

Relazione Progetto DB Rete Elettrica

Relatori:

Riccardo Giannuzzi

Biribò Francesco

Palumbo Dario

Data: 1 settembre 2024

Indice

1	Progettazione Concettuale	1
1.1	Analisi dei requisiti	1
1.2	Glossario dei termini	2
1.3	Termini ambigui e imprecisi	2
1.4	Termini che indicano concetti diversi	3
1.5	Realizzazione dello schema ER	3
1.5.1	Produzione di energia elettrica	3
1.5.2	Fornitura di energia elettrica	4
1.5.3	Contratti	4
1.5.4	Immobili	4
1.6	Schema ER	6
1.7	Dizionario delle entità	6
1.8	Dizionario delle relazioni	7
1.9	Vincoli non esprimibili con il modello ER	8
2	Progettazione logica	9
2.1	Tabella dei volumi	9
2.2	Operazioni	9
2.3	Analisi delle ridondanze	10
2.4	Ristrutturazione dello schema ER	10
2.5	Schema ER Tradotto	11
2.6	Schema Logico	12
2.6.1	Entità	12
2.6.2	Relazioni	12
3	Implementazione in MySQL	13
3.1	Creazione e popolamento tabelle	13
3.2	Procedure e funzioni	13
3.3	Viste	14
3.4	Trigger	15
3.5	Interrogazioni	15

1 Progettazione Concettuale

1.1 Analisi dei requisiti

Una provincia vuole realizzare una base di dati per monitorare l'intero processo di produzione, distribuzione e consumo di energia elettrica del proprio territorio.

Le **abitazioni**¹ e le **aziende**¹ dei cittadini ricevono corrente da diverse **aziende**² di distribuzione delle quali si vuole memorizzare partita IVA, nome, l'indirizzo e-mail e **telefono**. Questi **distributori**² concedono **contratti** di fornitura energetica, per la fornitura delle **residenze**¹ oppure delle **aziende**¹ per le quali è ammesso un limite di potenza più alto. Ogni **contratto** prevede una **tariffa**³, una data di stipulazione e fa riferimento all'**immobile**¹ che copre. Una volta stipulato l'accordo, in base ai consumi e alla **tariffa**³, verranno emesse delle **bollette**⁴ che saranno consegnate al **domicilio** dell'**immobile**¹ di riferimento. Le **bollette**⁴ devono contenere l'importo, la data di scadenza, la data in cui è stato effettuato il pagamento e il **periodo di riferimento**.

Ogni **contratto** ha almeno un **intestatario**⁵ che è il **responsabile**⁵ del pagamento delle bollette. Deve essere considerato anche il caso delle cointestazioni che prevedono più **responsabili**⁵ per un solo **contratto**. Di ogni intestatario si conosce codice fiscale, nome, cognome e data di nascita.

Ogni **edificio**¹ ha un contatore che tiene traccia dei **consumi giornalieri** che vengono inviati automaticamente al sistema. Di ogni **immobile**¹ vogliamo conoscere l'**indirizzo** per l'invio degli **avvisi di pagamento**⁴. Per evitare ambiguità, un **immobile**¹ viene identificato tramite l'identificativo del comune di appartenenza combinato con l'identificativo univoco dell'unità immobiliare, simile al sistema utilizzato dal catasto.

L'energia elettrica viene prodotta da degli **impianti**⁶, ciascuno dotato di un insieme di **generatori**⁷ che si distinguono in base al tipo di alimentazione, per esempio: carbone, gas, fotovoltaico o eolico. Ogni **dispositivo di produzione**⁷ ha una data in cui è stato installato nell'**impianto**⁷ e ogni giorno deve essere registrato il suo **rendimento energetico giornaliero**.

Gli **impianti**⁷ sono delle **aziende**⁷, con nome e partita IVA, che vendono l'energia elettrica prodotta ai **distributori**² a una certa **tariffa**⁸, applicando le regole del libero mercato, per cui non sono vincolati a venderla ad un solo distributore alla volta. Allo stesso modo le **aziende**² di distribuzione possono acquistare l'energia elettrica da più **produttori**⁷.

Legenda dei colori:

- **Termini che indicano lo stesso concetto**
- **Termini ambigui ed imprecisi**
- **Stesso termine che indica concetti diversi**
- **Altri termini chiave**

1.2 Glossario dei termini

Termine	Descrizione	Sinonimi	Collegamenti
Distributore	Si occupa della distribuzione della corrente elettrica agli immobili.	Azienda	Produttore, Contratto
Produttore	Si occupa della produzione di corrente elettrica.	Impianto, Azienda	Distributore, Generatore
Generatore	Produce elettricità tramite diverse tecnologie.	Dispositivo di produzione	Produttore
Contratto	Stabilisce le condizioni per la fornitura di energia elettrica di un immobile		Distributore, Immobile, Bolletta, Intestatario
Bolletta	Documento emesso nei termini di un contatto che indica l'importo da pagare rispetto a un periodo di riferimento.	Avviso di pagamento	Contratto
Immobile	Un'abitazione o un'azienda che usufruisce della fornitura energetica.	Abitazione, Azienda, Residenza, Edificio	Contratto
Intestatario	Persona fisica responsabile di un contratto.		Contratto

