

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria Civile, Ambientale e Territoriale

Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria per l' Ambiente e il Territorio



**STIMA DELLE EMISSIONI DI CO₂ DELLE UNIVERSITA':
IL CASO DEL POLITECNICO DI MILANO
CAMPUS "CITTÀ STUDI"**

Relatore: Prof. Stefano Caserini

Correlatori: Prof.ssa Eleonora Perotto

Prof.ssa Manuela Grecchi

Tesi di laurea di:

Sara Scolieri

matr. 755761

Anno Accademico 2011/2012

Sommario e conclusioni

Il presente lavoro di tesi ha analizzato i consumi energetici e le relative emissioni di anidride carbonica del campus “Città Studi” del Politecnico di Milano, confrontando tali dati con quelli di altre università italiane ed estere e proponendo una strategia di riduzione.

A seguito di un’attenta analisi della normativa in materia di inventari di emissioni di gas serra, è stato deciso di suddividere le emissioni analizzate secondo gli “Scopi” e le categorie definiti dal GHG Protocol (WRI/WBCSD) e dalla ISO 14064.

Nello Scopo 1 sono comprese le emissioni derivanti da fonti di proprietà o controllate dall’università, nello Scopo 2 le emissioni derivanti da fonti energetiche acquistate dall’università e nello Scopo 3 le emissioni derivanti da fonti che non appartengono o non sono direttamente controllate dal Campus. Nella tabella 1 sono riportate tutte le categorie analizzate secondo la divisione WRI.

Tabella 1 Fonti emissive considerate, suddivise secondo gli Scopi del WRI

| | |
|----------------|---|
| Scopo 1 | Veicoli di appartenenza al Campus (auto dei dipartimenti e dell'Amministrazione Centrale) |
| | Attività di combustione nelle centrali termiche |
| | Spostamenti motorizzati per missioni dell'Amministrazione Centrale |
| | Spostamenti motorizzati per missioni dei Dipartimenti |
| Scopo 2 | Consumi elettrici |
| Scopo 3 | Spostamenti motorizzati per accesso al Campus |
| | Spostamenti motorizzati studenti "Erasmus" |

La metodologia di stima delle emissioni è basata sulla seguente formula generale:

$$E_{Tot} = \sum_i AD_i * EF_i \quad (1)$$

dove:

- E_{Tot} = emissione totale
- AD_i = dato di attività riferito alla sorgente i
- EF_i = fattore di emissione riferito alla sorgente i

Il fattore di emissione è definito l’emissione di inquinante di una data sorgente emissiva per unità d’indicatore della sorgente stessa. L’indicatore (dato di attività) è una quantità atta a descrivere nel modo migliore un’attività emissiva (ad es. consumo di combustibile nel caso della combustione).

Questa formula è opportunamente adattata alla particolarità richiesta da ogni categoria.

L’emissione totale del Politecnico di Milano - Campus “Città Studi” è stimata per l’anno 2011; tuttavia i dati di attività, ove possibile, sono stati raccolti anche per gli anni precedenti al fine di analizzarne la variabilità e i fattori che la causano.

Per redigere un inventario sono necessarie una quantità notevole d’informazioni, fornite da differenti strutture dell’università quali l’Amministrazione Centrale, l’Ufficio Tecnico, i Dipartimenti e gli enti esterni, che spesso gestiscono alcuni impianti dell’Ateneo. Tale attività è stata molto laboriosa e ha comportato un notevole sforzo per individuare i detentori dei dati, appartenenti a numerose strutture del Politecnico e di società esterne, riportate in Tabella 2.

La ricerca dei dati presso le varie strutture si è svolta tramite mail, diversi incontri e colloqui telefonici al fine di ottenere il maggior numero d’informazioni possibile ed evitare eccessivi approssimazioni. La raccolta dati è risultata quasi sempre difficoltosa a causa della mancanza di un monitoraggio integrato dei consumi e una mancanza di informazioni sull’effettiva reperibilità delle informazioni utili.

