10 volte la massima frequenza di interesse, che per un sisma è posta pari a 20 Hz).

In questa ristrutturazione è stato quindi necessario calcolare il volume orario delle entità coinvolte per un solo edificio.

Entità	N° Sensori	N° Valori	Frequenza	Volume Orario
Accelerazione	1	3	200/secondo	720000
Allungamento	5	1	1/ora	5
Misura Generica	3	1	1/ora	3
Precipitazione	1	1	1/ora	1
Temperatura	5	1	1/ora	5
Rotazione	1	3	200/secondo	720000
Umidità	5	1	1/ora	5
Totale				1440019

Dalla tabella si evince che le registrazioni di sensori tri-assiali, come accelerometri e giroscopi, creano un volume di dati maggiore confrontato alla somma di tutti i sensori che generano un solo valore. Per cui si è scelto di accorpare tutte le entità figlie nella sola entità madre Misura che avrà così tre attributi per la memorizzazione delle grandezze poiché questi attributi vengono interamente utilizzati dai sensori tri-assiali, mentre si è ritenuto trascurabile lo spreco di memoria che si avrà per i sensori a singolo valore, dove due attributi verranno posti a NULL.

Schema ristrutturato



Dizionario modificato

Entità	Descrizione	Attributi	Identificatori
Accelerazione	[...]	x, y, z	Misura(Timestamp), Sensore(FK)
Allungamento	[...]	Valore	Misura(Timestamp), Sensore(FK)
Misura	Registrazione di una grandezza fisica misurata da un sensore in un certo istante di tempo.	Timestamp	Timestamp, Sen- sore(FK)
MisuraGenerica	[...]	Valore	Misura(Timestamp), Sensore(FK)
Precipitazione	[...]	Valore	Misura(Timestamp), Sensore(FK)
Rotazione	[...]	x, y, z	Misura(Timestamp), Sensore(FK)
Temperatura	[...]	Valore	Misura(Timestamp), Sensore(FK)
Umidità	[...]	Valore	Misura(Timestamp), Sensore(FK)

Conseguenza di questa traduzione è la necessità di inserire un campo *Tipologia* nell'entità **Misura**, per poter distinguere le diverse grandezze fisiche che venivano prima specificate dalle entità figlie. Siccome l'entità **Sensore** possiede un campo *Tipologia*, si può ricavare facilmente quale grandezza si sta misurando dal tipo di sensore che la rileva, per cui l'inserimento dell'attributo sopra specificato risulterebbe ridondante.

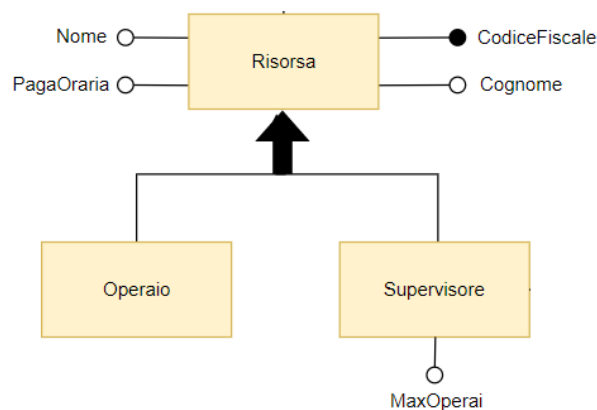
Area Gestione Personale

Tipo generalizzazione: Totale esclusiva;

Ristrutturazione: Traduzione delle generalizzazione accorpendo l'entità genitore nelle entità figlie.

Una **risorsa** può avere ruolo di **operaio** o di **supervisore**. La generalizzazione è quindi **totale**, poiché i lavoratori si distinguono in supervisori, cioè chi ha il compito di dirigere, e operai semplici. Inoltre la generalizzazione è **esclusiva**, poiché una risorsa può avere una sola carica assegnata. Ogni lavoratore ha come **identificatore** la chiave dell'entità **Risorsa**.

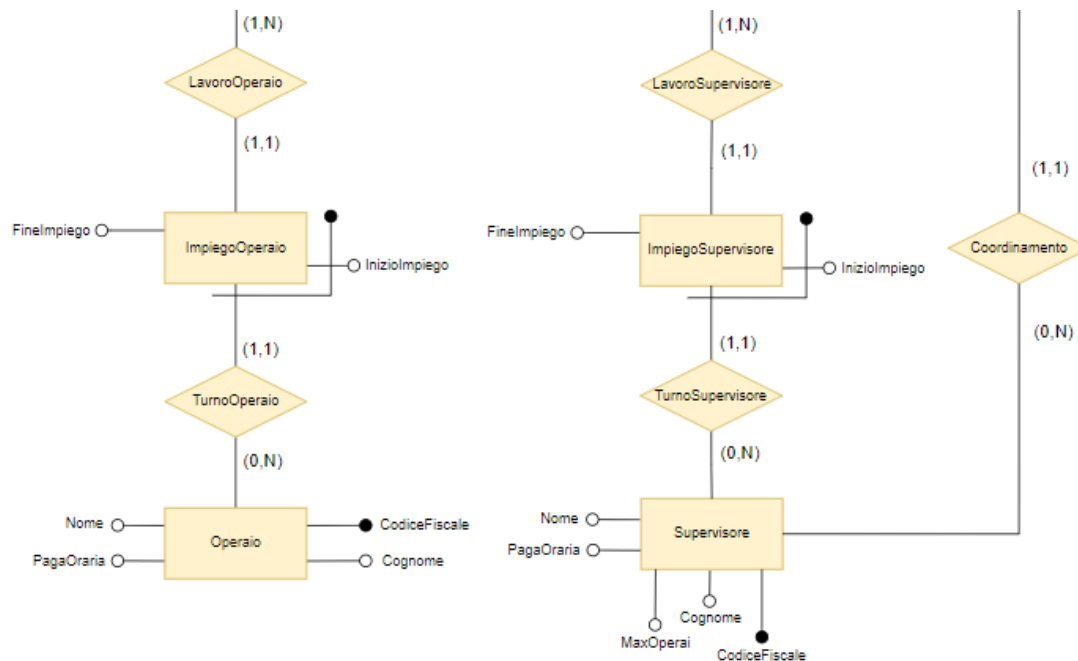
Schema non ristrutturato



La soluzione proposta si basa sulle seguenti considerazioni:

Ogni capo cantiere può monitorare un numero massimo di lavoratori e quindi, anche per ragioni di sicurezza, durante un turno non possono lavorare più di un certo numero di lavoratori contemporaneamente. Il numero massimo di lavoratori contestuali in ogni ora della giornata viene calcolato considerando solamente i turni degli **operai**, escludendo i turni dei supervisori, quindi c'è la necessità di accedere singolarmente all'entità **Operaio**. Inoltre il numero massimo di lavoratori coordinabili da un responsabile viene controllato accedendo all'entità **Supervisore** e leggendo l'attributo *MaxOperai*, e contando il numero delle risorse presenti durante quel turno di lavorazione, quindi si hanno ulteriori accessi separati alle entità figlie. L'entità *Supervisore* partecipa ad un'ulteriore associazione (*Coordinamento*), che risulta fondamentale per conoscere quali risorse con ruolo di supervisore hanno il compito di gestire un determinato lavoro.

Da qui si nota che gli accessi alle entità figlie sono più frequenti rispetto agli accessi all'entità genitore, ed inoltre sono spesso contestuali (come specificato precedentemente). Per questo si è scelto di accorpare l'entità genitore **Risorsa** nelle due entità figlie.



Modifica del dizionario delle relazioni

Relazioni	Entità 1	Entità 2	Attributi
Coordinamento	Lavoro (1,1) Ogni lavoro è coordinato da un solo supervisore.	Supervisore (0,N) Ogni supervisore può coordinare da zero a più lavori.	
LavoroOperaio	Lavoro (1,N) Ogni lavoro può essere svolto da uno o più operai.	ImpiegoOperaio (1,1) Ogni operaio impegnato nel periodo specifico indicato partecipa ad una sola attività.	
LavoroSupervisore	Lavoro (1,N) Ogni lavoro può essere svolto da uno o più supervisori.	ImpiegoSupervisore (1,1) Ogni supervisore impegnato nel periodo specifico indicato partecipa ad una sola attività.	
TurnoOperaio	ImpiegoOperaio (1,1) Ogni turno registrato corrisponde ad un solo lavoratore.	Operaio (0,N) Ogni lavoratore può svolgere zero o più turni di lavoro.	
TurnoSupervisore	ImpiegoSupervisore (1,1) Ogni turno registrato corrisponde ad un solo lavoratore.	Supervisore (0,N) Ogni lavoratore può svolgere zero o più turni di lavoro.	

Modifica del dizionario delle entità

Entità	Descrizione	Attributi	Identificatori
ImpiegoOperaio	Rappresenta lo svolgimento di un lavoro da parte di un operaio.	InizioImpiego, FineImpiego	InizioImpiego, Operaio(FK)
ImpiegoSupervisore	Rappresenta lo svolgimento di un lavoro da parte di un supervisore.	InizioImpiego, FineImpiego	InizioImpiego, Supervisore(FK)
Supervisore	Responsabile di un gruppo di operai.	MaxOperai	Lavoratore(Codice Fiscale)
Risorsa	Una risorsa impiegata nei lavori.	CodiceFiscale, Nome, Cognome, PagaOraria	CodiceFiscale
Operaio	Lavoratore che esegue impieghi nel proprio turno di lavoro.	-	Lavoratore(Codice Fiscale)

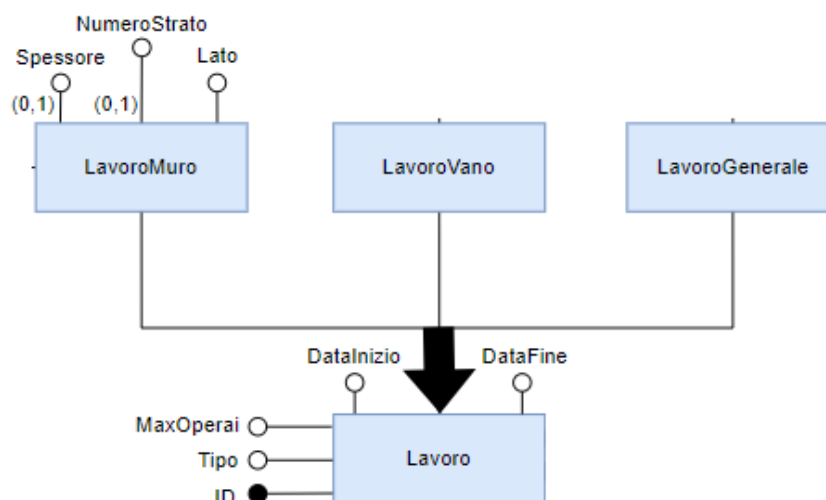
Area Gestione Lavori

Tipo generalizzazione: Totale esclusiva;

Ristrutturazione: Traduzione delle generalizzazione accorpendo le entità figlie nell'entità genitore.

Ogni lavoro che compone uno stadio di avanzamento può essere eseguito su parti specifiche di un edificio, e per distinguere quindi le diverse tipologie di attività che possono essere svolte si è sfruttato l'utilizzo di una generalizzazione: l'entità **Lavoro** si specializza in **LavoroMuro**, **LavoroImpalcatura** e **LavoroGenerale**.

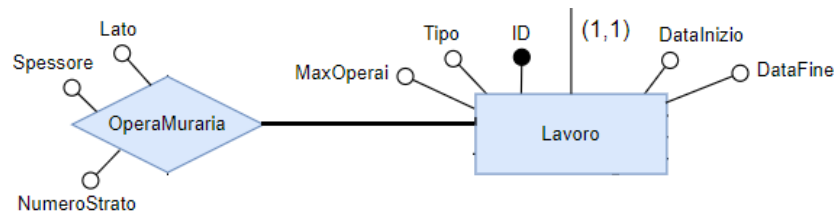
Schema non ristrutturato



La soluzione adottata si basa sul fatto che la maggior parte degli accessi vengono fatti all'entità genitore, poiché la maggior parte delle informazioni sono contenute proprio in

esso. Se si spostano gli attributi dell'entità **LavoroMuro** sull'associazione **OperaMuraria**, si nota che ogni entità figlia non possiede alcuna caratteristica che le differenzia tra loro, per cui possono essere accorpate nell'entità genitore. Ci sarà poi un vincolo di integrità, in modo da far corrispondere ogni lavorazione ad una sola parte di edificio, cioè solo a quella coinvolta.