1.3 Termini ambigui e imprecisi

- Numero di Telefono: consideriamo il formato standard E.164 che prevede un massimo di 15 cifre. Memorizzate senza spazi, trattini o segni '+'. Esempio: "393471234567".
- Periodo di riferimento delle bollette: di solito si tratta di un intervallo mensile, tuttavia abbiamo deciso di non imporre vincoli sulla lunghezza dell'intervallo in modo da non escludere casistiche particolari.
- Domicilio: fa riferimento all'indirizzo dell'immobile a cui inviare la bolletta.
- Indirizzo: fa riferimento al CAP, la via e il numero civico relativi ad un immobile. Sono ammessi più immobili con lo stesso indirizzo, ad esempio diversi appartamenti di un condominio.
- Consumo giornaliero: si intende l'energia in kWh consumata da un certo immobile nell'arco di una giornata.

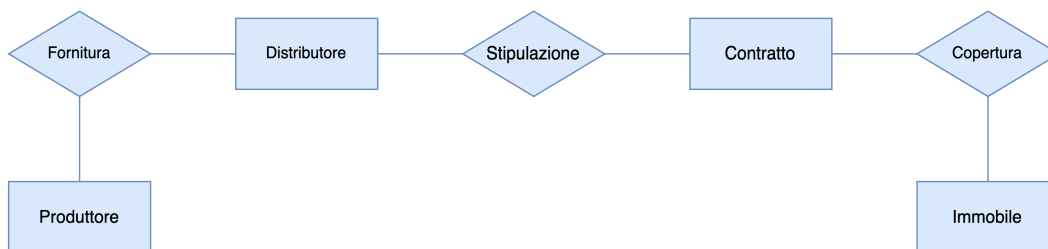
- Rendimento giornaliero: si intende l'energia in kWh prodotta da un generatore nell'arco di una giornata.

1.4 Termini che indicano concetti diversi

- Azienda: si riferisce sia agli immobili che ricevono corrente elettrica sia ai produttori e ai distributori di energia elettrica.
- Tariffa: è utilizzato sia per indicare il costo per kWh di un contratto di fornitura di energia elettrica, sia per il prezzo a cui il produttore vende l'energia elettrica ai distributori.

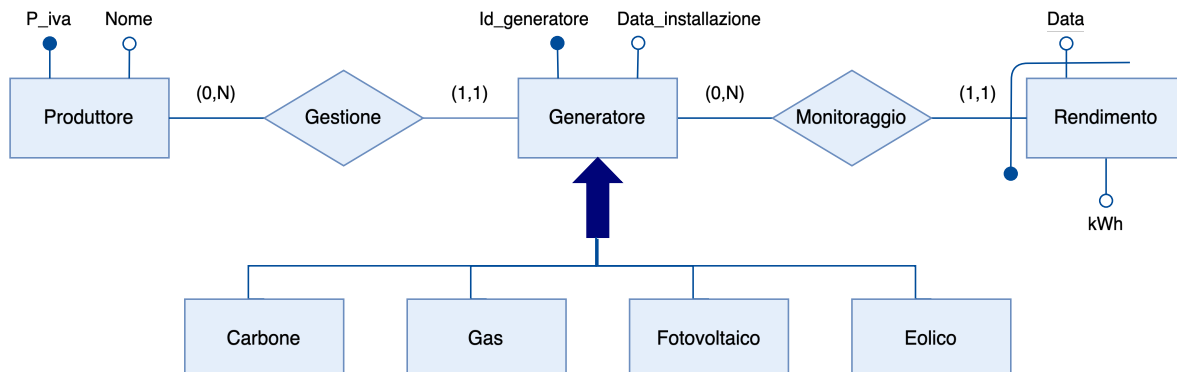
1.5 Realizzazione dello schema ER

Abbiamo applicato una strategia mista partendo dalla costruzione dello schema scheletro considerando solo i concetti principali. Successivamente abbiamo diviso lo schema in parti e lo abbiamo ampliato e raffinato considerando le specifiche della richiesta.



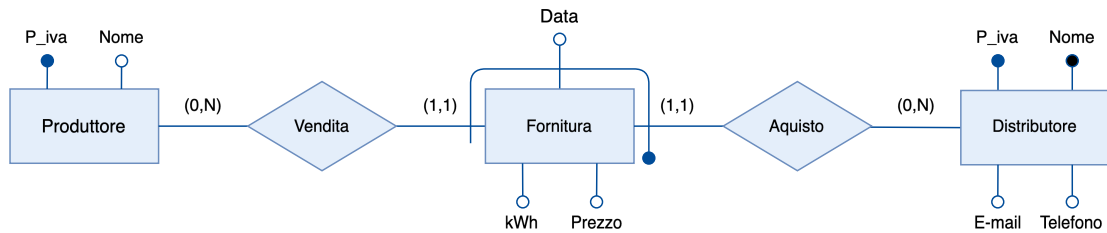
1.5.1 Produzione di energia elettrica

Per quanto riguarda la produzione di energia dobbiamo considerare che i produttori gestiscono un insieme di generatori che possono essere di vario tipo. Inoltre dobbiamo salvare il rendimento in kWh prodotti da un generatore in una specifica data.



