

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

TESI DI LAUREA

POLITICHE DI MOBILITA' URBANA SOSTENIBILE BASATE SULL'UTILIZZO DELLE FONTI RINNOVABILI

RELATORI

CH.MO PROF. ING FRANCESCO CALISE

CH.MO PROF. ING ARMANDO CARTENÌ

CH.MO PROF. ING MASSIMO DENTICE D'ACCADIA

CANDIDATE

ANNALIA GRIMALDI M67/240

ANNAFRANCA GUIDA M67/210

CORRELATORE

ING. MARIA VICIDOMINI

ABSTRACT

Il trasporto urbano è la modalità più diffusa di spostamento, sia delle merci che delle persone e nonostante esso sia fortemente diminuito negli ultimi anni di crisi economica risulta comunque più inquinante rispetto al resto delle attività presenti sul territorio nazionale. Le percentuali di inquinanti emesse da un veicolo alimentato da combustibile fossile, come il monossido di carbonio, composti organici volatili non metanici, ossidi di azoto, particolato inferiore ai 10 μm e ai 2,5 μm e anidride carbonica, sono diventati ormai preoccupanti per la salute umana e per l'ambiente.

In questo quadro nasce l'urgenza di proporre uno scenario alternativo valutando la sostenibilità di politiche di mobilità urbana basate sull'utilizzo delle fonti rinnovabili.

Pertanto, l'obiettivo di questo lavoro di tesi riguarda la modellazione e la simulazione, in ambiente TRNSYS, di un impianto fotovoltaico con sistema di accumulo (batterie al piombo acido) e scambio sul posto per soddisfare la richiesta di energia elettrica necessaria a caricare un veicolo elettrico (Figura 1). Tale impianto è stato progettato per garantire il funzionamento di Taxi elettrici per il trasporto pubblico nella provincia di Napoli e furgoncini elettrici per il trasporto di merci nella provincia di Salerno.

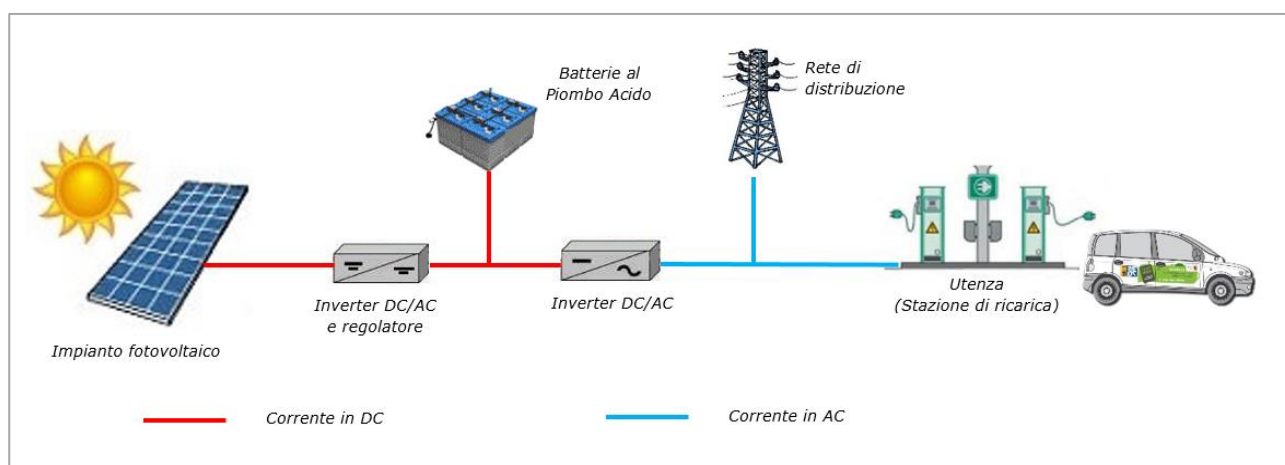


Figura 1- Layout dell'impianto

Ai fini del raggiungimento di tale obiettivo è stata svolta una preliminare fase di raccolta ed analisi dati inerenti la mappatura dei posteggi Taxi nel Comune di Napoli, in modo da poter definire le aree adibite a stazioni di ricarica. L'ufficio tecnico ha fornito il numero di Taxi con licenza nel Comune di Napoli e tutte le aree riservate al parcheggio Taxi per ciascuna delle dieci Municipalità, con relativo indirizzo e capacità. Mediante un questionario, sottoposto sia agli operatori del settore che agli utenti, sono state approfondite le opinioni dei consumatori sui veicoli puramente elettrici, nonché il loro grado di accettazione di questa nuova tecnologia.