Schema ristrutturato



Modifica del dizionario delle entità

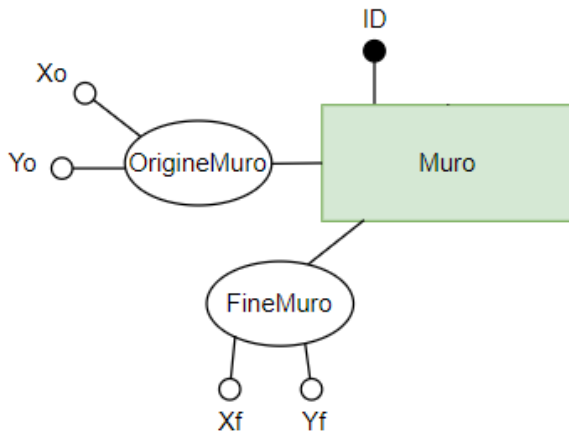
Entità	Descrizione	Attributi	Identificatori
Lavoro	Rappresenta uno specifico lavoro che compone uno stadio di avanzamento per la realizzazione o la modifica di un edificio.	ID, DataInizio, DataFine, Tipo, MaxOperai	ID
LavoroGenerale	[...]	ID	Lavoro(ID)
LavoroMuro	[...]	ID, Spessore, NumeroStrato, Lato	Lavoro(ID)
LavoroVano	[...]	ID	Lavoro(ID)

Modifica del dizionario delle relazioni

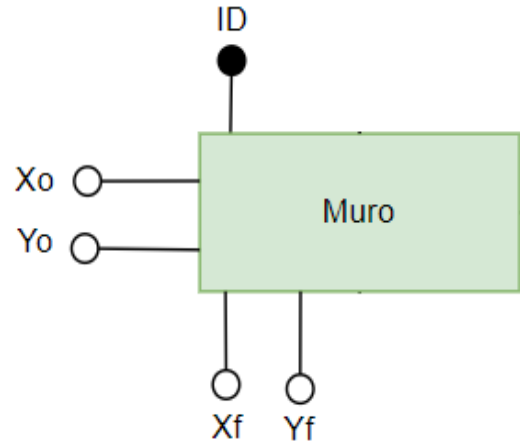
Relazioni	Entità 1	Entità 2	Attributi
OperaGenerale	Edificio (0,N) Su ogni edificio possono essere effettuati da zero a più lavori.	LavoroGenerale (1,1) Ogni lavoro generale appartiene ad un solo edificio.	
OperaMuraria	Muro (0,N) Su ogni muro possono essere effettuati da zero a più lavori.	LavoroMuro (1,1) Ogni lavoro su parete appartiene ad un solo muro.	Lato, Spessore, NumeroStrato
OperaImpalcato	Vano (0,N) Su ogni vano possono essere effettuati da zero a più lavori.	LavoroVano (1,1) Ogni lavoro su impalcato appartiene ad un solo vano.	

3.1.2 Traduzione degli attributi composti

Tutti gli attributi composti sono stati tradotti allo stesso modo: ogni attributo che compone l'attributo composto diventa un nuovo campo delle entità di cui fanno parte. Prendiamo come esempio l'entità **Muro**, che possiede due attributi composti:



(a) Prima della ristrutturazione



(b) Dopo la ristrutturazione

3.1.3 Traduzione degli attributi multivalore

Non sono presenti attributi multivalore nello schema.

4 Operazioni sui dati e analisi delle prestazioni

4.1 Tavola dei volumi

I volumi calcolati nelle seguenti tabelle si basano sull'ipotesi di un orizzonte temporale di 8 anni di utilizzo della base dati.

4.1.1 Area Planimetria

Concetto	Tipo	Volume	Motivazione
Apertura	E	3200	Si ipotizza una media di 0.5 porte, finestre o aperture per ogni muro, ovvero 2 aperture per ogni vano. Calcolo: $(1600 * 2)$
Composizione	R	1600	Cardinalità (1,1) con Vano
Perimetro	R	7200	Si assume che l'80% del totale dei muri costituiscano il perimetro interno degli edifici, e che quindi siano condivisi da 2 vani, mentre il restante 20% costituiscano il perimetro esterno degli edifici, e quindi appartengono ad un unico vano. Calcolo: $(0.2 * 4000) + ((0.8 * 4000) * 2)$
Edificio	E	20	Si ipotizza che la società Smart Buildings monitori 20 edifici totali.
Muro	E	4000	Si stima una media di 2.5 muri per ogni vano di ogni edificio (tenendo conto del fatto che ogni singolo muro appartiene a 2 vani, escludendo i muri esterni) Calcolo: $(1600 * 2.5)$
Piano	E	80	Si ipotizza che ogni edificio possieda mediamente 4 piani. Calcolo: $20 * 4$
Presenza	R	3200	Cardinalità (1,1) con Apertura
Topologia	R	80	Cardinalità (1,1) con Piano
Ubicazione	R	20	Cardinalità (1,1) con Edificio
Vano	E	1600	Si ipotizza la presenza di 20 vani totali per ogni piano. Calcolo: $20 * 80$

4.1.2 Area Sensoristica

Concetto	Tipo	Volume	Motivazione
Alert	E	509434	Si assume che gli alert vengano generati per la maggior parte delle volte solamente da determinati sensori, come accelerometri, giroscopi ed estensimetri. Si ipotizza che un accelerometro misuri una scossa di terremoto che porti al superamento della soglia prestabilita ogni due anni, e che la sua durata sia in media di 30 secondi. Per gli altri sensori si considera la generazione di un alert con una probabilità dello 0.1% (es. un termometro, soprattutto esterno, può generare un alert di surriscaldamento o di possibile ghiacciamento). Calcolo: $(200 * 30 * 20 * 8/2) + ((440-20) * 24 * 365 * 8) * 0.001$
Installazione	R	440	Cardinalità (1,1) con Sensore
Sensore	E	440	Per ogni edificio si suppone la presenza di 22 sensori totali: - 5 Termometri (1 per ogni piano e uno esterno) - 5 Igrometri (1 per ogni piano e uno esterno) - 5 Giroscopi (1 per ogni piano e uno esterno) - 5 Estensimetri (1 per ogni piano e uno esterno) - 1 Accelerometro (1 per ogni edificio) - 1 Pluviometro (1 per ogni edificio) - 4 Sensori Generici (per ogni edificio) Calcolo: $22 * 20$
Registrazione	R	32796000	Cardinalità (1,1) con Misura
Misura	E	32796000	A seconda del tipo di sensore e delle grandezze che questo misura (approfondimento paragrafo 2.1.2) si ipotizza di mantenere uno storico di dati relativo a: - 1 ora per tutti i sensori che campionano meno di ogni 15 minuti, quindi quelli a bassa frequenza; - 5 anni per tutti gli altri sensori, quindi quelli ad alta frequenza. Si stima quindi una frequenza di campionamento pari a: - 200 misure/s per gli accelerometri - 1 misura/h per gli altri sensori Calcolo: $((440-20) * 24 * 365 * 5) + (200 * 60 * 60 * 20)$
SuperamentoSoglia	R	509434	Cardinalità (1,1) con Alert

4.1.3 Area Gestione Lavori

Concetto	Tipo	Volume	Motivazione
Avanzamento	E	263	Si ipotizza che ogni progetto di costruzione sia composto in media da 10 stadi di avanzamento, mentre ogni progetto di ristrutturazione (o altro) sia composto da 5 stadi, quindi si ha una media di 7.5 stadi di avanzamento per progetto. Calcolo: $35 * 7.5$
Lavoro	E	35875	Si suppone che un progetto edilizio sia caratterizzato da: - 5 lavori generali per ogni edificio; - 5 lavori per ogni muro; - 5 lavori per ogni piano. Calcolo: $((20 * 5 + 4000 * 5 + 80 * 5) / 20) * 35$
OperaMuraria	R	35000	Mediamente in ogni progetto si svolgono 5 lavorazioni su ogni muro dell'edificio. Calcolo: $(5 * 4000) / 20 * 35$
OperaImpalcato	R	700	Mediamente in ogni progetto si svolgono 5 lavorazioni su ogni piano dell'edificio. Calcolo: $((5 * 80) / 20) * 35$
OperaGenerale	R	175	Mediamente in ogni progetto si svolgono 5 lavorazioni generali su ogni edificio. Calcolo: $((5 * 20) / 20) * 35$
Progressione	R	35875	Cardinalità (1,1) con Lavoro
ProgettoEdilizio	E	35	Si suppone la presenza di: - 1 progetto di costruzione per ogni edificio, quindi 1*20 progetti; - 0.75 progetti ulteriori per ogni edificio, quindi 15 progetti edilizi in più rispetto al totale, che possono riguardare ristrutturazione, ampliamento, ecc. In conclusione si ha una media di 1.75 progetti per ogni edificio. Calcolo: $1 * 20 + 0.75 * 20$
Progettazione	R	35	Cardinalità (1,1) con Progetto Edilizio
Realizzazione	R	263	Cardinalità (1,1) con Avanzamento

4.1.4 Area Materiali

Concetto	Tipo	Volume	Motivazione
AltriMateriali	E	200	Si suppone l'acquisto di 10 lotti di altri materiali per ogni edificio.
Intonaco	E	40	Si suppone l'acquisto di 2 lotti di intonaco per ogni edificio.
Materiale	E	665	Si ipotizza che per ogni progetto edilizio in media si utilizzino: - 2 lotti di intonaco; - 4 lotti di mattoni; - 2 lotti di piastrelle; - 0.5 lotti di parquet; - 0.5 lotti di pietra; - 10 lotti di altri materiali. Per un totale di 19 materiali distinti per ogni edificio. Calcolo: $19 * 35$
Mattone	E	80	Si suppone l'acquisto di 4 lotti di mattoni per ogni edificio.
MaterialeIntonaco	R	40	Cardinalità (1,1) con Intonaco .
MaterialeMattone	R	80	Cardinalità (1,1) con Mattone .
MaterialePietra	R	10	Cardinalità (1,1) con Pietra .
MaterialePiastrella	R	40	Cardinalità (1,1) con Piastrella .
MaterialeParquet	R	10	Cardinalità (1,1) con Parquet .
Materiale AltriMateriali	R	200	Cardinalità (1,1) con AltriMateriali .
Parquet	E	10	Si suppone l'acquisto di 0.5 lotti di parquet per ogni edificio.
Piastrella	E	40	Si suppone l'acquisto di 2 lotti di piastrelle per ogni edificio.
Pietra	E	10	Si suppone l'acquisto di 0.5 lotti di pietra per ogni edificio.
UtilizzoMateriale	R	71750	Si ipotizza che per ogni lavoro svolto vengano utilizzati in media 2 materiali differenti. Calcolo: $35875 * 2$

4.1.5 Area Gestione Personale

Concetto	Tipo	Volume	Motivazione
Coordinamento	R	35875	Cardinalità (1,1) con Lavoro .
ImpiegoOperaio	E	322875	Ipotizzando che ogni lavoro tenga occupati in media 3 operai per una media di 3 turni, si ottiene: Calcolo: $3 * 3 * 35875$
ImpiegoSupervisore	E	107625	Si assume che ogni lavoro venga mediamente svolto in 3 turni. Calcolo: $3 * 35875$
LavoroOperaio	R	322875	Cardinalità (1,1) con ImpiegoOperaio .
LavoroSupervisore	R	107625	Cardinalità (1,1) con ImpiegoSupervisore .
Operaio	E	100	Si ipotizza la partecipazione al progetto di 10 ditte differenti, ognuna formata mediamente da 10 operai. Calcolo: $10 * 10$
Supervisore	E	13	Si suppone che ogni supervisore abbia la possibilità di coordinare dai 5 ai 10 operai, dipendentemente dalla sua esperienza nel settore. Per cui in media ogni supervisore coordina 7.5 operai. Calcolo: $100 / 7.5$
TurnoOperaio	R	322875	Cardinalità (1,1) con ImpiegoOperaio .
TurnoSupervisore	R	107625	Cardinalità (1,1) con ImpiegoSupervisore .