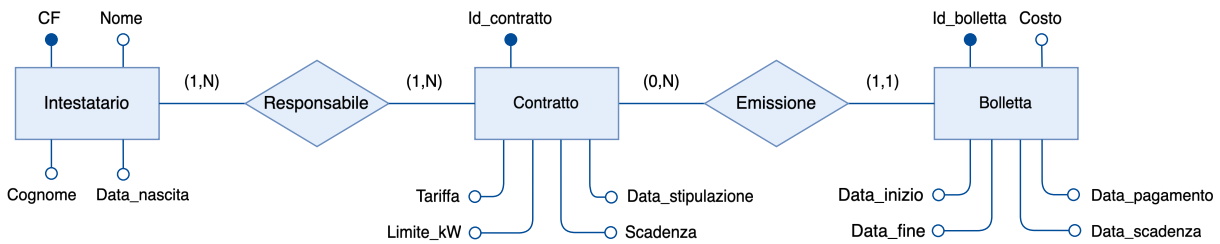
1.5.2 Fornitura di energia elettrica

In date diverse possono essere effettuate più forniture tra un produttore e un distributore quindi è necessario aggiungere un'entità che rappresenta una fornitura in una certa data.



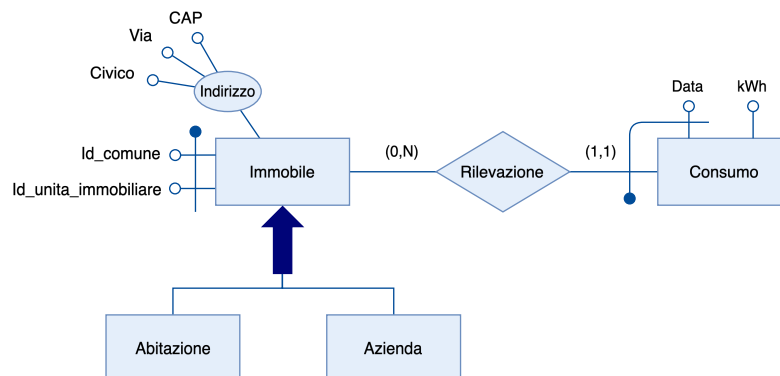
1.5.3 Contratti

Un intestatario può avere più contratti e un contratto può avere più intestatari. Le bollette vengono emesse in base ai termini del contratto.