I dati raccolti offrono una panoramica sulle dinamiche del servizio di trasporto, definendo il numero di corse mediamente effettuate al giorno; le tratte ad elevata frequenza di percorrenza; i chilometri totali mediamente effettuati, per ogni corsa e al giorno e i tempi di attesa tra due corse consecutive.

I dati raccolti sono stati necessari per la successiva fase di dimensionamento e progettazione del sistema logistico proposto integrato con un impianto fotovoltaico. Le 96 aree di sosta taxi venute fuori da questa indagine preliminare sono state scremate in modo tale da considerare solo quelle

interessate dai flussi di spostamento più frequenti e con una capacità maggiore di n°10 arrivando pertanto ad un totale di 31 posteggi taxi e tra questi si è scelto di simulare il posteggio Taxi situato nei pressi della Funicolare di Mergellina in Largo Barbaia, caratterizzata da una capacità di n°14 posteggi e un consumo annuo di circa 50 MWh.

Funicolare di Mergellina

Per avere il quadro completo di tale caso studio, si è pensato innanzitutto di simulare un generico sistema innovativo di riferimento con potenza di picco 26 kWp e area di 160 m² dopodichè, al fine di individuare la configurazione ottimale sono state effettuate delle analisi parametriche, le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 1:

SCENARIO	Caso 1			Caso 2		
	Area [m ²]	Cap batteria /Pot PV [kWh/kWp]	N° celle batteria	Area [m ²]	Cap batteria /Pot PV [kWh/kWp]	N° celle batteria
1°	64	3.6	46	193	0.5	19
2°	129		93		1	38
3°	193		140		2	77
4°	257		186		5	194
5°	322		233		7	272

Tabella 1- Schema riassuntivo delle simulazioni effettuate

Il sistema innovativo di riferimento è in grado di produrre 42 MWh di energia elettrica, con un PES (Primary Energy Saving) del 67%, a fronte di un investimento capitale di 58.5 k€, con un risparmio economico rispetto al sistema tradizionale di riferimento di 4.88 k€/anno ed un tempo di ritorno (SPB) di 12 anni, che si dimezza nel caso in cui si ipotizzi una politica di incentivazione in conto capitale (SPB_inc). Dal punto di vista delle prestazioni ambientali, le emissioni di CO₂ equivalenti sono risultate superiori al 67%.

Per quanto riguarda i risultati del Caso 1 (Figura 2) e in particolare gli aspetti energetici, si evince che la produzione di energia elettrica cresce linearmente con l'area, così come la capacità della batteria con un fattore pari a 3.6 kWh/kWp, pertanto all'aumentare della potenza dell'impianto si ha un notevole incremento dell'autoconsumo e della frazione di energia proveniente dalla batteria, nonché dell'aliquota di energia eccedente essendo il rapporto tra la capacità della batteria e la potenza di picco dell'impianto costante. Per quanto riguarda la frazione solare si osserva che il tasso di autoconsumo diminuisce al diminuire dell'area dell'impianto, pertanto una volta saturata la batteria si incrementa l'aliquota di energia in eccesso.

Per quanto riguarda l'energia primaria, il PES aumenta in quanto si riduce il consumo di energia prelevata dalla rete, raggiungendo un valore massimo di circa il 93%. Dal punto di vista dell'analisi economica, il SPB aumenta proporzionalmente con l'aumentare dell'area dell'impianto, mentre IP diminuisce. Assumendo un incentivo sui costi del capitale pari al 50%, sia il SPB migliora, dimezzandosi. In merito alle analisi ambientali, si verifica una tendenza crescente per le emissioni di CO₂ equivalenti evitate in funzione dell'area dell'impianto, registrando la migliore prestazione (93%) in corrispondenza dell'area massima.