4.1.6 Area Calamità

Concetto	Tipo	Volume	Motivazione
AreaGeografica	E	4	Assunzione iniziale.
Calamità	E	45	Si suppone che ogni area geografica sia stata soggetta in media a 5.6 calamità in 8 anni.
DannoArrecato	R	90	Si suppone che ogni calamità possa interessare almeno il 50% delle zone geografiche registrate. Calcolo: $45 * (4 * 0.5)$
Pericolosità	R	8	Cardinalità (1,1) con Rischio .
Rischio	E	8	Si ipotizza che le zone geografiche siano situate in Italia, per cui sono tutte soggette a rischi sismici, cioè ognuna appartiene ad una determinata fascia di pericolosità sismica. Si ipotizza inoltre che almeno due aree siano soggette a rischi idrogeologici (alluvioni e/o esondazioni), e altre due siano zone a rischio di frana. Calcolo: $4 + 2 + 2$

4.2 Operazioni significative

Di seguito vengono riportate 8 operazioni significative effettuate sui dati, e l'analisi delle presetazioni di quest'ultime.

Per il calcolo del costo totale delle operazioni si considera doppio il peso delle operazioni di scrittura rispetto a quelle di lettura (1 accesso scrittura = 1 operazione elementare, 1 accesso in scrittura = 2 operazioni elementari).

4.2.1 Operazione 1 - Costo lavori di un progetto edilizio

Descrizione: Questa operazione permette di visualizzare il costo di un progetto edilizio che sia concluso o ancora in fase di esecuzione, quindi la somma dei costi di tutti i lavori che sono stati effettuati fino a quel momento per la sua realizzazione.

Input: ID del progetto edilizio

Output: Costo attuale del progetto edilizio

Frequenza stimata: 35 volte al giorno (una per ogni progetto edilizio)

Porzione del diagramma E-R

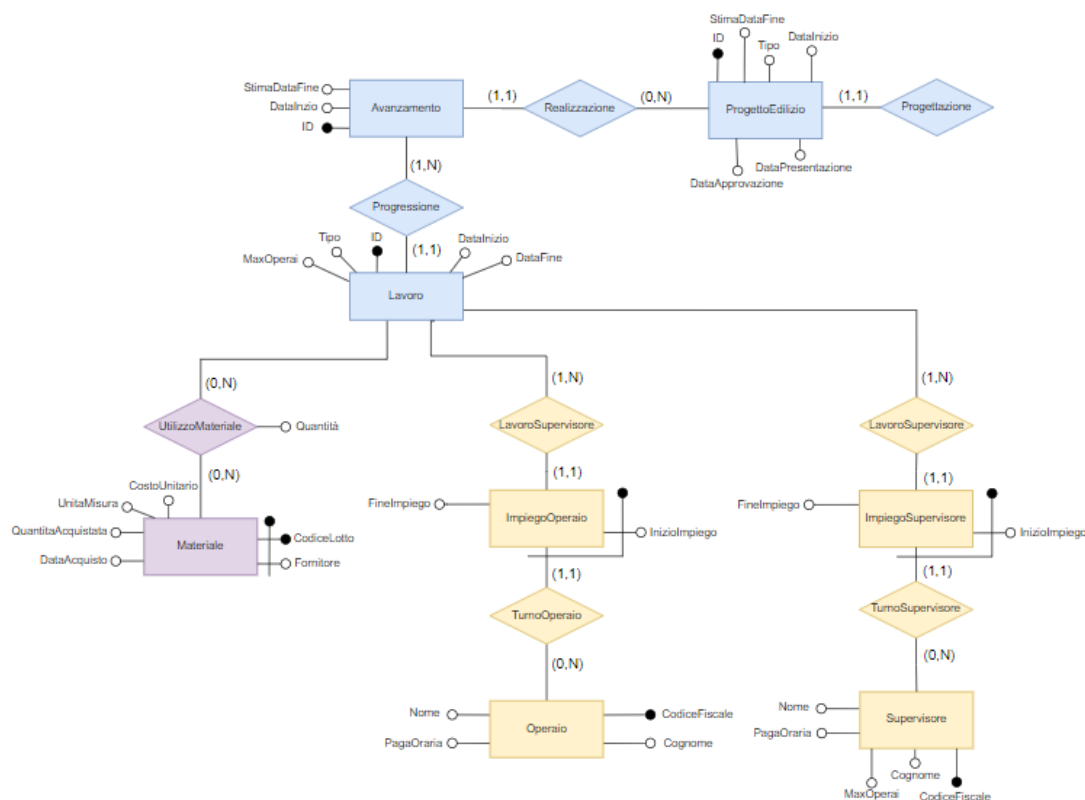


Tavola dei volumi

Concetto	Tipo	Volume
Avanzamento	E	263
Lavoro	E	35875
Progressione	R	35875
ProgettoEdilizio	E	35
Realizzazione	R	263
Materiale	E	665
UtilizzoMateriale	R	71750
ImpiegoOperaio	E	322875
ImpiegoSupervisore	E	107625

LavoroOperaio	R	322875
LavoroSupervisore	R	107625
Operaio	E	100
Supervisore	E	13
TurnoOperaio	R	322875
TurnoSupervisore	R	107625

Tavola degli accessi

ID	Concetto	Costrutto	Tipo accesso	Accessi	Nota
1	Realizzazione	Relazione	Lettura	8	Si recuperano tutti gli stadi di avanzamento (ID dell'avanzamento) che sono correlati al progetto edilizio (ricerca per ID del progetto), sapendo che in media un progetto edilizio è costituito da circa 8 stadi di avanzamento.
2	Progressione	Relazione	Lettura	1025	Si recuperano tutti i lavori (ID lavoro) che sono in relazione con gli stadi di avanzamento recuperati precedentemente (ricerca per ID avanzamento).
3	LavoroOperaio	Relazione	Lettura	9225	Si recuperano tutti i turni (ID di ImpiegoOperaio) degli operai che partecipano ai lavori recuperati precedentemente (ricerca per ID lavoro).
4	ImpiegoOperaio	Relazione	Lettura	9225	Si leggono tutte le tuple correlate alla ricerca precedente per ottenere il numero di ore svolte dagli operai (differenza tra FineImpiego ed InizioImpiego, implicando che siano entrambi timestamp della stessa giornata).
5	Operaio	Entità	Lettura	20	Recupero il costo orario, (dall'attributo CostoOrario) di ogni operaio che ha partecipato ai lavori (ricerca per ID operaio). Si ipotizza che per ogni progetto edilizio vengano impiegate mediamente 20 risorse operative differenti.

6	LavoroSupervisore	Relazione	Lettura	3075	Si recuperano tutti i turni (ID di ImpiegoSupervisore) dei supervisori che partecipano ai lavori recuperati precedentemente (ricerca per ID lavoro).
7	Impiego Supervisore	Entità	Lettura	3075	Si leggono tutte le tuple correlate alla ricerca precedente per ottenere il numero di ore svolte dai supervisori (differenza tra FineImpiego ed InizioImpiego, implicando che siano entrambi timestamp della stessa giornata).
7	Supervisore	Entità	Lettura	3	Recupero il costo orario, (dall'attributo CostoOrario) di ogni supervisore che ha partecipato ai lavori (ricerca per ID operaio), sapendo che ogni supervisore può coordinare in media 7.5 operai, con 20 risorse bastano 3 supervisori.
8	UtilizzoMateriale	Relazione	Lettura	2050	Si recuperano tutte le tuple relative ai materiali utilizzati per ogni lavoro, per poter ottenere le quantità utilizzate (ricerca per ID lavoro), sapendo che per ogni lavoro vengono utilizzati in media 2 materiali differenti.
9	Materiale	Entità	Lettura	19	Si ottiene il costo unitario di tutti i materiali utilizzati, dall'attributo CostoUnitario (ricerca per codice lotto e fornitore).

Accessi totali: $27725 * 35 = 970375$ accessi al giorno

4.2.2 Operazione 2 - Lista progetti in stato di esecuzione

Descrizione: Questa operazione mostra l'elenco dei progetti edilizi che sono ancora in fase di svolgimento, cioè per cui sussistono attività ancora non svolte la cui data di inizio è successiva a quella del momento dell'interrogazione, insieme allo stadio di avanzamento in cui ci si trova. Operazione utile per visualizzare ad esempio a che punto ci si trova nello svolgimento di un progetto ad inizio e fine giornata.

Input: Nessuno.

Output: Un result set (IDProgetto, TipoProgetto, DataInizio, DataFineStimata, IDStadio, IDEdificio, TipoEdificio)

Frequenza stimata: 2 volte al giorno

Porzione del diagramma E-R

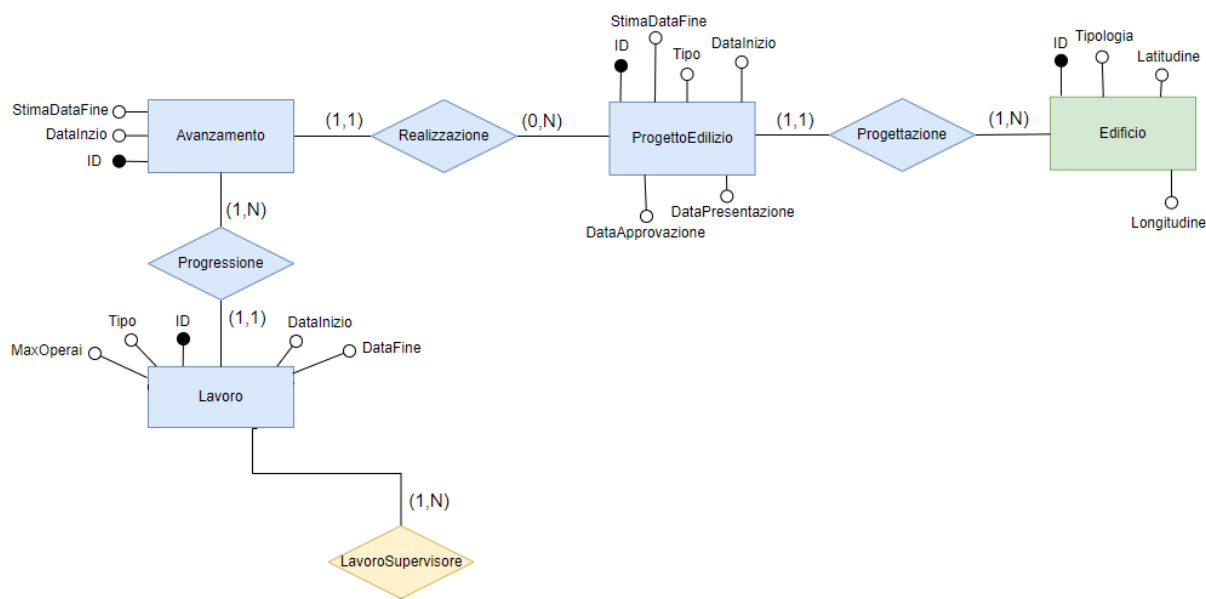


Tavola dei volumi

Concetto	Tipo	Volume
Avanzamento	E	263
Lavoro	E	35875
Progressione	R	35875
ProgettoEdilizio	E	35
Progettazione	R	35
Realizzazione	R	263
Edificio	E	20
ImpiegoSupervisore	E	107625

Tavola degli accessi

Per ottenere quali lavori non sono ancora stati svolti basta cercare solamente nella relazione LavoroSupervisore, poiché gli operai non possono lavorare senza un supervisore che li coordina, infatti ogni supervisore partecipa ad ogni lavoro degli operai che gestisce.

ID	Concetto	Costrutto	Tipo accesso	Accessi	Nota
1	LavoroSupervisore	Relazione	Lettura	107625	È necessario leggere tutte le occorrenze (ID lavoro, ID supervisore, Inizio impiego) della relazione per trovare gli ID lavoro associati alle attività il cui timestamp sia successivo all'istante di esecuzione della funzione (lavori programmati ma non ancora svolti).
2	Progressione	Relazione	Lettura	4485	Per ogni ID lavoro trovato precedentemente, ricerco l'ID dello stadio di avanzamento corrispondente, ipotizzando di aver registrato nel database la programmazione delle attività annuali (ancora da svolgere) dei progetti.
3	Realizzazione	Relazione	Lettura	33	Per ogni ID dello stadio di avanzamento trovo l'ID del progetto corrispondente, sapendo che in media si hanno 5 progetti circa all'anno e ogni progetto è costituito in media da 7.5 stadi di avanzamento.
4	ProgettoEdilizio	Entità	Lettura	5	Si leggono tutte le informazioni di interesse per ogni ID progetto trovato precedentemente.
5	Progettazione	Relazione	Lettura	5	Si recuperano gli ID degli edifici corrispondenti agli ID dei progetti.
6	Edificio	Entità	Lettura	5	Si leggono tutte le informazioni di interesse per ogni ID edificio trovato precedentemente.