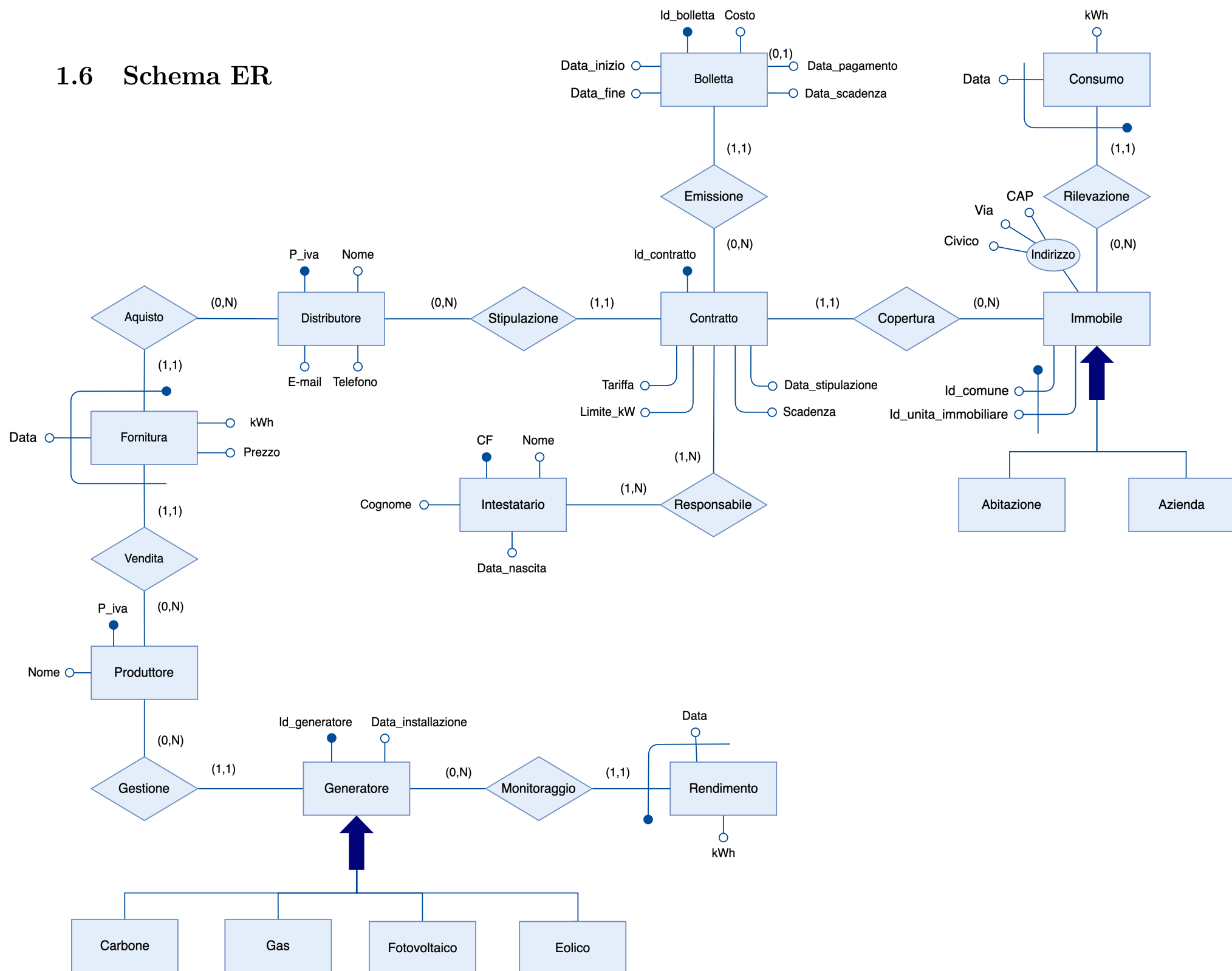


1.5.4 Immobili

L'immobile può essere un abitazione oppure un azienda, in entrambi i casi deve essere memorizzato il consumo giornaliero in kWh in una certa data.



1.6 Schema ER



1.7 Dizionario delle entità

Entità	Descrizione	Attributi	Identificatore
Rendimento	Misurazione del numero di kWh prodotti da un generatore nell'arco di una giornata.	Data, kW	Data, Generatore
Generatore	Dispositivo in grado di produrre energia tramite diverse tecnologie.	Id_generatore, Data_installazione	Id_generatore
Carbone	Generatore che produce energia elettrica tramite la combustione di carbone.		
Gas	Generatore che converte l'energia chimica dei gas in elettricità.		
Fotovoltaico	Generatore che converte l'energia solare in energia elettrica attraverso pannelli fotovoltaici.		
Eolico	Generatore che sfrutta l'energia del vento per generare corrente elettrica.		
Produttore	Azienda che si occupa della produzione di corrente elettrica.	P_iva, Nome	P_iva
Fornitura	Fornitura di energia da un produttore a un distributore.	Data, kWh, Prezzo	Data, Produttore, Distributore
Distributore	Si occupa della distribuzione della corrente elettrica agli immobili.	P_iva, Nome, Telefono, E-mail	P_iva
Contratto	Accordo per la fornitura di energia tra un distributore e un immobile.	Id_contratto, Tariffa, Limite_kW, Data_stipulazione, Data_scadenza	Id_contratto
Bolletta	Documento emesso nei termini di un contratto che indica l'importo rispetto a un periodo di riferimento.	Id_bolletta, Costo, Data_pagamento, Data_scadenza, Data_inizio, Data_fine	Id_bolletta

Intestatario	Persona fisica che si assume la responsabilità di uno o più contratti.	CF, Nome, Cognome, Data_nascita	CF
Immobile	Un'abitazione o un'azienda che usufruisce della fornitura energetica.	Id_comune, Id_unita_immobiliare, Indirizzo	Id_comune, Id_unita_immobiliare
Abitazione	Residenza privata con consumi energetici moderati.		
Azienda	Struttura commerciale o industriale, spesso con elevati fabbisogni energetici.		
Consumo	Quantità di energia utilizzata da un immobile, registrata giornalmente.	Data, kW	Data, Immobile

1.8 Dizionario delle relazioni

Relazioni	Descrizione	Componenti	Attributi
Monitoraggio	Registrazione della produzione giornaliera di un generatore.	Generatore, Rendimento	
Gestione	Gestione di un generatore da parte di un produttore.	Produttore, Generatore	
Vendita	Vendita di corrente elettrica da parte del produttore.	Fornitura, Produttore	
Acquisto	Acquisto della corrente elettrica da parte del distributore.	Fornitura, Distribuzione	
Stipulazione	Stipulazione di un contratto di fornitura per un immobile.	Distributore, Contratto	
Emissione	Emissione di una bolletta relativa ad un contratto.	Contratto, Bolletta	
Responsabile	Indica uno o più intestatari responsabili di uno o più contratti.	Contratto, Intestatario	
Copertura	Copertura del fabbisogno energetico di un immobile.	Contratto, Immobile	
Rilevazione	Registrazione dei consumi per un immobile.	Immobile, Consumo	