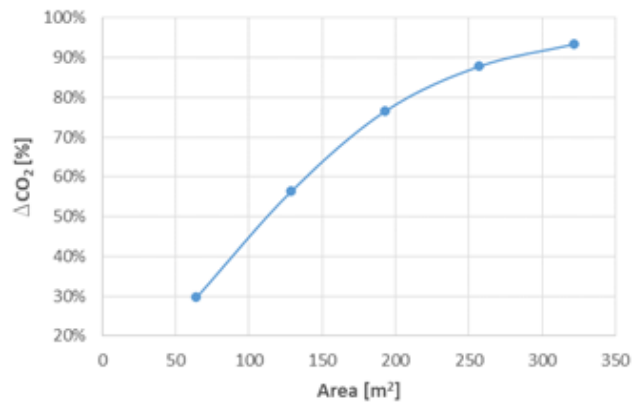
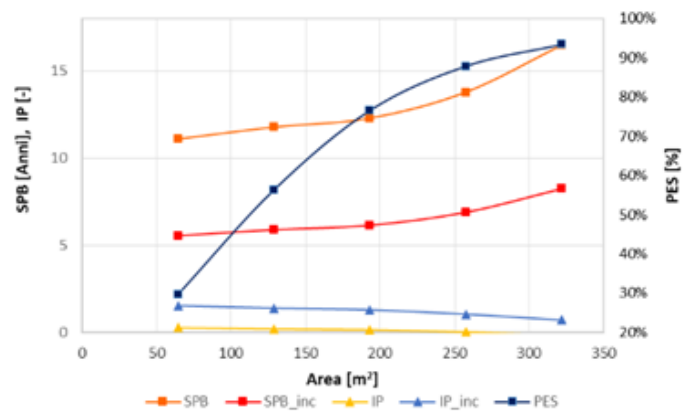
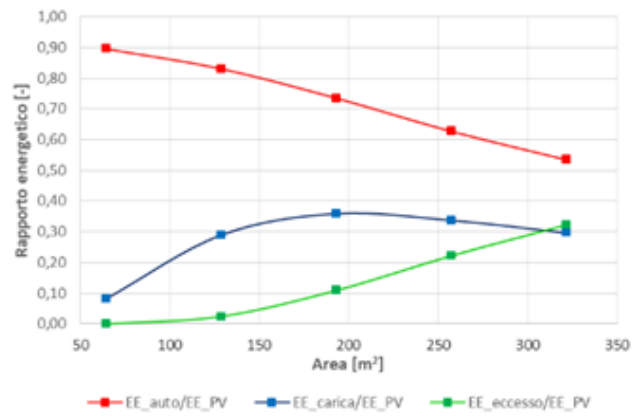
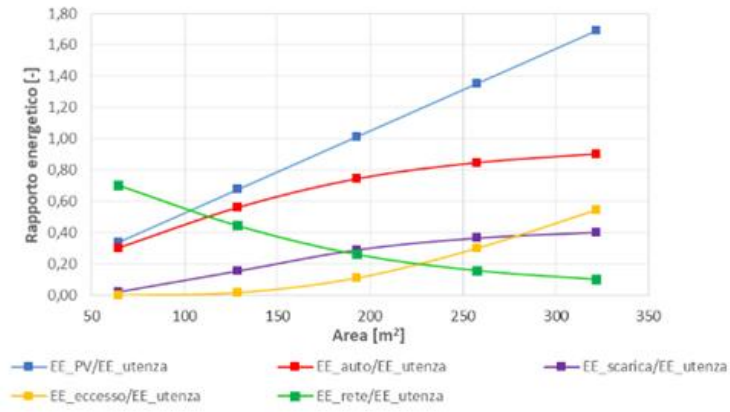
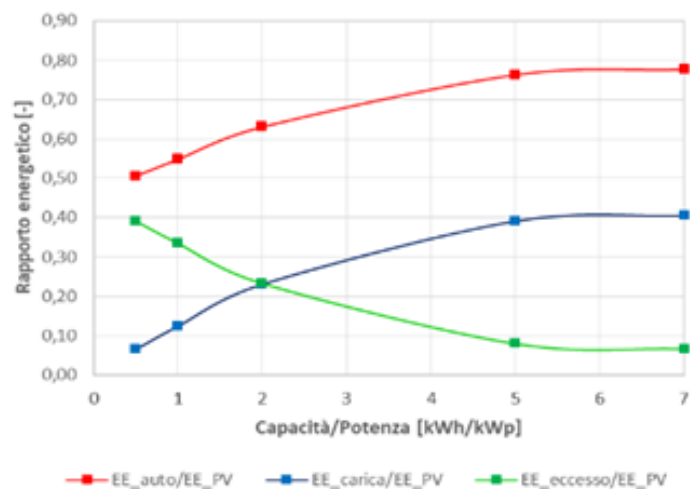
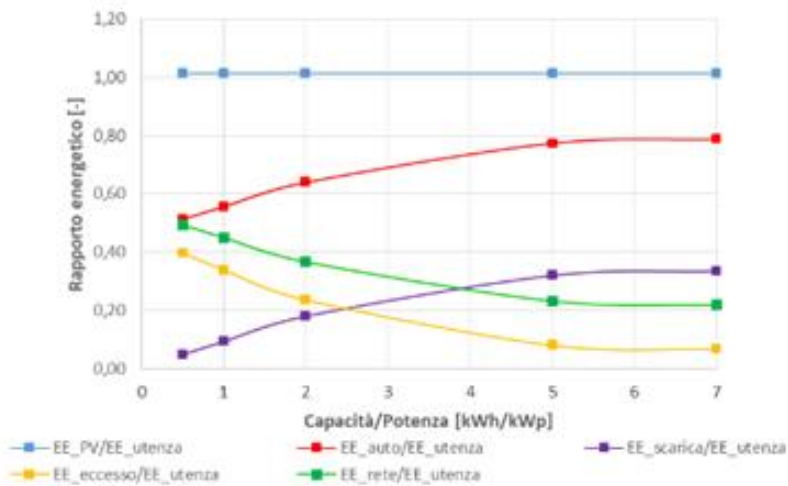