Accessi totali: $112158 * 2 = 224316$ accessi al giorno

4.2.3 Operazione 3 - Inserimento turni operai

Descrizione: Permette l'inserimento di un nuovo turno per un operaio nell'entità ImpiegoOperaio, ma solo se:

- non è stato raggiunto il numero massimo di operai contestuali per quel lavoro;
- è presente un supervisore assegnato durante il turno di lavoro;
- non è stato raggiunto il numero massimo di operai coordinabili dal supervisore;
- l'operaio non è stato assegnato ad un altro lavoro in quell'intervallo di tempo.

Input: ID lavoro, codice fiscale operaio, inizio impiego e fine impiego.

Output: Nessuno. Se i controlli vanno a buon fine viene inserito il nuovo turno nel DB, altrimenti stampa un errore.

Frequenza stimata: 162 al giorno (322875 turni / 8 anni / 250 giorni lavorativi, circa 1.6 turni al giorno per operaio)

Porzione del diagramma E-R

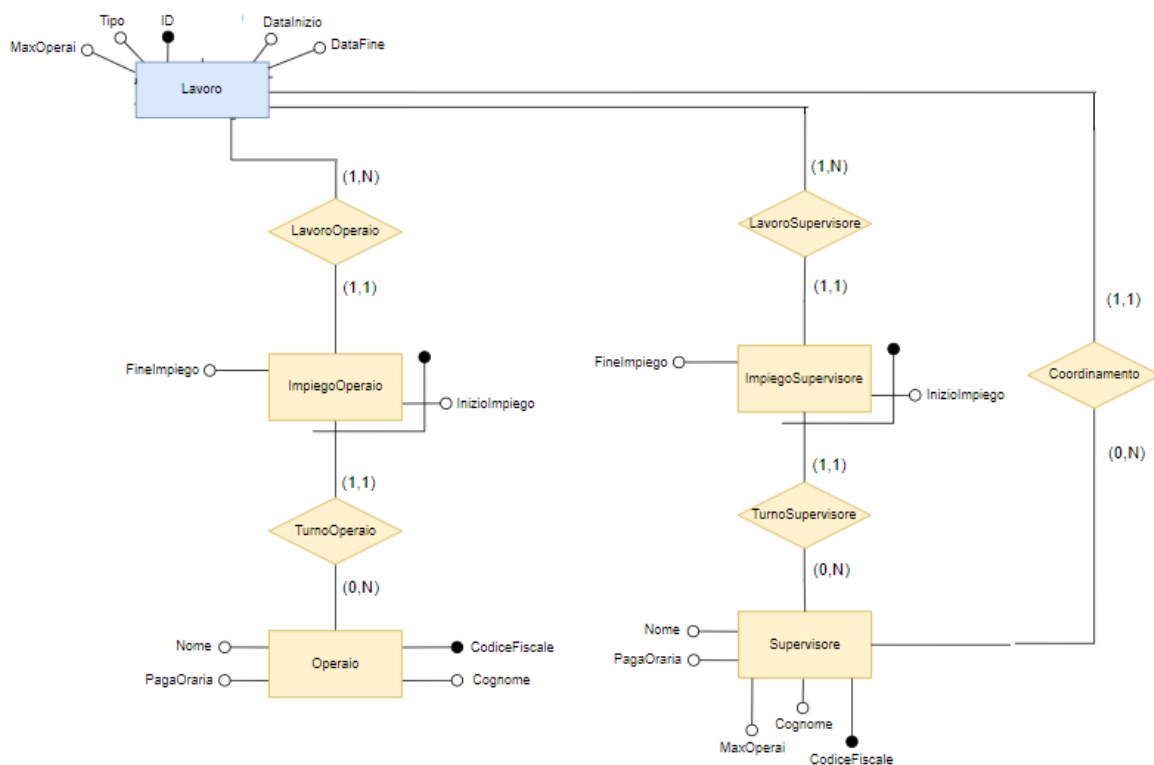


Tavola dei volumi

Concetto	Tipo	Volume
Lavoro	E	35875
Coordinamento	R	35875
ImpiegoOperaio	E	322875
ImpiegoSupervisore	E	107625
LavoroOperaio	R	322875
LavoroSupervisore	R	107625
Operaio	E	100
Supervisore	E	13
TurnoOperaio	R	322875
TurnoSupervisore	R	107625

Tavola degli accessi

ID	Concetto	Costrutto	Tipo accesso	Accessi	Nota
1	TurnoOperaio	Relazione	Lettura	3229	Si cercano tutte le occorrenze associate alla risorsa specificata (ricerca per ID operaio).
2	ImpiegoOperaio	Entità	Lettura	3229	Si leggono tutte le tuple che corrispondono alle occorrenze precedenti, per poter ottenere l'attributo FineImpiego e verificare che il nuovo turno che si vuole inserire non sia sovrapposto a quelli già presenti.
3	LavoroSupervisore	Relazione	Lettura	3	Si cercano i turni del supervisore correlati al lavoro specifico (ricerca per ID lavoro).
4	ImpiegoSupervisore	Entità	Lettura	3	Si leggono le tuple dell'entità associate alle occorrenze precedenti, per controllare che tra il nuovo turno da inserire e uno dei turni del supervisore vi sia sovrapposizione (si controlla che il supervisore partecipi a quel lavoro).
5	Coordinamento	Relazione	Lettura	1	Si recupera l'ID del supervisore che coordina il lavoro specifico (ricerca per ID lavoro).
6	Supervisore	Entità	Lettura	1	Si legge l'attributo MaxOperai (ricerca per ID risorsa).
7	LavoroOperaio	Relazione	Lettura	9	Si ottengono tutte le occorrenze relative al lavoro specifico (ricerca per ID lavoro). In questo modo si potrà contare il numero di operai distinti che stanno lavorando, anche non contestualmente, allo stesso lavoro, confrontando poi il risultato con l'attributo MaxOperai del supervisore.

8	Lavoro	Entità	Lettura	1	Si recupera il numero massimo di operai che possono lavorare contemporaneamente al lavoro specifico, si effettua quindi una lettura tramite ID lavoro.
9	LavoroOperaio	Relazione	Lettura	9	Si ottengono tutte le occorrenze relative al lavoro specifico (ricerca per ID lavoro).
10	ImpiegoOperaio	Entità	Lettura	9	Si leggono le tuple dell'entità associate alle occorrenze precedenti, quindi gli attributi InizioImpiego e FineImpiego. In questo modo si può calcolare il numero di operai distinti che lavorano contestualmente al lavoro specifico, e il risultato lo si confronta con l'attributo MaxOperai dell'entità Lavoro.
11	LavoroOperaio	Relazione	Scrittura	1	Si inserisce il turno nella relazione.
12	ImpiegoOperaio	Entità	Scrittura	1	Si inserisce il turno e i dati di inizio e fine turno nell'entità.
13	TurnoOperaio	Entità	Scrittura	1	Si inserisce il turno nella relazione.

Accessi totali: $6500 * 162 = 1053000$ accessi al giorno

4.2.4 Operazione 4 - Calcolo stipendi

Descrizione: Operazione che permette di calcolare gli stipendi di tutti gli operai registrati nel DB in base alle ore di lavoro svolte.

Input: Anno e mese di cui calcolare gli stipendi.

Output: Result set (ID operaio, Stipendio)

Frequenza stimata: 12 volte all'anno

Porzione del diagramma E-R

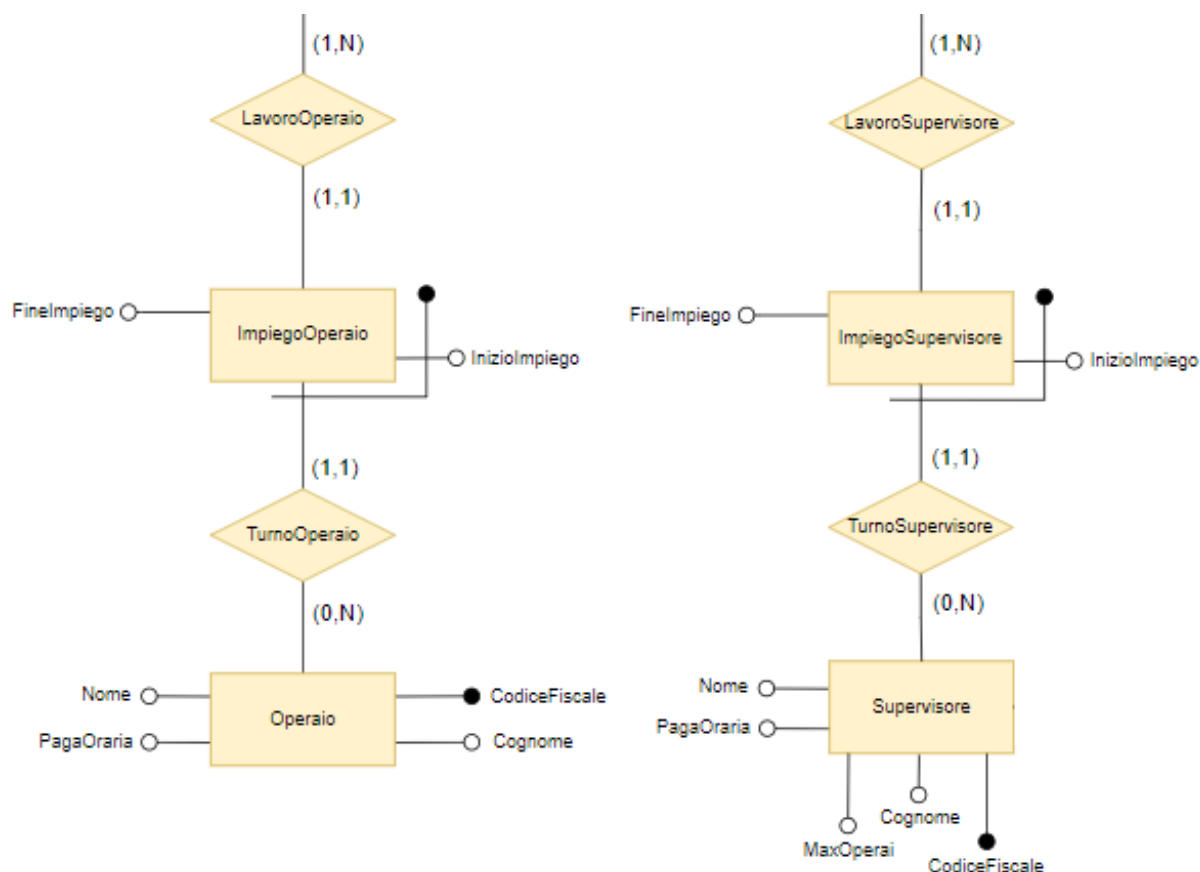


Tavola dei volumi

Concetto	Tipo	Volume
ImpiegoOperaio	E	322875
ImpiegoSupervisore	E	107625
LavoroOperaio	R	322875
LavoroSupervisore	R	107625
Operaio	E	100
Supervisore	E	13
TurnoOperaio	R	322875
TurnoSupervisore	R	107625

Tavola degli accessi

ID	Concetto	Costrutto	Tipo accesso	Accessi	Nota
1	ImpiegoOperaio	Entità	Lettura	3363	Si recuperano tutti i turni svolti da tutti gli operai nel mese e nell'anno specificato (ricerca per mese e anno di InizioImpiego), in modo da ottenere il numero di ore svolte in ogni turno.
2	Operaio	Entità	Lettura	100	Si leggono le paghe orario di ogni risorsa operativa, dall'attributo PagaOraria.
3	ImpiegoSupervisore	Entità	Lettura	1121	Si recuperano tutti i turni svolti da tutti i supervisori nel mese e nell'anno specificato (ricerca per mese e anno di InizioImpiego), in modo da ottenere il numero di ore svolte in ogni turno.
4	Supervisore	Entità	Lettura	13	Si leggono le paghe orario di ogni supervisore, dall'attributo PagaOraria.

Accessi totali: $4597 * 12 = 55164$ accessi all'anno

4.2.5 Operazione 5 - Lista turni settimanale

Descrizione: Permette di visualizzare la lista dei turni assegnati ad una determinata risorsa lavorativa con i rispettivi lavori associati, dall'istante dell'esecuzione fino ad una settimana lavorativa successiva.

Input: Codice fiscale della risorsa.