Tabella 2 Dettaglio dei dati forniti dalle varie strutture del Politecnico e dalle società esterne

| Dati forniti dalle strutture del Politecnico di Milano e dalle società esterne | Struttura e società esterne |
|--|--|
| Consumi elettrici (periodo di riferimento 2007-2011) | AGIS; ENEL; GALA Energia |
| Consumi di metano e gasolio per riscaldamento (periodo di riferimento 2005-2011) | ATE; società SIRAM |
| Sondaggio mobilità casa – università (periodo di riferimento 2010) | Mobility management d'Ateneo |
| Missioni dell'Amministrazione centrale (periodo di riferimento 2009-2011) | Area risorse umane |
| Missioni del dipartimento DIIAR (periodo di riferimento 2008-2011) | Amministrazione DIIAR |
| Spesa totale dei combustibili utilizzati dalle vetture di proprietà dell'Ateneo (periodo di riferimento 2008-2011) | Servizio Gare e Acquisti Servizi e Forniture |
| Numero di studenti "Erasmus" e loro università di destinazione (periodo di riferimento 2011/12) | Uffici Studesk |
| Numero di studenti, staff tecnico e accademico del Campus Città Studi | Direzione generale - servizio studi |
| Superficie calpestabile del Campus Città Studi | Area tecnico edilizia |
| Potenza delle caldaie | Agis; Cpl Concordia |

La stima delle emissioni si basa principalmente su dati di dettaglio; in mancanza di dati dettagliati, sono stati utilizzati dati fortemente correlati al dato di attività cercato (es. nel caso del riscaldamento la potenza delle caldaie) o elaborazione dei dati derivanti dai sondaggi su un campione limitato dei dati necessari.

Dopo aver identificato i dati di attività, che nel caso delle attività energetiche consistono nei consumi di elettricità e di calore, è stata svolta una ricerca in letteratura dei fattori di emissione necessari, per ogni sorgente emissiva, per stimare le emissioni.

Nel caso dei trasporti sono stati elaborati i dati di un censimento effettuato nel 2010 dal Mobility Management dell'Ateneo (Pucci, 2010). Questo ha permesso di quantificare gli spostamenti del personale docente, dei ricercatori, del personale amministrativo e degli studenti.

Per le missioni del personale docente, è stata effettuata un'analisi campionaria presso un Dipartimento, il DIIAR, e i dati complessivi sono stati ottenuti per estrapolazione sulla base della dimensione del personale strutturato (comprensivo di tutti i docenti e ricercatori).

Nella tabella 3 sono riportati i dati reperiti nella letteratura scientifica, necessari per la stima delle emissioni totali del Campus.

Tabella 3 Riassunto dei dati di letteratura utilizzati per la stima dell'emissione del Campus.

| Dati di letteratura utilizzati per la stima dell'emissione |
|--|
| Fattore di emissione nazionale di elettricità da produzione termoelettrica (ISPRA, 2010) |
| Fattori di emissione combustibili e rispettivi poteri calorifici inferiori (ENEA, 2010 - ISPRA, 2010) |
| Fattori di emissione medi di treno, tram/filobus, metropolitana (AdT e FS, 2005) |
| Fattori di emissione medi aereo (DEFRA, 2010) |
| Fattori di emissione medi automobile, moto e autobus (ARPA LOMBARDIA, 2008) |
| Coefficienti di occupazione medi dei mezzi di trasporto (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2010-2011) |
| Percentuale di maggiorazione tratte chilometriche di treni, per la stima dei percorsi, che si discostano dalla linea d'aria (IFEU, 2010) |
| Fattori di emissione elettricità internazionali (IEA, 2011) |
| Costo medio dei combustibili: benzina, gasolio, gpl, metano (Ministero dello Sviluppo Economico) |
| Fabbisogno termico medio di un edificio (DGR VIII 8745) |
| Profili emissivi in Lombardia (ARPA LOMBARDIA, 2008) |
| Densità gasolio, metano, benzina, GPL (UNI EN 590; 1999/100/CE) |
| Coefficiente medio nazionale dell'automobile (AMAT, 2009) |
| Coefficiente di occupazione di punta metro e tram (ATM, 2011) |
| Percentuale di maggiorazione tratte chilometriche aerei, per la stima dei percorsi, che si discostano dalla linea d'aria (EEA, 2009) |

La stima dei dati di attività e la scelta di appositi fattori di emissione hanno permesso di stimare non solo l'emissione totale del Politecnico di Milano – campus “Città Studi”, ma anche di individuare i settori che forniscono il maggior contributo delle emissioni.