Figura 2- Schema riassuntivo simulazione CASO 1

La Figura 3 mostra i risultati della simulazione inerente il Caso 2. Per quanto riguarda gli aspetti energetici, si evince che l'utenza è dipendente dalla rete anche con il sistema di accumulo, in quanto l'autoconsumo riesce a coprire solo il 50 % dell'energia richiesta dall'utenza con un rapporto di 0.5 kWh/kWp. All'aumentare del rapporto tra capacità della batteria e potenza dell'impianto fotovoltaico, l'autoconsumo si incrementa mentre gli eccessi si riducono in quanto aumenta l'aliquota di energia che viene ceduta dalla batteria. Per quanto riguarda la frazione solare, al variare della capacità della batteria si differenziano i valori di autoconsumo che risultano minori nello scenario batterie poco capienti, per poi aumentare per le batterie con capacità maggiore. Per quanto riguarda l'energia primaria, si verifica un trade-off: all'aumentare della capacità della batteria il risparmio di energia primaria ΔPE diminuisce in valore assoluto, ma il PES aumenta a causa della riduzione delle eccedenze. Dal punto di vista dell'analisi economica, sia il SPB che IP sono fortemente influenzati dalla capacità di accumulo delle batterie: l'elevato investimento legato alle batterie fa crollare l'indice di rendimento, che risulta essere massimo (1.03) solo per un rapporto di capacità di 0.5. Assumendo un incentivo sui costi del capitale pari al 50%, sia il SPB migliora, dimezzandosi. Per quanto riguarda le analisi ambientali le migliori prestazioni si registrano in corrispondenza della capacità massima pari a 7 kWh/ kWp, con ΔCO_2 pari a 80%.