Output: Result set (Inizio impiego, Fine impiego, ID lavoro, Tipo lavoro, ID supervisore)

Frequenza stimata: 100 volte al giorno (ogni operaio registrato nel DB)

Porzione del diagramma E-R

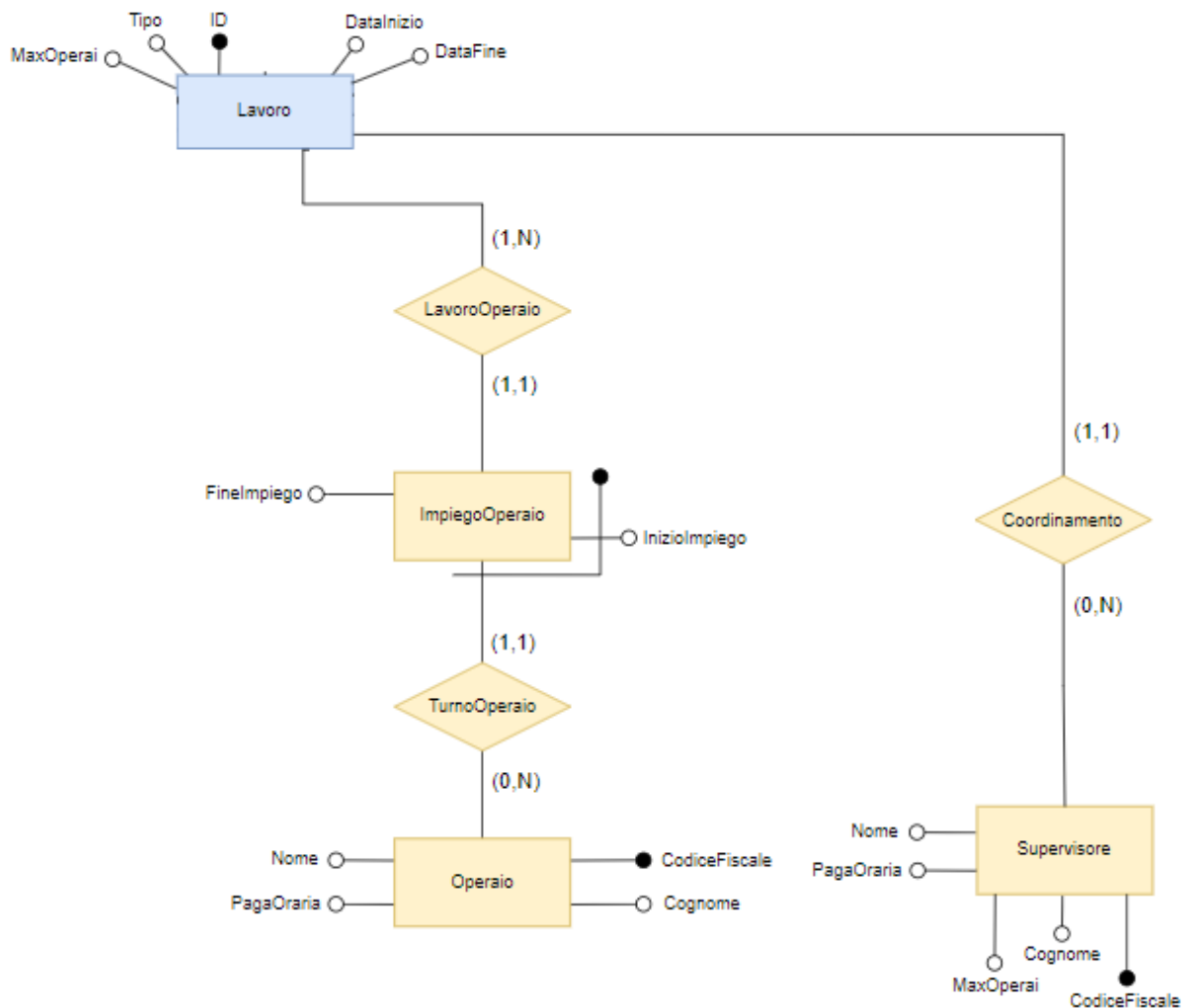


Tavola dei volumi

Concetto	Tipo	Volume
Lavoro	E	35875
LavoroOperaio	R	322875
ImpiegoOperaio	E	322875
Operaio	E	100
TurnoOperaio	R	322875
Coordinamento	R	35875
Supervisore	E	13

Tavola degli accessi

ID	Concetto	Costrutto	Tipo accesso	Accessi	Nota
1	TurnoOperaio	Relazione	Lettura	3229	Si recuperano tutte le occorrenze della relazione, cioè tutti i turni associati all'operaio specifico, e da qui si filtrano i turni che hanno l'inizio impiego compreso tra l'istante di esecuzione e i 5 giorni lavorativi successivi. (ricerca ID operaio).
2	Lavoro	Entità	Lettura	3	Si recuperano i lavori che sono correlati ai turni recuperati precedentemente e si leggono le informazioni d'interesse (ricerca per ID lavoro).
3	Coordinamento	Relazione	Lettura	1	Si ottiene l'ID del supervisore associato ai lavori trovati (ricerca per ID lavoro).

Accessi totali: $3233 * 100 = 323300$ accessi all'anno

4.2.6 Operazione 6 - Inserimento misura

Descrizione: Operazione che gestisce l'inserimento di una nuova misura effettuata da un sensore all'interno dell'entità Misura. La misura viene inserita solo se il sensore specificato esiste nel DB. Se la misura supera un determinato valore di soglia viene generato un alert, che verrà di conseguenza inserito nell'entità dedicata.

Input: ID sensore, timestamp, valore X, valore Y, valore Z.

Output: Nessuno. Se i controlli vanno a buon fine viene inserita la misura (e l'eventuale alert) nel DB, altrimenti stampa un errore.

Frequenza stimata: 14400420 volte all'ora (spiegazione paragrafo 4.1.2)

Porzione del diagramma E-R

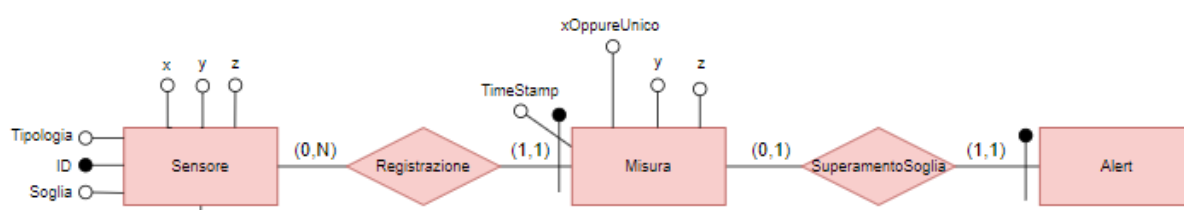


Tavola dei volumi

Concetto	Tipo	Volume
Alert	E	509434
Sensore	E	440
Registrazione	R	43833600
Misura	E	43833600
SuperamentoSoglia	R	509434

Tavola degli accessi

La tavola degli accessi fa riferimento al caso del superamento della soglia di sicurezza (inserimento di misura ed alert).

ID	Concetto	Costrutto	Tipo accesso	Accessi	Nota
1	Misura	Entità	Scrittura	1	Si inserisce una nuova tupla nell'entità Misura relativa alla nuova misura registrata.
2	Registrazione	Relazione	Scrittura	1	Si inserisce una nuova tupla nella relazione, creando una nuova coppia Sensore-Misura.
3	Sensore	Entità	Lettura	1	Si esegue una lettura del valore di soglia relativa al sensore che ha effettuato la nuova misura.

4	Alert	Entità	Scrittura	1	Si inseriscono i dati della misura che ha superato la soglia di sicurezza nell'entità Alert.
5	Superamento-Soglia	Relazione	Scrittura	1	Si inserisce una nuova tupla nella relazione, creando una nuova coppia SuperamentoSoglia-Alert.

Accessi totali: $8 * 14400420 * 24 \text{ ore} = 2'764'880'640$ accessi al giorno

Siccome la generazione di un alert è un evento abbastanza raro, ovvero solitamente una misura non super il valore di soglia prestabilito (spiegazione paragrafo 4.1.2), per il calcolo dell'impatto generale dell'operazione si può fare riferimento solo ai primi tre accessi (ID 1, 2, 3) , trascurando gli ultimi due (ID 4, 5).

Accessi totali: $4 * 14400420 * 24 \text{ ore} = 1'382'440'320$ accessi al giorno

4.2.7 Operazione 7 - Lista misure di un edificio

Descrizione: Operazione che permette di ottenere una lista delle misure effettuate da ogni sensore di un edificio nell'ultima settimana, quindi che vanno da 7 giorni precedenti all'istante di esecuzione dell'operazione fino a quest'ultimo.

Input: ID edificio.

Output: Result set (ID sensore, Tipo sensore, Timestamp misura, valore X misura, valore Y misura, valore Z misura)

Frequenza stimata: 20 volte alla settimana (una volta per ogni edificio)

Porzione del diagramma E-R

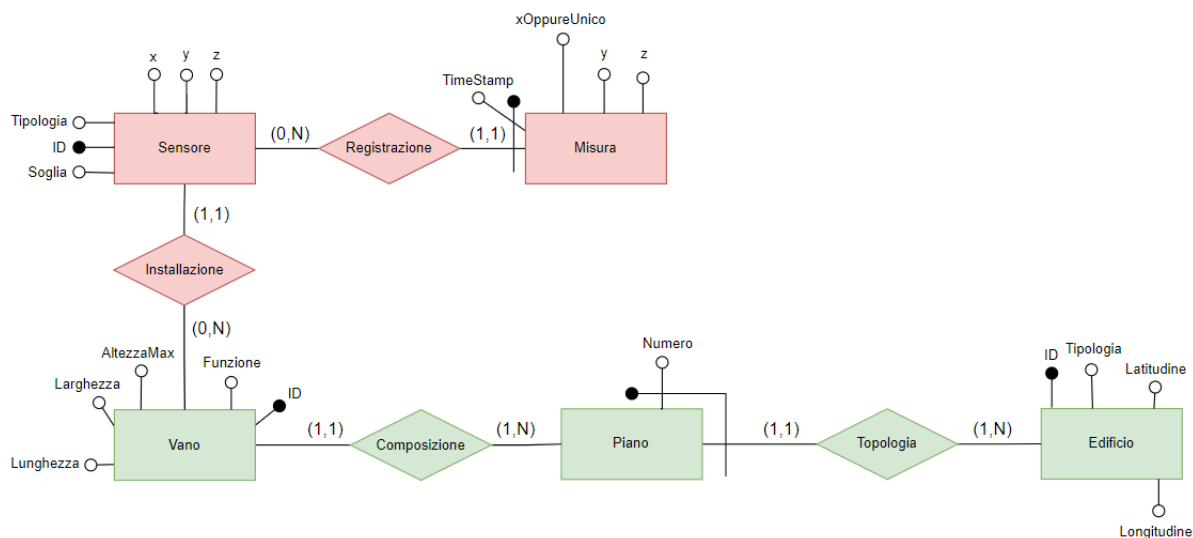


Tavola dei volumi

Concetto	Tipo	Volume
Composizione	R	1600
Edificio	E	20
Piano	E	80
Topologia	R	80
Vano	E	1600
Installazione	R	440
Sensore	E	440
Registrazione	R	32796000
Misura	E	32796000

Tavola degli accessi

ID	Concetto	Costrutto	Tipo accesso	Accessi	Nota
1	Topologia	Relazione	Lettura	4 (80/40)	Si recuperano i piani di un edificio (ricerca per ID edificio).
2	Composizione	Relazione	Lettura	80 (20*4)	Si recuperano i vani associati ai piani recuperati precedentemente (ricerca per ID piano).
3	Installazione	Relazione	Lettura	22 (440/20)	Si ottengono tutti i sensori dell'edificio che sono associati ai vani recuperati precedentemente (ricerca per ID vano).
4	Sensore	Entità	Lettura	22	Si leggono le informazioni di interesse nell'entità Sensore (ID sensore, Tipo).
5	Registrazione	Relazione	Lettura	1639800	Si cercano tutte le misure in relazione con ogni ID sensore recuperato precedentemente (ricerca per ID sensore). In questo modo si possono recuperare tutte le misure associate ai sensori il cui timestamp di registrazione si trova tra l'istante di esecuzione dell'operazione e i 7 giorni precedenti ad esso.
6	Misura	Entità	Lettura	3942	Si leggono le informazioni necessarie delle occorrenze dell'entità Misura (valore della misura registrata) che sono associate alle tuple recuperate precedentemente.

Accessi totali: $1643870 * 20 = 1718768$ accessi alla settimana

4.2.8 Operazione 8 - Dati di un edificio

Descrizione: Operazione che restituisce tutti i dati generali di un edificio il cui ID è dato come input.