Le emissioni totali di CO₂ del campus “Città Studi” risultano pari a 21.544 tCO₂/anno per l'anno 2011, con un valore procapite di 1 tCO₂/persona. Come mostrato in Figura 1, le categorie con la maggiore percentuale di emissione sono quelle relative ai consumi elettrici (47%), agli spostamenti motorizzati di accesso al Campus (29%) e al riscaldamento (15%).

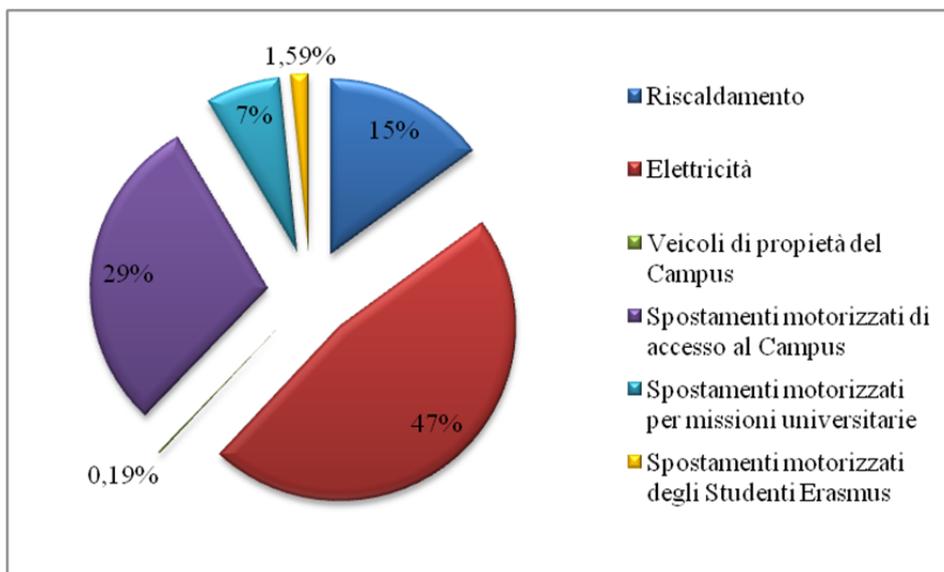


Figura 1 Ripartizione delle emissioni totali del Campus Città Studi nelle categorie analizzate

Per quanto riguarda il riscaldamento, il 97% dell'emissione deriva dall'utilizzo di gas naturale nelle centrali, mentre il 3% deriva dall'uso del gasolio. Si tratta di un dato costante negli ultimi 6 anni.

Le emissioni degli spostamenti motorizzati di accesso al Campus (6.354 tCO₂/anno) derivano per il 78% dal contributo degli studenti e per il 22% dai docenti, ricercatori e personale tecnico-amministrativo.

E' inoltre interessante notare la ripartizione delle emissioni secondo il mezzo di trasporto utilizzato.