1.9 Vincoli non esprimibili con il modello ER

Vincoli sull'energia elettrica:

- Il limite massimo di kW per un immobile deve essere maggiore di 0.
- I consumi e i rendimenti giornalieri (kWh) devono essere maggiori o uguali a 0.
- La quantità di energia venduta in una fornitura (kWh) deve essere maggiore di 0.
- Il costo di una fornitura deve essere maggiore o uguale a 0.
- Il totale dei consumi di una giornata, degli immobili coperti da un distributore, non può superare la somma delle forniture di energia che ha ricevuto il distributore quel giorno.
- Il totale di energia venduta in una giornata, nelle forniture effettuate da un produttore, non può superare la somma dei rendimenti di quella giornata dei generatori di quel produttore.
- Non è possibile registrare il rendimento di un generatore con una data antecedente alla data di installazione di tale generatore.
- Consumi, forniture e rendimenti non possono avere una data successiva a quella attuale.

Vincoli sulle bollette:

- Il periodo di riferimento di una bolletta deve rientrare nel periodo di validità del contratto che riferisce.
- La data che indica la fine del periodo di riferimento di una bolletta deve essere antecedente a quella attuale.
- La data di pagamento di una bolletta deve essere successiva alla data che indica la fine del periodo di riferimento.
- La data che indica l'inizio del periodo di riferimento della bolletta deve essere antecedente alla data che indica la fine del periodo di riferimento. Non si impongono vincoli sulla lunghezza del periodo di riferimento.
- Non sono ammesse bollette che coprono lo stesso periodo, o parte di esso, di un'altra bolletta già esistente che riferisce allo stesso contratto.
- Il costo di una bolletta deve essere la somma dei consumi giornalieri del periodo di riferimento moltiplicata per la tariffa del rispettivo contratto.

Vincoli sui contratti:

- La data di stipulazione di un contratto deve essere antecedente o uguale alla data attuale e la data di scadenza deve essere successiva alla data di stipulazione.
- Non sono ammessi contratti che coprono lo stesso periodo, o parte di esso, di un altro contratto già esistente che riferisce allo stesso immobile.

2 Progettazione logica

2.1 Tabella dei volumi

Consideriamo un periodo di monitoraggio di un anno, con una stima del numero di immobili in una provincia italiana. Nello scenario in cui vengono misurati quotidianamente il rendimento di ciascun generatore e il consumo energetico di ogni immobile.

Concetto	Tipo	Volume
Immobile	E	250.000
Consumo	E	91.250.000
Contratto	E	375.000
Bolletta	E	3.000.000
Intestatari	E	200.000
Responsabile	R	300.000
Distributori	E	20
Fornitura	E	35.000
Produttore	E	100
Generatore	E	1500
Rendimento	E	547.500

2.2 Operazioni

Le operazioni più frequenti del il sistema sono: l'aggiunta giornaliera dei consumi degli immobili, dei rendimenti dei generatori, delle forniture dei produttori per i distributori e il calcolo del costo delle bollette.

Aggiunta dei consumi: l'operazione aggiunge i consumi di tutti gli immobili

Concetto	Costrutto	Accessi	Tipo
Consumo	E	250.000	S

L'aggiunta dei rendimenti e delle forniture è analoga.

Calcolo costo bolletta: l'operazione calcola il costo di una bolletta rispetto a un periodo di riferimento. Ipotizziamo un periodo di 2 mesi (60 giorni).

Concetto	Costrutto	Accessi	Tipo
Contratto	E	1	L
Consumo	E	60	L
Bolletta	E	1	S

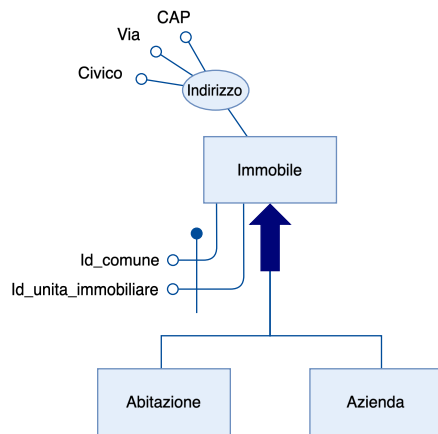
2.3 Analisi delle ridondanze

L'attributo costo dell'entità bolletta è ridondante, visto che è calcolabile con la tariffa del contratto e i consumi del periodo di riferimento della bolletta. Tuttavia, poiché lo spazio necessario per memorizzare il campo è molto ridotto, preferiamo conservarlo anziché ricalcolarlo ogni volta che viene richiesto.