Input: ID edificio.

Output: Result set (Tipo edificio, Numero piano, ID vano, Funzione vano, Altezza massima vano, Superficie Vano)

Frequenza stimata: 4 volte all'anno (ogni volta che si vuole studiare l'edificio per un nuovo progetto)

Porzione del diagramma E-R

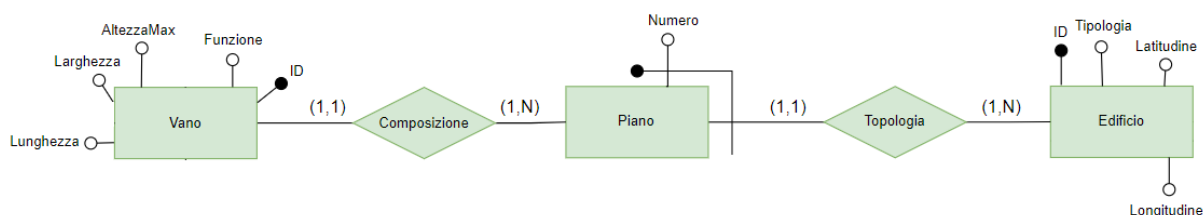


Tavola dei volumi

Concetto	Tipo	Volume
Composizione	R	1600
Edificio	E	20
Piano	E	80
Topologia	R	80
Vano	E	1600

Tavola degli accessi

ID	Concetto	Costrutto	Tipo accesso	Accessi	Nota
1	Edificio	Entità	Lettura	1	Si leggono le informazioni della tupla associata all'ID edificio inserito come input.
2	Topologia	Relazione	Lettura	4	Si ottengono i piani associati all'edificio specifico (ricerca per ID edificio).
3	Composizione	Relazione	Lettura	80	Si ottengono i vani associati ad ogni piano ottenuto precedentemente (ricerca per ID edificio e Numero piano).
4	Vano	Entità	Lettura	80	Si legge una tupla per ogni vano ricavato precedentemente per ottenere le informazioni di interesse (ricerca per ID vano).

Accessi totali: $165 * 4 = 660$ accessi all'anno

4.3 Introduzione ridondanze

Analizzando alcune operazioni significative sopra esplicate si è considerato l'inserimento di ridondanze con l'obiettivo di ridurre gli accessi attualmente calcolati.

4.3.1 DataFineEffettiva

Si valuta l'inserimento dell'attributo **DataFineEffettiva** nell'entità **Avanzamento**, in modo da andare a facilitare l'esecuzione dell'**operazione 2**, *Lista progetti in stato di esecuzione* (sezione 4.2.2), cioè a ridurre gli accessi.

Costo dell'operazione con ridondanza

Tavola degli accessi

ID	Concetto	Costrutto	Tipo accesso	Accessi	Nota
1	Avanzamento	Entità	Lettura	263	È necessario leggere tutte le occorrenze dell'entità per trovare gli ID Avanzamento per i quali la DataFineEffettiva sia successiva (o uguale) all'istante di esecuzione della funzione (ricerca per DataFineEffettiva, attributo non chiave).
2	Realizzazione	Relazione	Lettura	33	Per ogni ID dello stadio di avanzamento trovo l>ID del progetto corrispondente, sapendo che in media si hanno 5 progetti circa all'anno e ogni progetto è costituito in media da 7.5 stadi di avanzamento. Si ipotizza che nel DB venga registrata la programmazione annuale delle attività da svolgere per ogni progetto.
3	ProgettoEdilizio	Entità	Lettura	5	Si leggono tutte le informazioni di interesse per ogni ID progetto trovato precedentemente.
4	Progettazione	Relazione	Lettura	5	Si recuperano gli ID degli edifici corrispondenti agli ID dei progetti.
5	Edificio	Entità	Lettura	5	Si leggono tutte le informazioni di interesse per ogni ID edificio trovato precedentemente.

Accessi totali: $311 * 2 = 622$ accessi al giorno

Costo dell'aggiornamento della ridondanza

L'attributo verrà aggiornato 4 volte al giorno, solamente se vengono inseriti nuovi turni o nuovi lavori nel DB, altrimenti non ci sarebbe bisogno di alcuno aggiornamento. Inoltre si sfrutta la stessa ridondanza, poiché vengono aggiornati solamente gli stadi ancora non terminati.

Tavola degli accessi dell'aggiornamento

ID	Concetto	Costrutto	Tipo accesso	Accessi	Nota
1	Avanzamento	Entità	Lettura	263	È necessario leggere tutte le occorrenze dell'entità per trovare gli ID Avanzamento per i quali la DataFineEffettiva sia successiva (o uguale) all'istante di esecuzione della funzione (ricerca per DataFineEffettiva, attributo non chiave).
2	Progressione	Relazione	Lettura	4485	Per ogni ID dello stadio di avanzamento ottenuto precedentemente si recuperano gli ID di lavori associati (ricerca per ID avanzamento). Si ipotizza che nel DB venga registrata la programmazione annuale delle attività da svolgere per ogni progetto.
3	LavoroSupervisore	Entità	Lettura	13453	Si recuperano tutti i turni dei supervisori che partecipano alle lavorazioni ottenute precedentemente (ricerca per ID lavoro)
4	ImpiegoSupervisore	Entità	Lettura	13453	Si recuperano tutte le tuple relative ai turni a cui l'ID supervisore è assegnato per poter leggere l'attributo FineImpiego, necessario al calcolo dell'attributo DataFineEffettiva.
5	Avanzamento	Entità	Scrittura	33	Aggiorno l'attributo DataFineEffettiva per ogni stato di avanzamento ancora non terminato.

Accessi totali: $31720 * 4 = 126880$ accessi al giorno

Costo totale: $622 + 126880 = 127502$ accessi al giorno

Analisi dei costi

- $f^T = 2$
- $o^T = 112158$
- $n^T = f^T * o^T = 224316$
- $o^T_{RID} = 311$
- $n^T_{RID} = f^T * o^T_{RID} = 622$
- $n^T - n^T_{RID} = 244005$
- $g^A = 4$
- $o^A = 31720$
- $n^A = g^A * o^A = 126880$
- $n^T_{RID} + n^A = 622 + 126880 = 127502$

Dal seguente calcolo si può notare come il numero di operazioni elementari effettuate in presenza di ridondanza ($n^T_{RID} + n^A$) è inferiore al numero di operazioni elementari dell'operazione target T in assenza di ridondanza (n^T), perciò si decide di introdurre e mantenere la ridondanza nel DB.

4.3.2 CostoLavori

Si valuta l'inserimento dell'attributo **CostoLavori** nell'entità **ProgettoEdilizio**, in modo da andare a facilitare l'esecuzione dell'**operazione 1**, *Costo lavori di un progetto edilizio* (sezione 4.2.1), cioè a ridurre gli accessi. Per l'aggiornamento di questo attributo verrà sfruttato l'attributo *DataFineEffettiva*, ridondanza introdotta precedentemente, in modo da evitare di aggiornare i costi di progetti edilizi ormai terminati.

Costo dell'operazione con ridondanza

Tavola degli accessi

ID	Concetto	Costrutto	Tipo accesso	Accessi	Nota
1	ProgettoEdilizio	Entità	Lettura	1	Si legge direttamente l'attributo CostoLavori dalla tupla corrispondente all'ID progetto in input (ricerca per ID progetto).

Accessi totali: $1 * 35 = 35$ accessi al giorno

Costo dell'aggiornamento della ridondanza

L'attributo verrà aggiornato 1 volta al giorno e verrà effettuato solamente per i progetti edilizi ancora in fase di esecuzione, sfruttando la presenza della ridondanza *DataFineEffettiva*.

Tavola degli accessi dell'aggiornamento

ID	Concetto	Costrutto	Tipo accesso	Accessi	Nota
1	ProgettoEdilizio	Entità	Lettura	35	Si recuperano tutte le tuple dell'entità per recuperare tutti gli ID progetto la cui DataFineEffettiva sia maggiore (o anche uguale) all'istante di esecuzione dell'aggiornamento (ricerca per l'attributo non chiave DataFineEffettiva).
2	Realizzazione	Relazione	Lettura	33	Si recuperano tutti gli stadi di avanzamento (ID dell'avanzamento) che sono correlati agli ID progetto recuperati precedentemente (ricerca per ID del progetto). Si ipotizza che nel DB venga registrata la programmazione annuale delle attività da svolgere per ogni progetto.
2	Progressione	Relazione	Lettura	4485	Si recuperano tutti i lavori (ID lavoro) che sono in relazione con gli stadi di avanzamento recuperati precedentemente (ricerca per ID avanzamento). Si ipotizza che nel DB venga registrata la programmazione annuale delle attività da svolgere per ogni progetto.
3	LavoroOperaio	Relazione	Lettura	40359	Si recuperano tutti i turni (ID di ImpiegoOperaio) degli operai che partecipano ai lavori recuperati precedentemente (ricerca per ID lavoro).
4	ImpiegoOperaio	Relazione	Lettura	40359	Si leggono tutte le tuple correlate alla ricerca precedente per ottenere il numero di ore svolte dagli operai (differenza tra FineImpiego ed InizioImpiego, implicando che siano entrambi timestamp della stessa giornata).

5	Operaio	Entità	Lettura	100	Recupero il costo orario, (dall'attributo CostoOrario) di ogni operaio che ha partecipato ai lavori (ricerca per ID operaio). Si ipotizza che in un anno tutti gli operai possano partecipare alle attività.
6	LavoroSupervisore	Relazione	Lettura	13453	Si recuperano tutti i turni (ID di ImpiegoSupervisore) dei supervisori che partecipano ai lavori recuperati precedentemente (ricerca per ID lavoro).
7	Impiego Supervisore	Entità	Lettura	13453	Si leggono tutte le tuple correlate alla ricerca precedente per ottenere il numero di ore svolte dai supervisori (differenza tra FineImpiego ed InizioImpiego, implicando che siano entrambi timestamp della stessa giornata).
7	Supervisore	Entità	Lettura	13	Recupero il costo orario, (dall'attributo CostoOrario) di ogni supervisore che ha partecipato ai lavori (ricerca per ID operaio). Si ipotizza che in un anno tutti i supervisori possano partecipare alle attività.
8	UtilizzoMateriale	Relazione	Lettura	8969	Si recuperano tutte le tuple relative ai materiali utilizzati per ogni lavoro, per poter ottenere le quantità utilizzate (ricerca per ID lavoro).
9	Materiale	Entità	Lettura	95	Si ottiene il costo unitario di tutti i materiali utilizzati, dall'attributo CostoUnitario (ricerca per codice lotto e fornitore), considerando che per un progetto edilizio vengono utilizzati 19 materiali in media.
9	ProgettoEdilizio	Entità	Scrittura	5	Si aggiorna l'attributo CostoLavori per ogni progetto edilizio ancora in corso.

Accessi totali: $107911 * 1 = 108911$ accessi al giorno

Costo totale: $35 + 107911 = 107946$ accessi al giorno

Analisi dei costi

- $f^T = 35$
- $o^T = 27725$
- $n^T = f^T * o^T = 970375$
- $o^T_{RID} = 1$
- $n^T_{RID} = f^T * o^T_{RID} = 35$
- $n^T - n^T_{RID} = 970340$
- $g^A = 1$
- $o^A = 107911$
- $n^A = g^A * o^A = 107911$
- $n^T_{RID} + n^A = 35 + 107911 = 107946$

Dal seguente calcolo si può notare come il numero di operazioni elementari effettuate in presenza di ridondanza ($n^T_{RID} + n^A$) è inferiore al numero di operazioni elementari dell'operazione target T in assenza di ridondanza (n^T), perciò si decide di introdurre e mantenere la ridondanze nel DB.

5 Progettazione logica

5.1 Descrizione dello schema logico

Si descrive la traduzione dello schema concettuale nello schema logico, rappresentando le tabelle ottenute per ogni area tematica.