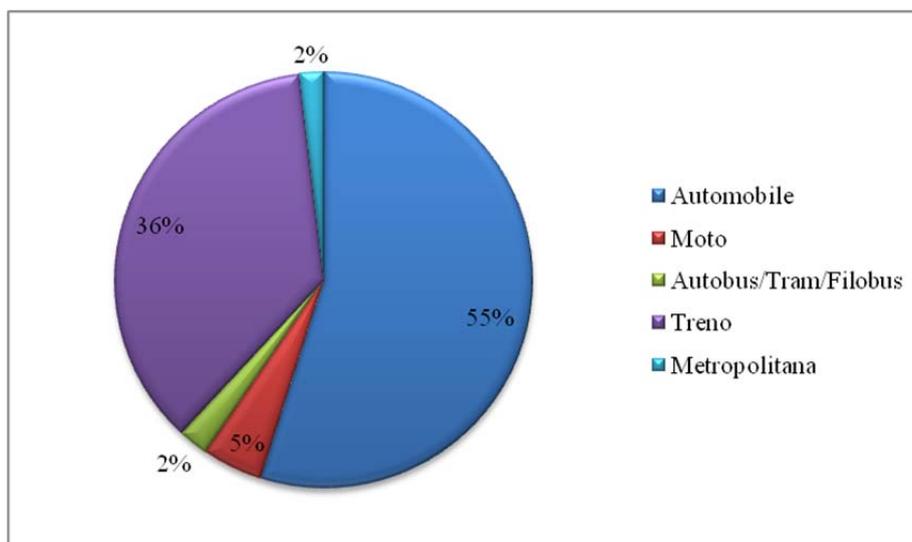


Figura 2 Emissioni di CO₂ da spostamenti motorizzati di accesso al Campus suddivise per mezzo di trasporto

Il maggiore contributo delle emissioni deriva principalmente dall'utilizzo dell'automobile e del treno. Sebbene il treno risulti essere il mezzo più utilizzato, le automobili, avendo fattori di emissione nettamente superiori e un coefficiente di carico molto basso hanno l'impatto ambientale più elevato.

Le stime di emissioni di CO₂ non devono essere considerate stime puntuali, ma è importante valutare un intervallo d'incertezza.

La stima dell'incertezza di un'emissione derivante da una sorgente è principalmente una combinazione delle incertezze associate ai fattori di emissione e ai dati di attività, ma ci sono incertezze, più limitate, relative ai parametri di trasformazione come poteri calorifici, densità e, per quanto riguarda il settore dei trasporti, dei coefficienti di occupazione dei veicoli.

Per stimare l'incertezza associata alla stima delle emissioni di CO₂ del Campus Città Studi si è fatto riferimento al manuale dell'IPCC relativo alla stima dell'incertezza degli inventari di GHG "Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories" (IPCC, 2000).

Il metodo utilizzato è basato su un approccio semiquantitativo, in cui vengono definiti dei valori percentuali di incertezza per ogni fattore di emissione e di attività, facendo riferimento alla tipologia dei dati presi in esame e a una ricerca bibliografica di casi universitari, dell'inventario di emissione nazionale (ISPRA, 2011) e alle metodologie proposte in un "workshop on uncertainties in greenhouse gas inventories" (EEA, 2005).

Una volta determinate queste incertezze, per stimare quella attribuita all'emissione della singola sorgente e dell'emissione totale del Campus, è stata utilizzata la teoria della propagazione dell'errore. I risultati sono mostrati in Figura 3, in cui per ogni categoria emissiva è indicato l'intervallo di confidenza al 95% legato all'incertezza delle stime.