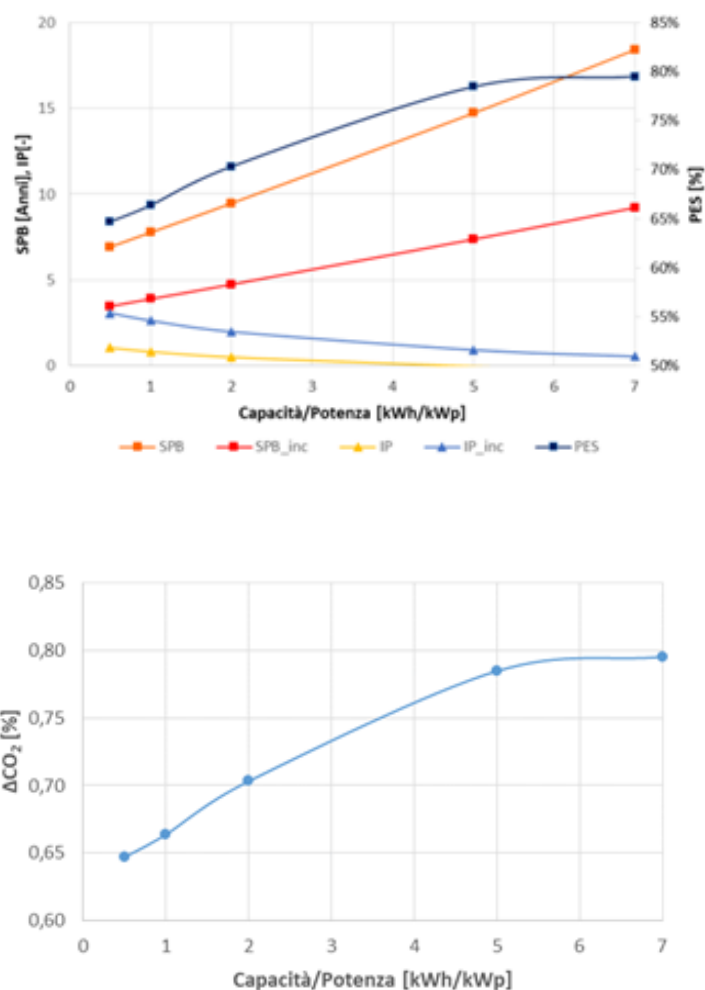


Figura 3- Schema riassuntivo simulazione CASO 2

Una volta effettuate le simulazioni e discusso i relativi risultati, con l’ausilio del software AutoCAD è stato realizzato il progetto preliminare dello schema tipo di un impianto fotovoltaico integrato all’edificio della funicolare di Mergellina. Nel caso in esame è stata rappresentata la planimetria generale (Figura 4), in scala 1:2000, di un impianto fotovoltaico con le seguenti caratteristiche (Tabella 2):

Area utile edificio [m ²]	273
Potenza di picco [kWp]	26
Angolo di Tilt [°]	30
Azimut [°]	0
Produzione Energetica [MWh]	42
Area occupata [m ² /kWp]	6