Area Planimetria

Apertura(MuroID, NumeroApertura, x, y, PuntoCardinale, AltezzaTerra, Lunghezza, Altezza, Tipologia)

Edificio(ID, Tipologia, Latitudine, Longitudine, AreaGeografica_ID)

Muro(ID, Xo, Yo, Xf, Yf)

Perimetro(Muro_ID, Vano_ID)

Piano(Edificio_ID, Numero)

Vano(ID, Edificio_ID, Piano_Numero, Funzione, AltezzaMax, Larghezza, Lunghezza)

Area Sensoristica

Alert(Misura_Timestamp, Sensore_ID)

Misura(Timestamp, Sensore_ID, xOppureUnico, y, z)

Sensore(ID, Tipologia, Soglia, x, y, z, Vano_ID)

Area Gestione Lavori

Avanzamento(ID, DataInizio, StimaDataFine, DataFineEffettiva, ProgettoEdilizio_ID)

Lavoro(ID, Tipo, MaxOperai, DataInizio, DataFine, Avanzamento_ID, Supervisore_ID)

OperaGenerale(Lavoro_ID, Edificio_ID)

OperaImpalcato(Lavoro_ID, Vano_ID)

OperaMuraria(Lavoro_ID, Muro_ID)

ProgettoEdilizio(ID, StimaDataFine, Tipo, DataInizio, DataApprovazione, DataPresentazione, CostoLavori, Edificio_ID)

Area Materiali

AltriMateriali(Materiale_CodiceLotto, Materiale_Fornitore, Descrizione, Funzione, Altezza, Lunghezza, Larghezza)

Intonaco(Materiale_CodiceLotto, Materiale_Fornitore, Tipo, Colore)

Materiale(CodiceLotto, Fornitore, CostoUnitario, UnitaMisura, QuantitaAcquistata, DataAcquisto)

Mattone(Materiale_CodiceLotto, Materiale_Fornitore, Larghezza, Lunghezza, Altezza, Composizione, Alveolatura)

Parquet(Materiale_CodiceLotto, Materiale_Fornitore, TipoLegno)

Piastrella(Materiale_CodiceLotto, Materiale_Fornitore, Composizione, Lunghezza, Larghezza, Tipo, NumeroLati, Disegno, Fuga)

Pietra(Materiale_CodiceLotto, Materiale_Fornitore, Tipo, SuperficieMedia, PesoMedio, Disposizione)

UtilizzoMateriale(Materiale_CodiceLotto, Materiale_Fornitore, Lavoro_ID, Quantita)

Area Gestione Personale

ImpiegoOperaio(Operaio_CodiceFiscale, InizioImpiego, FineImpiego, Lavoro_ID)

ImpiegoSupervisore(Supervisore_CodiceFiscale, InizioImpiego, FineImpiego, Lavoro_ID)

Operaio(CodiceFiscale, Cognome, Nome, PagaOraria)

Supervisore(CodiceFiscale, Cognome, Nome, PagaOraria, MaxOperai)

Area Calamità

AreaGeografica(ID, Nome)

Calamità(Timestamp, Tipo, Intensita, Longitudine, Latitudine)

DannoArrecato(AreaGeografica_ID, Calamita_Timestamp, Calamita_Tipo)

Rischio(Timestamp, Tipologia, AreaGeografica_ID, CoefficienteDiRischio)

5.2 Vincoli di integrità

5.2.1 Vincoli di dominio

Area planimetria

Tabella	Vincoli
Apertura	MuroID, NumeroApertura, Tipologia: NOT NULL x, y, AltezzaTerra: ≥ 0 Lunghezza: > 0 Altezza: ≥ 0 PuntoCardinale: N, S, E, O, NE, SO, SE, SO
Edificio	ID, Tipologia, AreaGeografica_ID: NOT NULL Latitudine: ≥ -90 and ≤ 90 Longitudine: ≥ -180 and ≤ 180
Muro	ID, Xo, Yo, Xf, Yf: NOT NULL
Perimetro	Muro_ID, Vano_ID: NOT NULL
Piano	Edificio_ID, Numero: NOT NULL Numero: ≥ 0
Vano	ID, Edificio_ID, Piano_Numero, Funzione: NOT NULL AltezzaMax, Larghezza, Lunghezza: > 0

Area Sensoristica

Tabella	Vincoli
Alert	Misura_Timestamp, Sensore_ID: NOT NULL
Misura	Timestamp, Sensore_ID, xOppureUnico: NOT NULL y, z: NULL
Sensore	ID, Tipologia, Vano_ID, x, y, z: NOT NULL Soglia: ≥ 0

Area Gestione Lavori

Tabella	Vincoli
Avanzamento	ID, Progetto_Edilizio: NOT NULL DataInizio: NOT NULL StimaDataFine: NOT NULL and $> \text{DataInizio}$ DataFineEffettiva: NULL or $> \text{DataInizio}$
Lavoro	ID, Tipo, Avanzamento_ID, Supervisore_ID: NOT NULL MaxOperai: > 0 DataInizio: NOT NULL DataFine: NOT NULL and $> \text{DataInizio}$

OperaGenerale	Lavoro_ID, Edificio_ID: NOT NULL
OperaImpalcato	Lavoro_ID, Vano_ID: NOT NULL
OperaMuraria	Lavoro_ID, Muro_ID: NOT NULL
ProgettoEdilizio	ID, Tipo, Edificio_ID: NOT NULL DataPresentazione: NOT NULL and \leq current_date DataApprovazione: NOT NULL and $>$ DataPresentazione DataInizio: NOT NULL and $>$ DataApprovazione StimaDataFine: NOT NULL and $>$ DataInizio CostoLavori: NULL or $>$ 0

Area Materiali

Tabella	Vincoli
AltriMateriali	Materiale_CodiceLotto, Materiale_Fornitore, Descrizione, Funzione: NOT NULL Altezza, Lunghezza, Larghezza: $>$ 0
Intonaco	Materiale_CodiceLotto, Materiale_Fornitore, Tipo, Colore: NOT NULL
Materiale	CodiceLotto, Fornitore, UnitàMisura: NOT NULL CostoUnitario, QuantitàAcquistata: $>$ 0 DataAcquisto: NOT NULL and \leq current_date
Mattone	Materiale_CodiceLotto, Materiale_Fornitore, Composizione, Alveolatura: NOT NULL Altezza, Lunghezza, Larghezza: $>$ 0
Parquet	Materiale_CodiceLotto, Materiale_Fornitore, TipoLegno: NOT NULL
Piastrella	Materiale_CodiceLotto, Materiale_Fornitore, Composizione, Tipo, Disegno, Fuga: NOT NULL Larghezza, Lunghezza, NumeroLati: $>$ 0
Pietra	Materiale_CodiceLotto, Materiale_Fornitore, Tipo, Disposizione: NOT NULL SuperficieMedia, PesoMedio: $>$ 0
UtilizzoMateriale	Materiale_CodiceLotto, Materiale_Fornitore, Lavoro_ID: NOT NULL Quantità: $>$ 0

Area Gestione Personale

Tabella	Vincoli
ImpiegoOperaio	Operaio_CodiceFiscale, InizioImpiego, Lavoro_ID: NOT NULL FineImpiego: NOT NULL and $<$ InizioImpiego
ImpiegoSupervisore	Supervisore_CodiceFiscale, InizioImpiego, Lavoro_ID: NOT NULL FineImpiego: NOT NULL and $<$ InizioImpiego
Operaio	CodiceFiscale, Cognome, Nome: NOT NULL PagaOraria: $>$ 0
Supervisore	CodiceFiscale, Cognome, Nome: NOT NULL PagaOraria: $>$ 0

Area Calamità

Tabella	Vincoli
AreaGeografica	ID, Nome: NOT NULL
Calamità	Timestamp, Tipo: NOT NULL Intensità: > 0 Latitudine: >= -90 and <= 90 Longitudine: >= -180 and <= 180
DannoArrecato	AreaGeografica_ID, Calamita_Timestamp, Calamita_Tipo: NOT NULL
Rischio	Timestamp, Tipologia, AreaGeografica_ID: NOT NULL CoefficienteDiRischio: > 0

5.2.2 Vincoli di integrità referenziale

Area planimetria

Tabella	Attributi	Vincolo su
Apertura	MuroID	Muro(ID)
Edificio	AreaGeografica_ID	AreaGeografica(ID)
Perimetro	Muro_ID Vano_ID	Muro(ID) Vano(ID)
Piano	Edificio_ID	Edificio(ID)
Vano	Edificio_ID , Piano_Numero	Piano(Edificio_ID, Numero)

Area Sensoristica

Tabella	Attributi	Vincolo su
Alert	Misura_Timestamp, Sensore_ID	Misura(Timestamp, Sensore_ID)
Misura	Sensore_ID	Sensore(ID)
Sensore	Vano_ID	Vano(ID)

Area Gestione Lavori

Tabella	Attributi	Vincoli su
Avanzamento	ProgettoEdilizio_ID	ProgettoEdilizio(ID)
Lavoro	Avanzamento_ID Supervisore_ID	Avanzamento(ID) Supervisore(ID)
OperaGenerale	Lavoro_ID Edificio_ID	Lavoro(ID) Edificio(ID)
OperaImpalcato	Lavoro_ID Vano_ID	Lavoro(ID) Vano(ID)
OperaMuraria	Lavoro_ID Muro_ID	Lavoro(ID) Muro(ID)
ProgettoEdilizio	Edificio_ID	Edificio(ID)

Area Materiali

Tabella	Attributi	Vincoli su
AltriMateriali	Materiale_CodiceLotto, Materiale_Fornitore	Materiale(CodiceLotto, Fornitore)
Intonaco	Materiale_CodiceLotto, Materiale_Fornitore	Materiale(CodiceLotto, Fornitore)
Mattone	Materiale_CodiceLotto, Materiale_Fornitore	Materiale(CodiceLotto, Fornitore)
Parquet	Materiale_CodiceLotto, Materiale_Fornitore	Materiale(CodiceLotto, Fornitore)
Piastrella	Materiale_CodiceLotto, Materiale_Fornitore	Materiale(CodiceLotto, Fornitore)
Pietra	Materiale_CodiceLotto, Materiale_Fornitore	Materiale(CodiceLotto, Fornitore)
UtilizzoMateriale	Materiale_CodiceLotto, Materiale_Fornitore Lavoro_ID	Materiale(CodiceLotto, Fornitore) Lavoro(ID)

Area Gestione Personale

Tabella	Attributi	Vincoli su
ImpiegoOperaio	Operaio_CodiceFiscale, InizioImpiego Lavoro_ID	Operaio(CodiceFiscale, InizioImpiego) Lavoro(ID)
ImpiegoSupervisore	Supervisore_CodiceFiscale, InizioImpiego Lavoro_ID	Supervisore(CodiceFiscale, InizioImpiego) Lavoro(ID)

Area Calamità

Tabella	Attributi	Vincoli su
DannoArrecato	AreaGeografica_ID Calamita_Timestamp, Calamita_Tipo	AreaGeografica(ID) Calamita(Timestamp, Tipo)
Rischio	AreaGeografica_ID	AreaGeografica(ID)

5.2.3 Vincoli di integrità generici

- Ogni lavoro può essere coordinato da un solo supervisore.
- In ogni lavoro possono partecipare contestualmente un numero totale di operai limitato al valore dell'attributo Lavoro(MaxOperai).
- Ogni supervisore è in grado di coordinare un numero totale di operai contestuali in un lavoro limitato al valore dell'attributo Supervisore(MaxOperai).
- Un operaio non può eseguire più lavori contemporaneamente nello stesso turno.

- Non si può inserire lo stesso codice fiscale in entrambe le entità Operaio e Supervisore.
- Un'apertura non può superare gli estremi del muro a cui appartiene.
- Un'apertura non può superare gli estremi del muro a cui appartiene.
- Un muro non può intersecare altri muri, non può essere condiviso da più di due vani e non può avere una lunghezza minore di zero.
- Ogni lavoro relativo ad un progetto edilizio deve essere eseguito su uno stesso edificio.
- Un lavoro può essere eseguito su un unico elemento.
- Per ogni progetto edilizio può essere svolto solo uno stato di avanzamento per volta.

I primi quattro vincoli elencati hanno un impatto con alcune delle operazioni fondamentali individuate nel paragrafo 4.2, per cui vengono implementato nel DB a seguito di esse.

6 Analisi delle dipendenze funzionali e normalizzazione

Si può facilmente verificare che nella maggior parte delle relazioni memorizzate nel DB non esistano dipendenze funzionali (non banali) che non contengano la chiave delle stesse, per cui si trovano in forma BCNF.

Le tabelle che invece non contengono la chiave in tutte le dipendenze funzionali associate ad esse sono: Avanzamento, Muro, Edificio, Progetto, Sensore.

Avanzamento

Avanzamento(ID, DataInizio, StimaDataFine, DataFineEffettiva, ProgettoEdilizio_ID)

Si hanno le seguenti dipendenze:

- $ID \longrightarrow \text{intera tupla}$

È la chiave primaria

- $\text{ProgettoEdilizio_ID}, \text{DataInizio}, \text{StimaDataFine} \longrightarrow \text{intera tupla}$

Il membro sinistro della dipendenza rappresenta un'altra chiave per la relazione, poiché in un progetto può esserci solo uno stadio di avanzamento che inizia e termina nello stesso periodo.