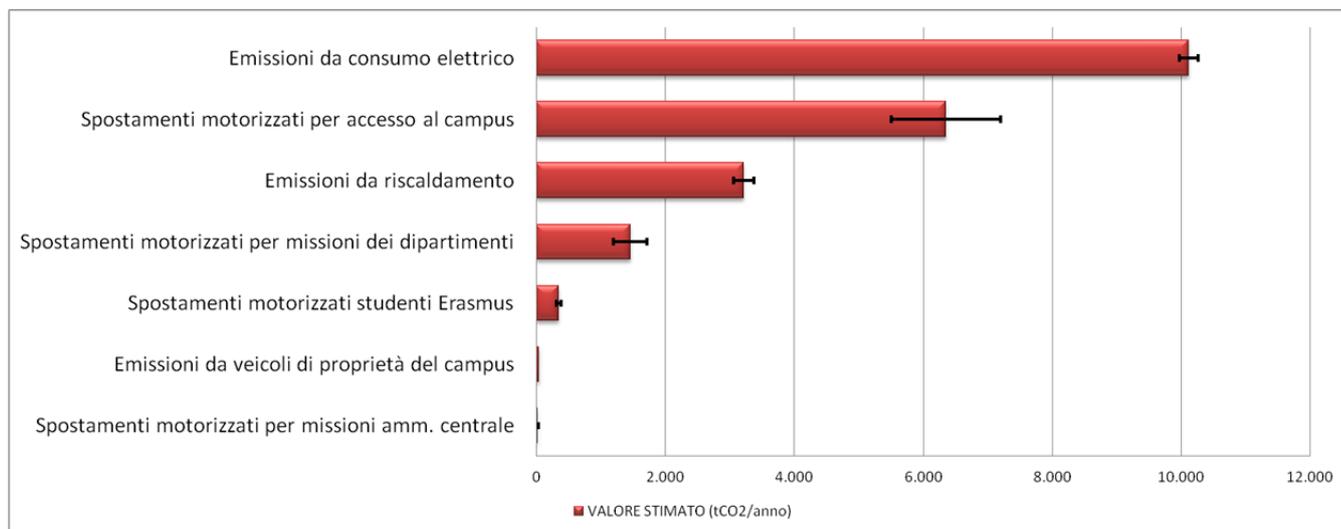


Figura 3 Emissioni di CO₂ nel Campus e intervallo di confidenza al 95%

Le categorie che presentano una maggiore incertezza sono quelle legate a campionamenti, che si riferiscono soprattutto al settore dei trasporti, in particolare agli spostamenti motorizzati per accesso al Campus.

Le incertezze dei vari settori danno origine a un'incertezza dell'emissione totale del Campus pari a al 4%. Questo valore risulta basso, nonostante siano presenti alcune categorie con elevata incertezza, poiché i settori che contribuiscono maggiormente all'emissione totale (ad esempio l'elettricità) hanno valori di attività e di emissione meno incerti. L'intervallo di confidenza al 95% dell'emissione totale risulta quindi pari a 20.632 - 22.456 tCO₂/anno.

Confrontando le emissioni pro-capite e per unità di superficie da consumi elettrici e da riscaldamento degli edifici del campus "Città Studi" con quelle di atenei stranieri e italiani, è

possibile notare che le emissioni del Campus si posizionano su un livello medio - alto nel panorama italiano, ma sono inferiori a quelle europee e nettamente inferiori a quelle extra-europee. I dati utilizzati per il confronto sono stati raccolti da informazioni inviate dagli Energy Manager degli atenei e da fonti bibliografiche. Essi sono stati sottoposti a un'analisi statistica per studiarne l'andamento e verificare la presenza di eventuali outlier.

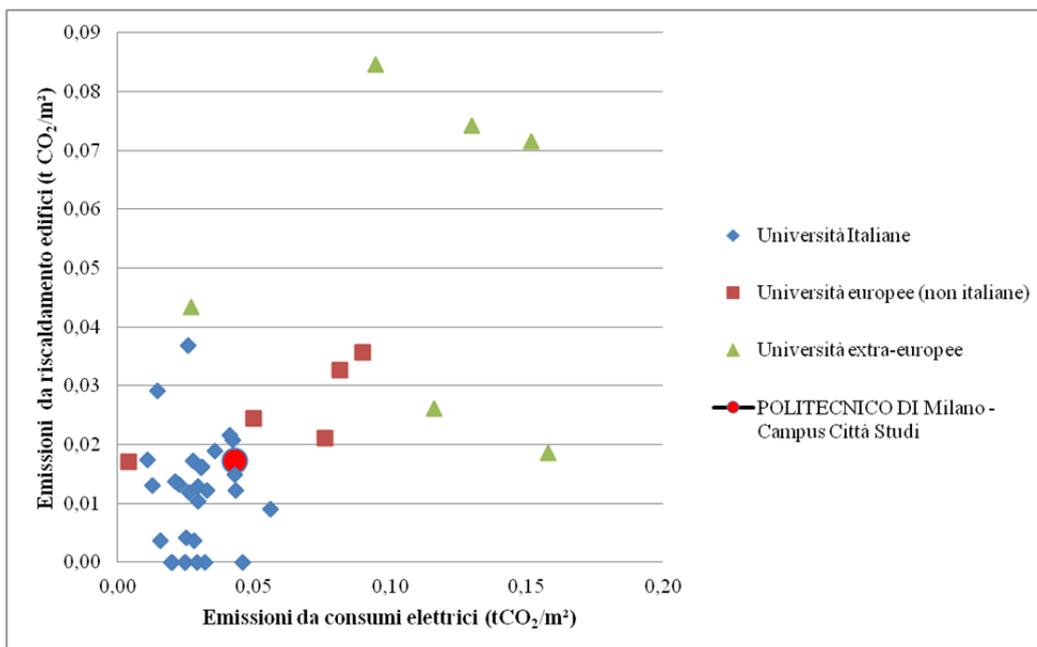


Figura 4 Confronto delle emissioni da consumo elettrico e riscaldamento edifici (tCO_2/m^2)