Tabella 2- Caratteristiche tecniche impianto

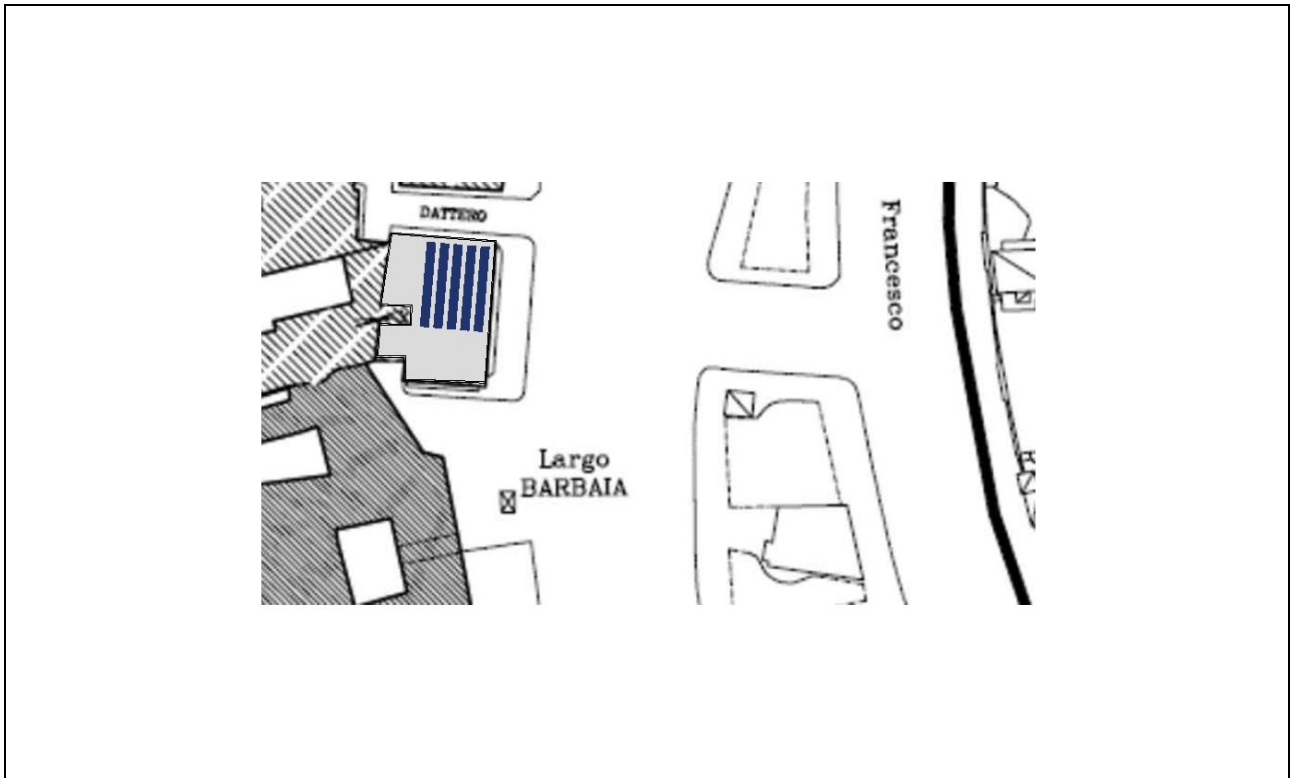


Figura 4- Planimetria impianto fotovoltaico stazione funicolare di Mergellina

Salerno

Per quanto riguarda il Comune di Salerno invece l'obiettivo è quello di realizzare un sistema di interscambio integrato camion/furgoncino elettrico presso delle aree di sosta, precedentemente individuate, progettate in maniera tale da poter accogliere i camion, i furgoncini elettrici e tutti i servizi connessi al loro funzionamento. Ai fini di questo obiettivo, si è concentrata l'attenzione su quelle aree che, per la loro vocazione e suscettività di trasformazione e riqualificazione, possono essere interessate da programmi urbanistici o progetti di infrastrutture di trasporto. In particolar modo sono state prese in considerazione quelle aree in corrispondenza dei nodi di interscambio e delle uscite autostradali e quindi:

- zona Salerno-Est, parcheggio antistante lo stadio Arechi;
- zona Salerno-Ovest, area antistante il porto, attualmente utilizzata come area di deposito cantiere;
- zona Salerno-Nord (Cernicchiara), stazione di servizio Esso.

Una volta individuate le aree di interesse si procede con la progettazione del parcheggio di interscambio camion-furgoncino elettrico, prendendo in considerazione le dimensioni standard degli stessi (Figura 5), necessarie a definire le aree riservate ai rispettivi posteggi e alle aree di manovra (Figura 6). Il parcheggio è stato progettato considerando che per ogni camion in arrivo ci sia un solo furgoncino che, una volta consegnata tutta la merce, ritorna al parcheggio consentendo al camion di ripartire. Per questo motivo, nel dimensionamento dell'impianto fotovoltaico, sono stati presi in considerazione tre differenti scenari legati al numero di viaggi effettuati al giorno (2, 4, 8) dal furgoncino elettrico. Pertanto, per quanto riguarda la zona Salerno-Est, ossia il parcheggio antistante lo stadio Arechi, esso è caratterizzato da una superficie utile di circa 4788 m² e raggiunge una capacità di n°19 posteggi come mostrato in Figura 7.

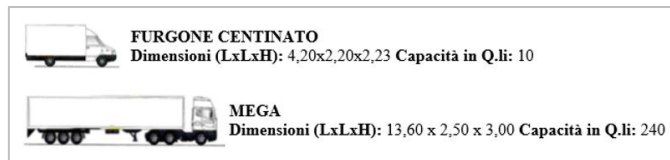


Figura 5- Dimensioni mezzi di trasporto

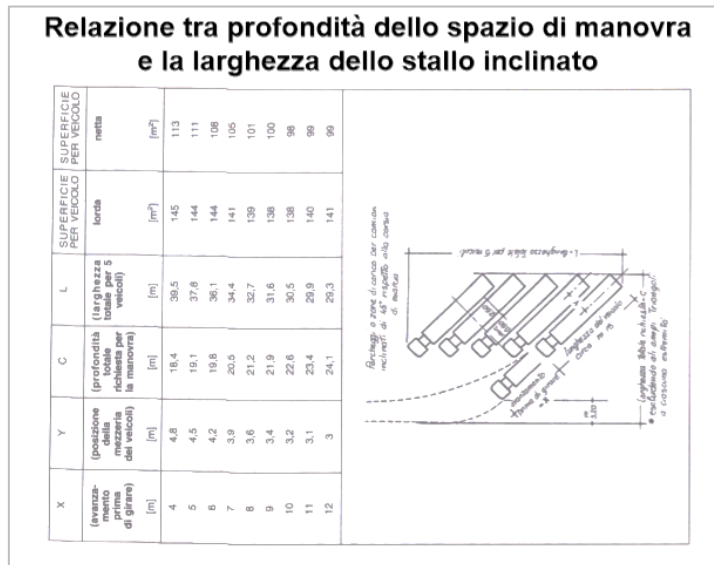


Figura 6- Criteri di dimensionamento area di manovra



Figura 7- Parcheggio interscambio zona Salerno-Est

Mentre, per quanto riguarda la zona Salerno-Ovest, ovvero l'area antistante il porto, è caratterizzato da una superficie utile di circa 4788 m² e il parcheggio realizzato raggiunge una capacità di n°19 posteggi come si evince dalla Figura 8:

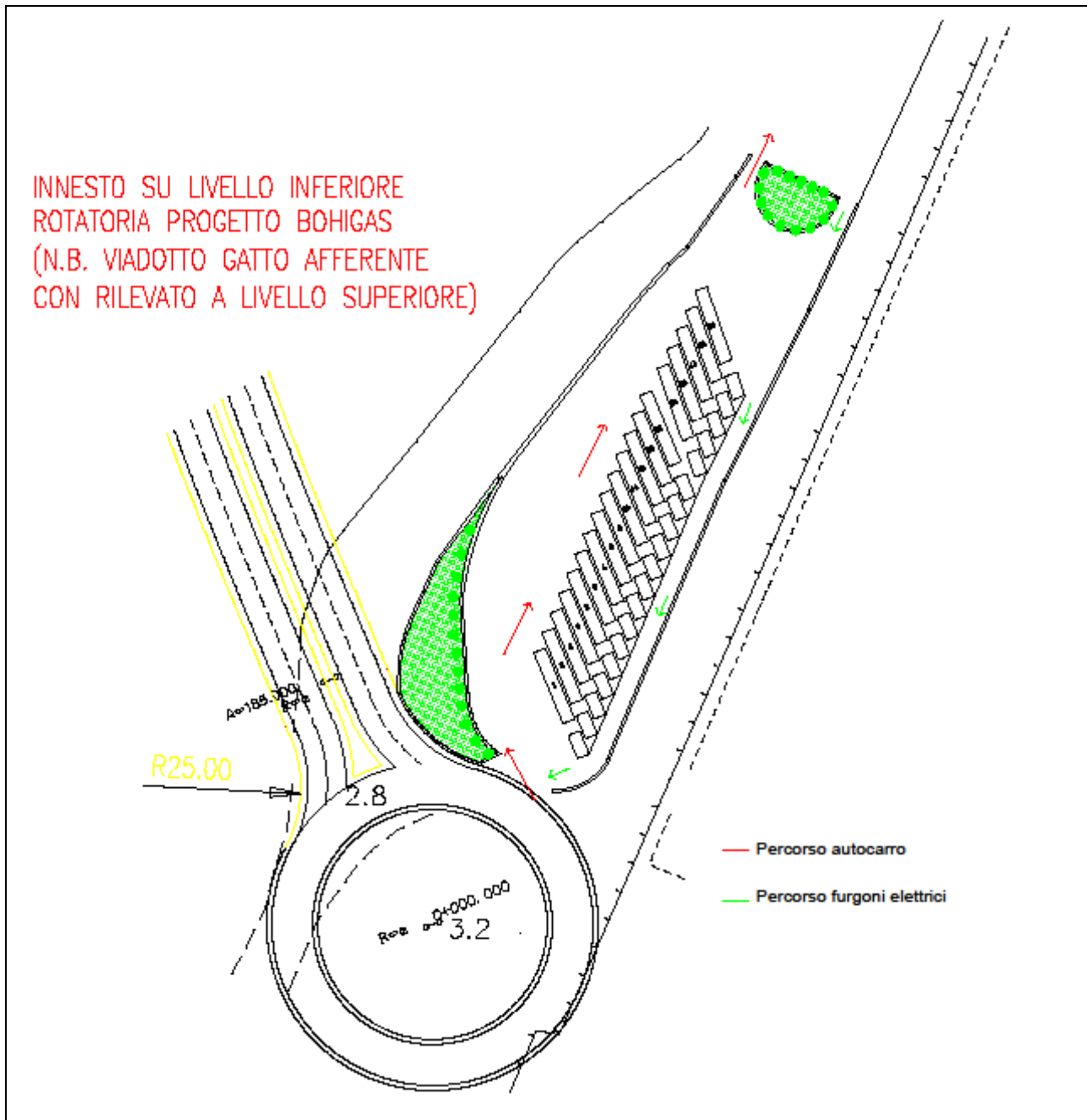


Figura 8- Parcheggio interscambio zona Salerno-Est

Infine, per quanto riguarda la zona Salerno-Nord (Cernicchiara), l'area di interesse occupa una superficie di 3455 m² e una capacità di soli n° 7 posteggi (Figura 9):