Non sono presenti dipendenze funzionali (non banali) che non contengano una chiave della relazione, quindi Avanzamento è in BCNF.

Edificio

Edificio(ID, Tipologia, Latitudine, Longitudine, AreaGeografica_ID)

Si hanno le seguenti dipendenze:

- $ID \longrightarrow \text{intera tupla}$

È la chiave primaria

- $\text{Latitudine}, \text{Longitudine}, \text{AreaGeografica_ID} \longrightarrow \text{intera tupla}$

Il membro sinistro della dipendenza rappresenta un'altra chiave della relazione poiché alle stesse coordinate globali si può trovare un solo edificio.

Non sono presenti dipendenze funzionali (non banali) che non contengano una chiave della relazione, quindi Edificio è in BCNF.

Muro

Muro(ID, Xo, Yo, Xf, Yf)

Si hanno le seguenti dipendenze:

- $ID \longrightarrow \text{intera tupla}$

È la chiave primaria

- $Xo, Yo, Xf \longrightarrow Yf$

Non rappresenta una dipendenza funzionale della relazione, perché si possono rappresentare ID muro diversi ma con stesse coordinate in edifici differenti, e questo perché il sistema di coordinate dipende da ogni singolo edificio.

Non sono presenti dipendenze funzionali (non banali) che non contengono la chiave della relazione, quindi Muro è in BCNF.

ProgettoEdilizio

ProgettoEdilizio(ID, StimaDataFine, Tipo, DataInizio, DataApprovazione, DataPresentazione, CostoLavori, Edificio_ID)

Si hanno le seguenti dipendenze:

- $ID \longrightarrow \text{intera tupla}$

È la chiave primaria

- $Tipo, DataPresentazione, Edificio_ID \longrightarrow \text{intera tupla}$

Il membro sinistro della dipendenza rappresenta un'altra chiave della relazione, poiché per un edificio può essere presentata una tipologia di progetto una sola volta nello stesso giorno.

Non sono presenti dipendenze funzionali (non banali) che non contengono una chiave della relazione, quindi ProgettoEdilizio è in BCNF.

Sensore

Sensore(ID, Tipologia, Soglia, x, y, z, Vano_ID)

Si hanno le seguenti dipendenze:

- $ID \longrightarrow \text{intera tupla}$

È la chiave primaria

- $x, y, z, Tipologia, Vano_ID \longrightarrow \text{intera tupla}$

Il membro sinistro della dipendenza rappresenta un'altra chiave della relazione, poiché all'interno di un vano, alla stessa posizione può esserci un solo sensore di una data tipologia (possono esistere sensori compatti che misurano diverse grandezze fisiche, ma che vengono memorizzati come sensori differenti che si trovano nella stessa posizione).

Non sono presenti dipendenze funzionali (non banali) che non contengono una chiave della relazione, quindi Sensore è in BCNF.

7 Analisi del rischio e monitoraggio danni

7.1 Stato dell'edificio

Lo stato di salute di un edificio dipende principalmente dai valori misurati dai sensori appartenenti a quest'ultimo durante l'ultima registrazione e anche dall'evoluzione delle misurazioni nel tempo, basandosi sui punti critici di un edificio e i corrispondenti valori di soglia di sicurezza.

Si è scelto di rappresentare lo stato di un edificio tramite una media ponderata di tre differenti **parametri**, ognuno di essi corrispondente allo stato di salute di componenti diverse dell'edificio:

- **Stato della struttura (S_s)**: è il parametro che determina la salute dell'edificio in base ai valori misurati dai sensori come giroscopi ed accelerometri; il valore di questo parametro è stabilito effettuando una media delle ultime 200 misurazioni che hanno generato un alert tra tutti i sensori dell'edificio dello stesso tipo, cioè quelle che hanno superato la soglia di sicurezza prestabilita, in modo da andare a considerare solamente le sollecitazioni che possono causare un deterioramento dell'edificio, e trascurare qualsiasi sollecitazione di minima entità

$$S_s = m_g \cdot c_g + m_a \cdot c_a$$

m_g : media letture sopra soglia del giroscopio

c_g : costante di uniformità del giroscopio

m_a : media letture sopra soglia dell'accelerometro

c_a : costante di uniformità dell'accelerometro

- **Stato dei muri (S_m)**: è il parametro che determina lo stato di salute dei muri dell'edificio in base ai valori misurati dai sensori come gli estensimetri; si prendono in considerazione tutte le letture effettuate nell'ultima settimana e si effettua una media di questi valori per ogni sensore, per poi considerare solamente i valori che superano la soglia prestabilita e con essi effettuare un'ulteriore media che determina in fine il valore di questo parametro

$$S_m = m_e \cdot c_e$$

m_e : media letture sopra soglia dell'estensimetro

c_e : costante di uniformità dell'estensimetro

- **Stato ambientale (S_a)**: è il parametro che tiene conto delle misurazioni effettuate da termometri e igrometri, che ha un impatto minore in fatto di deterioramento rispetto agli altri due parametri; per ogni sensore viene calcolata una media delle misurazioni effettuate nell'ultima settimana e successivamente si calcola una media prendendo in considerazione solamente i valori tra i precedenti che superano la soglia di sicurezza.

$$S_a = m_t \cdot c_t + m_u \cdot c_u$$

m_t : media letture sopra soglia del termometro

c_t : costante di uniformità del termometro
 m_u : media letture sopra soglia dell'igrometro
 c_u : costante di uniformità dell'igrometro

Risulta importante l'introduzione delle costanti all'interno delle formule presentate poiché le misurazioni che vengono prese in considerazione sono effettuate da sensori diversi, per cui risultano molto differenti tra loro, da qui nasce la necessità di scalare questi valori per rendere più chiaro e uniforme il valore finale dello stato di salute dell'edificio.

In fine lo stato di salute di un edificio è dato da:

$$S = \frac{S_s \cdot p_s + S_m \cdot p_m + S_a \cdot p_a}{p_s + p_m + p_a}$$

Quando i parametri assumono un valore superiore a 10 possono essere considerati rischiosi, e lo stato di salute dell'edificio di conseguenza va a *peggiorare*.

7.2 Calamità

Il livello di gravosità di una determinata calamità, è stato supposto dividendo queste ultime nel seguente modo:

- **Sismiche:** la gravosità è stata generata dalla distanza (norma) dell'edificio dal punto in cui si è verificata la calamità e dall'indice di urgenza generato dai sensori dell'edificio (in questo caso si è utilizzata l'analytic nel paragrafo 8.1).
- **NON Sismiche:** in questo caso, si sono prese tutte le varie calamità non sismiche (ad esempio: incendi, frane, ecc.) e, differentemente dalle calamità sismiche, la gravosità è stata generata SOLO dalla distanza (norma) dell'edificio dal punto in cui si è verificata la calamità.

Per concludere, si è supposto di avere 3 livelli di calamità:

- **Calamità di Livello 1:** calamità molto lontana dall'edificio (distanza maggiore di 200 km per gli eventi sismici e una distanza maggiore di 100 km per gli eventi non sismici)
- **Calamità di Livello 2:** calamità mediamente lontana dall'edificio (distanza tra 30 e i 200 km per gli eventi sismici e una distanza tra 50 e i 100 km per gli eventi non sismici)
- **Calamità di Livello 3:** calamità molto vicina all'edificio (distanza tra 0 e i 30 km per gli eventi sismici e una distanza tra 0 e i 50 km per gli eventi non sismici)

8 Data analytics

8.1 Consigli di intervento

Per consigliare gli interventi da effettuare su un edificio, che sia per ripristinare, consolidare o aumentare il livello di sicurezza, è necessario essere a conoscenza dello stato di salute di un edificio (paragrafo 7.1).

Un consiglio di intervento è costituito da diversi elementi:

- **Indice di urgenza**
- **Elemento coinvolto**
- **Intervento da attuare** (in base alla gravità del danno)
- **ID della struttura coinvolta** (opzionale)
- **ID del sensore che genera il consiglio** (opzionale)

Suggerimenti sulla struttura

In questo caso il consiglio riguarda l'intera struttura di un edificio per cui non vengono specificati l>ID dell'elemento coinvolto (sarebbe l>ID dell'edificio) e l>ID del sensore che l'ha generato, poiché è l'insieme dei sensori che lo produce.

L'intervento viene specificato in base al danneggiamento che presenta la struttura, che dipende dallo stato di salute di essa:

- **Indice tra 0 e 10** → Nessun intervento
- **Indice tra 11 e 20** → Necessario intervento di piccole ristrutturazioni edili entro 1 anno
- **Indice tra 21 e 30** → Necessario intervento di ristrutturazioni edili entro 8 mesi
- **Indice tra 31 e 40** → Necessario intervento di ristrutturazione entro 4 mesi
- **Indice tra 41 e 50** → Necessario intervento di ristrutturazione e grandi opere edilizie entro 2 mesi
- **Indice maggiore di 50** → Necessaria la ricostruzione totale della struttura

Suggerimenti sui muri

Il consiglio viene fornito insieme all>ID del sensore che l'ha generato e all>ID del muro su cui si trova. Per ogni sensore quindi viene calcolato lo stato di salute del muro, necessario per poter indicare l'intervento da attuare.

- **Indice tra 0 e 15** → rischio basso, nessun intervento necessario
- **Indice tra 16 e 30** → rischio medio, necessario intervento di piccole ristrutturazioni entro 8 mesi
- **Indice tra 31 e 45** → rischio alto, necessario intervento di consolidamento entro 2 mesi
- **Indice maggiore di 45** → Intervento immediato, necessaria la ricostruzione totale del muro

Suggerimenti sull'ambiente

Il suggerimento viene accompagnato dall'ID del sensore che l'ha generato e dall'ID del vano in cui esso è situato. In questo caso i sensori vengono considerati separatamente.

Per ogni termometro viene calcolata la media di tutti i valori misurati nell'ultima settimana e viene confrontata con il valore della soglia di sicurezza. Se la media calcolata supera quest'ultima allora viene consigliata l'installazione di un climatizzatore nel caso non fosse presente, o di sostituirlo con uno nuovo nel caso fosse già installato.

Per ogni igrometro viene calcolata la media di tutte le letture effettuate nell'ultima settimana e viene confrontata con il valore di soglia di sicurezza. Se la media calcolata supera quest'ultima allora viene consigliata l'installazione di un sistema di deumidificazione.

8.2 Stima dei danni

La stima dei danni di un edificio si basa sugli effetti che un terremoto, che abbia origine ad certa distanza, potrebbe causare alla struttura dell'edificio stesso.

Viene presentata una formula che permette di calcolare il valore del danno potenziale a seguito di una scossa di terremoto che tiene conto della distanza dell'edificio dall'epicentro (**D**), dell'intensità del terremoto (**I**) e dello stato di salute dell'edificio (**S**).

$$\text{Danno} = I \cdot (D^2) \cdot (1 + (1 - D/100)^2) \cdot (1 - S/50)$$

- **I** = Intensità del terremoto, espresso come valore della scala Richter;
- **D** = Distanza dell'edificio dall'epicentro del terremoto, espresso in chilometri;
- **S** = Stato di salute dell'edificio, valore che varia in un range da 0 a 50, dove 0 rappresenta un edificio in perfette condizioni e 50 un edificio in pessime condizioni;

Il termine $(1 + (1 - D/100)^2)$ è un coefficiente in grado di incrementare il danno procurato dal terremoto per gli edifici che sono più vicini all'epicentro. Infatti, più l'edificio è vicino all'epicentro, più piccolo sarà il valore di questo termine, e di conseguenza maggiore sarà il danno potenziale calcolato.

Il termine $(1 - S/50)$ invece è un coefficiente che riduce il danno potenziale calcolato nelle strutture che hanno uno stato di salute maggiore. Infatti, migliori saranno le condizioni di un edificio, più piccolo sarà il valore di questo termine, e di conseguenza minore sarà il danno potenziale calcolato.

Si è supposto, dunque, di stimare i danni nel seguente modo:

- **Stima dei danni sulla struttura**
 - **Indice tra 0 e 20** → Danni gravi
 - **Indice tra 21 e 40** → Danni moderati
 - **Indice tra di 41 e 60** → Danni lievi
 - **Indice maggiore 60** → Danni non rilevanti o nulli