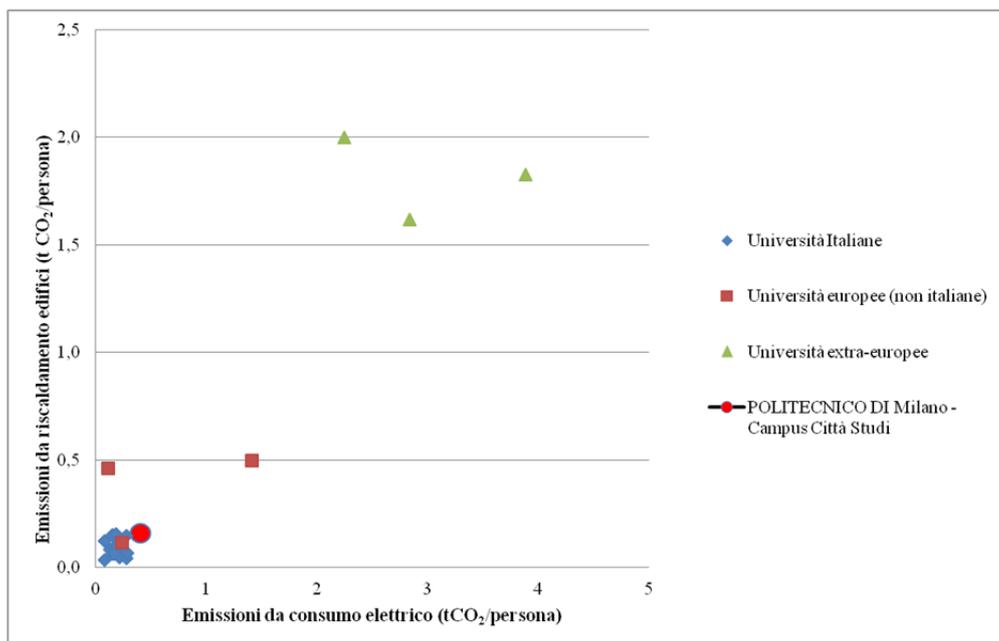


Figura 5 Confronto delle emissioni da consumo elettrico e riscaldamento edifici ($tCO_2/persona$)

Infine, è stata effettuata una prima valutazione delle possibili strategie per la riduzione dei consumi energetici e degli spostamenti motorizzati, e delle relative emissioni, attraverso interventi di

risparmio energetico, di efficienza energetica e di miglioramento gestionale, nonché di minimizzazione degli spostamenti motorizzati.

La scelta della strategia è derivata dal confronto con le strategie proposte in altre università a livello internazionale, da studi di dettaglio disponibili relativi al Politecnico e da future valutazioni specifiche sugli spostamenti di docenti e studenti del Campus.

Le principali azioni previste sono relative a:

- Risparmio energetico
- Illuminazione esterna
- Efficienza energetica e fonti rinnovabili
- Riduzione spostamenti

Molte tipologie d'intervento sono relative al risparmio energetico e al miglioramento dell'efficienza energetica del parco edifici del Campus e degli impianti termici presenti.

Sono state altresì previste misure per ridurre gli spostamenti aerei per le missioni, tramite l'utilizzo di videoconferenze e il maggior uso del treno. Per quanto riguarda gli spostamenti per l'accesso al Campus si è ipotizzato un'azione di sensibilizzazione per influire sui comportamenti delle persone che si recano quotidianamente al Campus, docenti, ricercatori, personale tecnico-amministrativo e studenti, al fine di diminuire l'utilizzo dell'automobile.