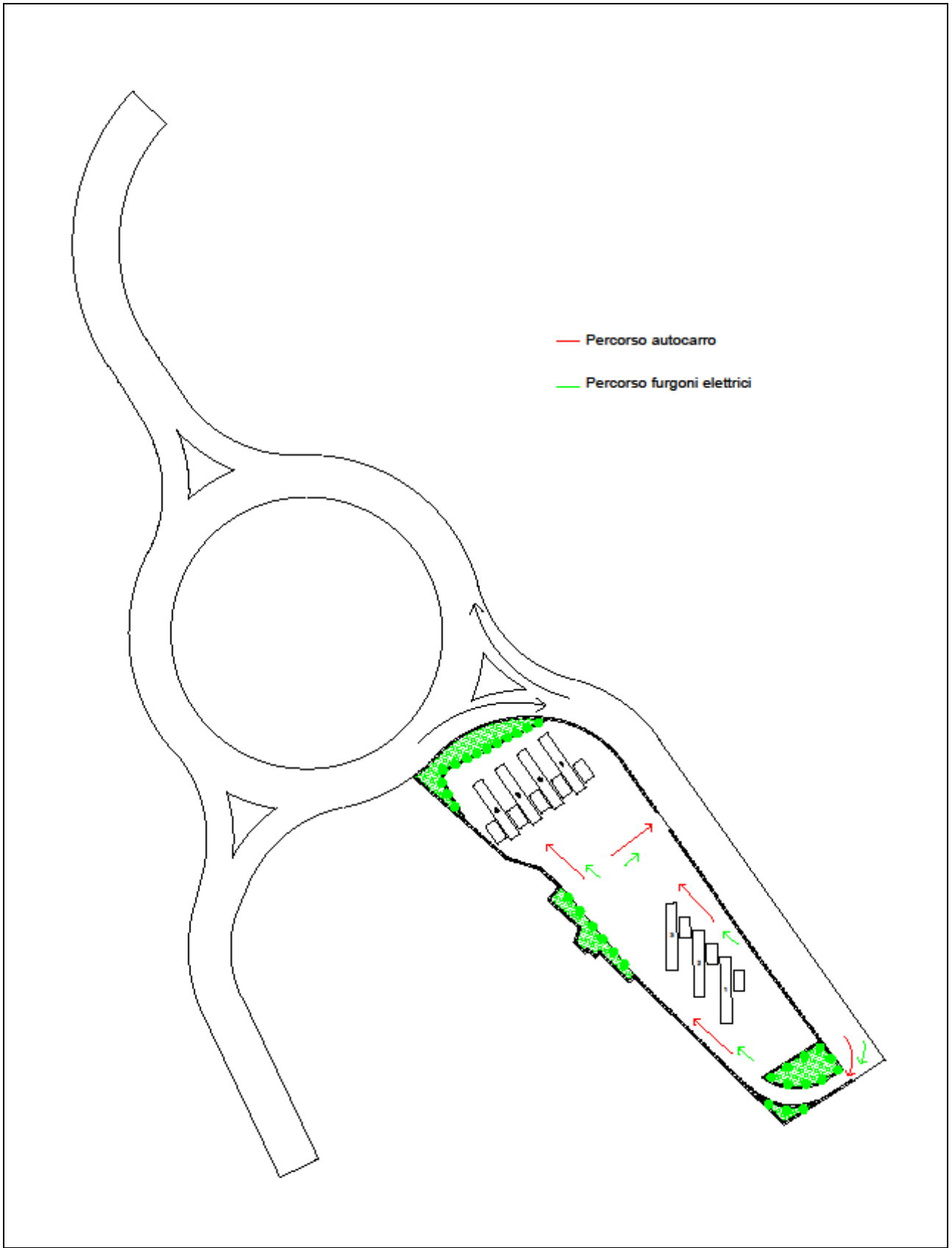


Figura 9- Parcheggio interscambio zona Salerno-Nord (Cernicchiara)