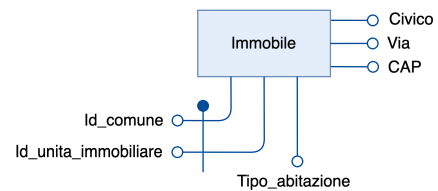
2.4 Ristrutturazione dello schema ER

L'attributo composto indirizzo dell'entità immobile è stato tradotto negli attributi semplici che lo componevano. Inoltre abbiamo tradotto la generalizzazione totale ed esclusiva come un unico attributo che indica il tipo di immobile, in quanto le entità figlie abitazione e azienda sono prive di attributi.

Generalizzazione e attributo composto:

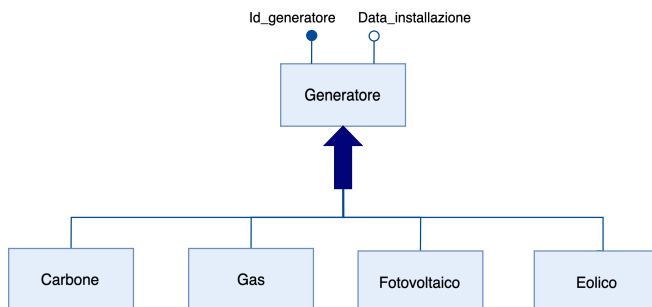


Traduzione:

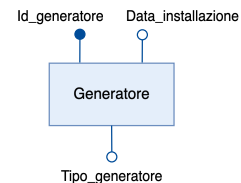


La generalizzazione dei vari tipi di generatore è esclusiva e totale quindi, dato che le entità figlie sono prive di attributi, viene tradotta come un singolo attributo che indica il tipo di generatore.

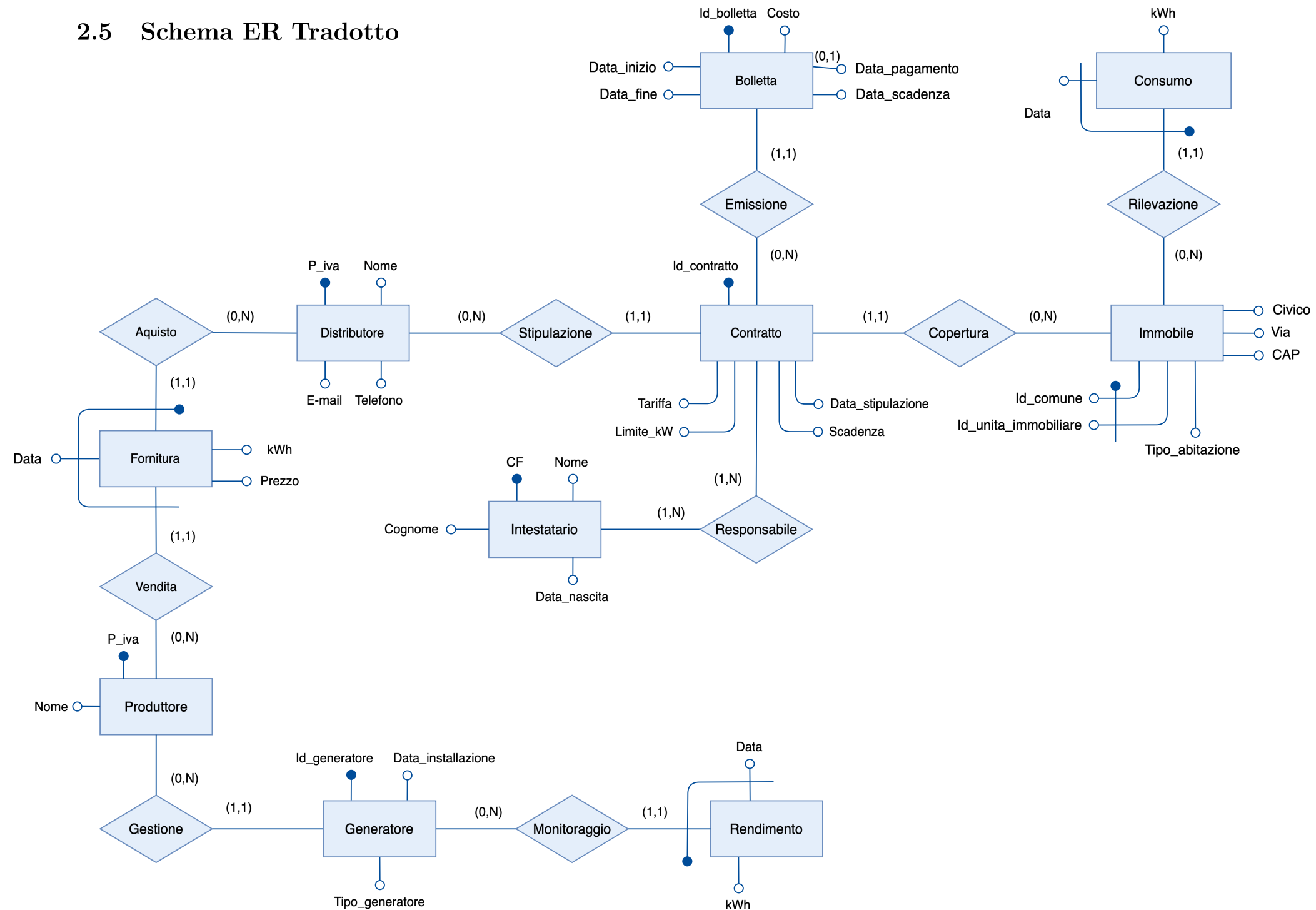
Generalizzazione:



Traduzione:



2.5 Schema ER Tradotto



2.6 Schema Logico

2.6.1 Entità

Rendimento(generatore, data, kWh)

Rendimento.generatore → Generatore.id_generatore

Generatore(id_generatore, produttore, data_installazione, tipo_generatore)

Generatore.prodotto → Produttore.p_iva

Produttore(p_iva, nome)

Fornitura(produttore, distributore, data, kWh, prezzo)

Fornitura.produttore → Produttore.p_iva

Fornitura.distributore → Distributore.p_iva

Distributore(p_iva, nome, telefono, e-mail)

Contratto(id_contratto, distributore, id_comune, id_unita_immobiliare, tariffa, limite_kW, data_stipulazione, data_scadenza)

Contratto.distributore → Distributore.p_iva

Contratto.id_comune → Immobile.id_comune

Contratto.id_unita_immobiliare → Immobile.id_unita_immobiliare

Bolletta(id_bolletta, contratto, costo, data_pagamento*, data_scadenza, data_inizio, data_fine)

Bolletta.contratto → Contratto.id_contratto

Intestatario(CF, nome, cognome, data_nascita)

Immobile(id_unita_immobiliare, id_comune, tipo_abitazione, civico, via, CAP)

Consumo(id_unita_immobiliare, id_comune, data, kWh)

Consumo.id_unita_immobiliare → Immobile.id_unita_immobiliare

Consumo.id_comune → Immobile.id_comune

2.6.2 Relazioni

Responsabile(id_contratto, CF)

Responsabile.id_contratto → Contratto.id_contratto

Responsabile.CF → Intestatario.CF

3 Implementazione in MySQL

Il codice è stato realizzato con la versione di MySQL 8.0.39 ed è stato testato sui sistemi operativi: Ubuntu, MacOS Sonoma, Windows 10 e Windows 11.

3.1 Creazione e popolamento tabelle

Nella fase di creazione delle tabelle, abbiamo seguito un ordine specifico per facilitare la dichiarazione delle chiavi esterne direttamente all'interno dei comandi CREATE TABLE. Questo approccio ha semplificato l'integrazione dei vincoli di integrità referenziale, riducendo la necessità di utilizzare successivamente comandi ALTER TABLE per aggiungere chiavi esterne. In particolare, abbiamo creato prima le tabelle che non presentavano dipendenze verso le altre, come quelle contenenti le chiavi primarie autonome, per poi procedere con la creazione delle tabelle che richiedevano riferimenti a chiavi esterne già esistenti.

Il popolamento delle tabelle è stato effettuato utilizzando due approcci principali: l'inserimento diretto dei dati tramite il comando INSERT e l'importazione di dati da file locali tramite LOAD DATA LOCAL. Per permettere l'inserimento dai file è necessario sostituire manualmente nello script gli indirizzi assoluti dei file di popolamento. Inoltre è necessario abilitare sia lato client che lato server il caricamento dai file locali. Per quanto riguarda il server, nello script viene eseguito il comando "SET GLOBAL local_infile = 1" prima degli inserimenti. Per il client è necessario aggiungere il parametro di avvio: "--local-infile=1" se avviato da linea di comando. Nel caso si usi MySQL workbench occorre aggiungere l'opzione "OPT_LOCAL_INFILE=1" nelle impostazioni avanzate della connessione, all'interno della voce "Others:".

I dati utilizzati per il popolamento delle tabelle sono relativi alla provincia di Pistoia e prendono in considerazione un periodo di monitoraggio di una settimana. Per semplificare la popolazione della base di dati non sono stati utilizzati i volumi tipici di una reale applicazione del sistema. Ad esempio, le bollette si riferiscono a periodi molto brevi, anche di pochi giorni.

3.2 Procedure e funzioni

Abbiamo realizzato due procedure e una funzione per facilitare l'inserimento delle bollette nel database. Le procedure sono Inserisci_bolletta e Paga_bolletta, mentre la funzione è Costo_bolletta. La procedura Inserisci_bolletta si occupa di inserire una nuova bolletta all'interno del sistema, garantendo che tutti i vincoli siano rispettati. Prende in ingresso il codice della bolletta, il codice del contratto a cui fa riferimento e le date di inizio periodo, fine periodo, scadenza e infine una data di pagamento. Si può passare NULL come valore per la data di pagamento, indicando che la bolletta non è stata ancora pagata. Per garantire che gli inserimenti delle bollette avvengano solo tramite questa procedura, viene imposto, tramite un trigger, che una variabile di sessione si trovi in un certo stato impostato solo all'interno della procedura.