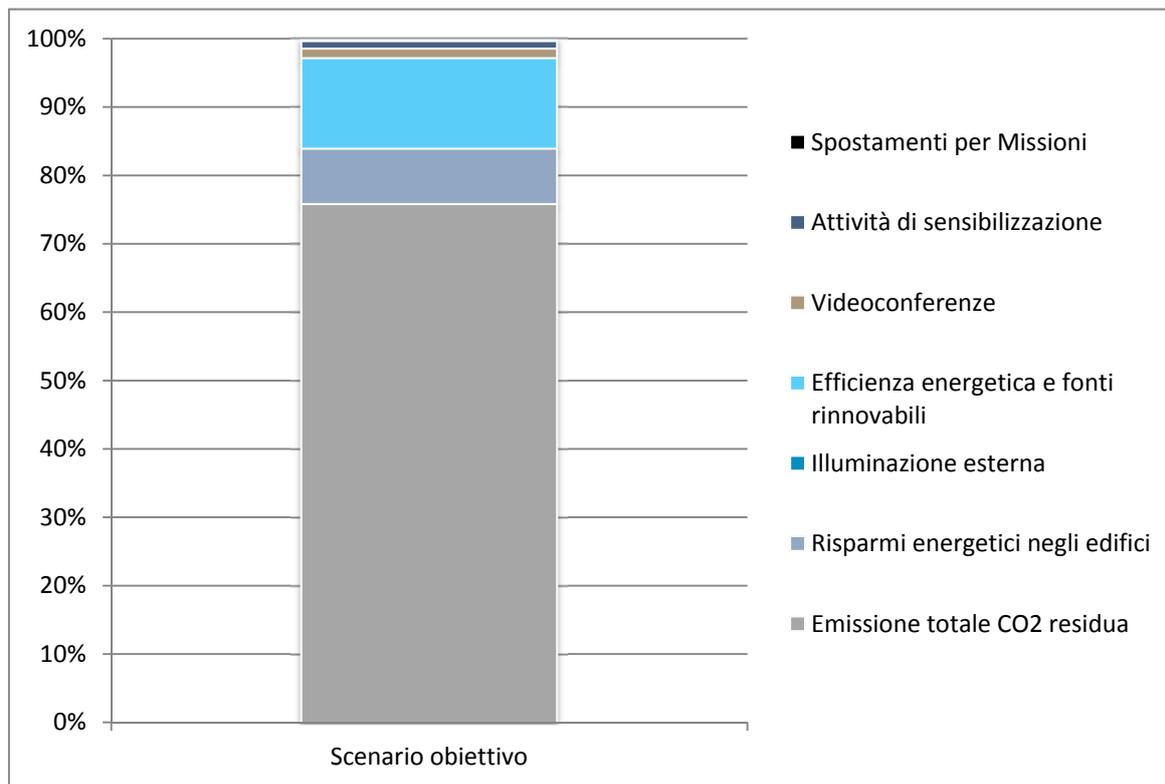


Figura 6 Strategie di riduzione dell'emissione totale

Come è possibile notare dalla figura 6, si è stimato che le misure identificate siano in grado di ridurre del 24% le emissioni del Campus stimate per l'anno 2011. I soli interventi destinati alla efficienza energetica e alle fonti rinnovabili permettono di diminuire del 13% l'emissione stimata per l'anno 2011.

Nel complesso le misure nel settore dei trasporti comporterebbero un risparmio del 3% delle emissioni del 2011, corrispondenti al 12% del totale delle riduzioni previste.

La riduzione stimata è quindi superiore all'obiettivo di riduzione delle emissioni del 20% identificato da molte università con riferimento all'anno 2020.

Per raggiungere maggiori riduzione delle emissioni del Campus, dovrebbero essere introdotte nell'analisi nuove categorie emmissive, quali ad esempio le emissioni di Scopo 3, derivanti dal ciclo di vita dei beni e servizi acquistati dall'università e dallo smaltimento dei rifiuti.

La possibilità di misurare con facilità i consumi elettrici, che rappresentano la maggiore fonte (seppur indiretta) di emissioni di CO₂ del Campus, permetterà di monitorare con buona precisione il raggiungimento di obiettivi di riduzione posti a diversi orizzonti temporali.