Prima di eseguire l'inserimento della bolletta si deve verificare che i dati passati come parametro siano validi. Quindi è necessario verificare che tutte le condizioni imposte dai vincoli sulle bollette siano rispettate eseguendo una serie di controlli. Inoltre per garantire una maggior efficienza di esecuzione, all'interno della procedura, i controlli per verificare la validità vengono eseguiti in ordine di complessità.

In particolare il costo della bolletta è un attributo calcolabile quindi è soggetto a un vincolo specifico: deve corrispondere alla somma dei consumi giornalieri registrati nel periodo di riferimento, moltiplicati per la tariffa prevista dal contratto. Quindi per garantire la coerenza dei dati, il costo non viene acquisito come parametro ma viene invece calcolato utilizzando la funzione `Costo_bolletta`.

La procedura `Paga_bolletta` aggiorna lo stato di pagamento di una bolletta non ancora pagata prendendo in ingresso l'id della bolletta. Inizialmente la procedura controlla che la bolletta non sia già stata pagata, in tal caso imposta la data di pagamento alla data attuale. Abbiamo inoltre sviluppato la funzione `Costo_bolletta`, che calcola il costo di una bolletta considerando la tariffa del contratto di riferimento e due date che delimitano il periodo di consumo. Questa funzione è stata progettata per separare la logica di controllo nella procedura `Inserisci_bolletta` dal calcolo effettivo del costo. Il calcolo avviene sommando tutti i consumi registrati tra le due date specificate per l'immobile associato al contratto. Se in una giornata non è presente un consumo registrato, viene considerato pari a 0.

3.3 Viste

Per facilitare l'analisi dei dati relativi alla produzione, vendita e guadagno di energia, sono state create diverse viste che permettono di ottenere rapidamente informazioni giornaliere per ogni produttore e distributore.

In particolare abbiamo definito viste che contengono:

- Rendimenti giornalieri di ogni produttore: partita iva, data e somma dei rendimenti di tale data dei generatori associati a quel produttore.
- Quantità di kWh venduti e guadagni giornalieri di ogni produttore: partita iva, data, somma delle quantità vendute ai distributori e il guadagno di tale giornata.
- Quantità di kWh venduti e guadagni giornalieri di ogni distributore: partita iva, data, somma dei consumi degli immobili che hanno un contratto con tale distributore e il guadagno di quella giornata.
- Quantità giornaliera di kWh invenduti di ogni produttore: partita iva, data e differenza tra rendimento e fornitura.

3.4 Trigger

Per garantire il rispetto dei vincoli non esprimibili direttamente tramite lo schema E-R o tramite le dichiarazioni `CREATE TABLE`, abbiamo fatto ampio uso di trigger. Per ottimizzare l'efficienza e la gestione dei controlli, i vincoli relativi a una stessa tabella sono stati accorpati in un unico trigger. Questa scelta è stata fatta per evitare l'esecuzione in ordine non deterministico dei trigger separati. Accorpendo i vincoli in un unico trigger, siamo stati in grado di ordinare i controlli per complessità, assicurando che i vincoli più semplici da verificare venissero controllati per primi. Questo approccio ha permesso di interrompere l'esecuzione del trigger al primo controllo fallito, evitando di eseguire verifiche più complesse o computazionalmente onerose quando non necessario. Al fallimento di un controllo viene impostato come messaggio di errore una stringa che spiega cosa lo ha causato.

3.5 Interrogazioni

Di seguito sono elencate le richieste delle interrogazioni effettuate all'interno del codice:

- Elenco degli intestatari delle bollette pagate in ritardo, ovvero gli intestatari dei contratti per cui esistono bollette pagate in ritardo. Si vuole sapere nome e cognome dell'intestatario, numero del contratto, indirizzo dell'immobile coperto da tale contratto, e, infine, data di scadenza e di pagamento della bolletta.
- Elenco dei contratti attivi con i rispettivi intestatari, ovvero i contratti con data di scadenza successiva alla data odierna.
- Elenco dei contratti cointestati, ovvero i contratti con almeno 2 intestatari.
- Elenco degli immobili con più piani o unità (tipo condomini). Gli immobili con più di un piano hanno un codice di unità immobiliare nella forma 'xx-xxx-xx', mentre gli immobili con un solo piano lo hanno nella forma 'xx-xxx'.
- Elenco delle forniture associate al distributore Enel Energia, ovvero la quantità di kWh ricevuti, per ogni giorno, e la lista dei produttori che hanno fornito quel giorno.
- La produzione giornaliera, a confronto, dei generatori di tipo rinnovabile e non rinnovabile. Come generatori di tipo rinnovabile sono considerati quelli di tipo Eolico o Fotovoltaico, mentre quelli non rinnovabili sono Gas e Carbone.
- I tre immobili che hanno consumato di più durante il fine settimana cioè il periodo che va dal 23/08/2024 - 25/08/2024