

Febbraio 2019
Senato Accademico

**“Proposta di Piano di Mitigazione e di
obiettivi di riduzione delle emissioni di CO₂
del Politecnico di Milano”**

Direzione Generale
Servizio Sostenibilità di Ateneo



POLITECNICO
MILANO 1863

PIANO DI MITIGAZIONE DELLE EMISSIONI DI CO₂ DEL POLITECNICO DI MILANO

Versione: n. 4/2019, 11febbraio 2019

Autore: Stefano Caserini

Contributi: Paola Baglione, Paolo Beria, Maurizio Delfanti, Ennio Macchi, Eleonora Perotto, Samuel Tolentino.



INDICE

SOMMARIO BREVE

1. INTRODUZIONE

2. ASPETTI METODOLOGICI NELLA DEFINIZIONE DEGLI IMPEGNI

- 2.1 Anno di riferimento
- 2.2 Orizzonte temporale
- 2.3 Gas serra considerati
- 2.4 Attività considerate
- 2.5 Tipo di impegno
 - 2.5.1 *Obiettivi annuali - emissioni cumulate*
 - 2.5.2 *Obiettivi assoluti o relativi*

3. ASPETTI METODOLOGICI NELLA STIMA DELLE EMISSIONI

- 3.1 Inventario delle emissioni
- 3.2 Fonti di dati per la definizione degli impegni settoriali
- 3.3 Fattori di emissione per la stima delle emissioni evitate di CO₂ da produzione di energia rinnovabile o da cogenerazione
- 3.4 Fattori di emissione per la stima delle emissioni evitate di CO₂ da riduzione dei consumi elettrici
- 3.5 Proiezione dei fattori di emissione per la stima delle emissioni evitate di CO₂ da produzione di energia rinnovabile e da riduzione dei consumi elettrici
- 3.6 Proiezione dei fattori di emissione di CO₂ degli autoveicoli
- 3.7 Altre tipologie di obiettivi del Piano di Mitigazione

4. STIMA DEL POTENZIALE DI RIDUZIONE DEGLI INTERVENTI

- 4.1 Ottimizzazione trigeneratore per la Sede di Milano Città Studi (plesso Leonardo-Bonardi- Bassini)
- 4.2 Trigeneratore per la Sede di Milano Bovisa (Campus via La Masa)
- 4.3 Apparecchi illuminanti
- 4.4 Produzione di energia fotovoltaica
- 4.5 Macchine frigorifere
- 4.6 Interventi su superfici opache e trasparenti degli edifici
- 4.7 Regolazione impianti
- 4.8 Mobilità sostenibile
- 4.9 Riduzione fattori di emissione dai consumi elettrici
- 4.10 Riduzione fattori di emissione autoveicoli
- 4.11 Altri interventi di riduzione delle emissioni
- 4.12 Strumenti di compensazione
- 4.13 Quadro riassuntivo

5. OBIETTIVI DI RIDUZIONE DELLE EMISSIONI

6. CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

7. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI



SOMMARIO BREVE

Il Piano di Mitigazione delle emissioni di CO₂ del Politecnico di Milano presenta il quadro metodologico per la definizione e successiva verifica degli impegni di riduzione delle emissioni di CO₂ dell'Ateneo, che costituisce la base conoscitiva necessaria per l'assunzione da parte degli organi d'Ateneo di formali impegni di contenimento delle emissioni climalteranti, come contributo del Politecnico di Milano allo sforzo globale di mitigazione dei cambiamenti climatici.

Nel presente documento viene illustrata una prima valutazione dell'effetto di riduzione delle emissioni di CO₂ dell'Ateneo derivante da dieci tipi di interventi nel settore dell'energia e dei trasporti.

Su questa base, il Piano propone un intervallo di impegni di riduzione delle emissioni di CO₂ dell'Ateneo, rispetto all'anno di riferimento 2015, negli anni 2025 (25%) e 2030 (35%) e fornisce una visione d'insieme sul contributo potenziale in questi orizzonti temporali degli interventi proposti.

1. INTRODUZIONE

La comunità scientifica ritiene inequivocabile l'attuale surriscaldamento del pianeta e considera elevata la probabilità che nei prossimi decenni il pianeta dovrà fronteggiare cambiamenti climatici, originati dalle attività umane, pericolosi per le persone e gli ecosistemi che abitano il pianeta. Per questo motivo, dopo l'approvazione delle Convenzione Quadro delle Nazioni Unite (UNFCCC, anno 1992) e del Protocollo di Kyoto (anno 1997), nel dicembre 2015 è stato approvato l'Accordo di Parigi, entrato in vigore l'anno successivo e ad oggi ratificato da più di 170 Paesi (la ratifica del Parlamento italiano è avvenuta con la Legge n. 204/2016).

Gli ambiziosi obiettivi dell'Accordo, limitare l'aumento delle temperature globali “*ben al di sotto di +2°C*” (rispetto al periodo pre-industriale), e fare sforzi per limitarlo a +1,5°C, richiedono azioni a tutti i livelli politico-amministrativi e da una pluralità di soggetti. Per questo motivo, parallelamente all'Accordo a livello nazionale sono stati sottoscritti impegni da soggetti sub-nazionali (Regioni, Comuni), nonché da “portatori di interessi” quali aziende, investitori e organizzazioni della società civile. Il portale “*Non-State Actor Zone for Climate Action*” (NAZCA) dell'UNFCCC ospita più di 12.000 impegni di questi soggetti, fra cui 13 impegni di Università in America, Canada e Australia (UNFCCC, 2018a).

Questi impegni sono volti a sostenere quelli definiti a livello nazionale nei “contributi nazionali volontari” dichiarati nell'ambito dell'Accordo di Parigi da 181 Stati, impegni che dovranno essere rivisti al rialzo nel 2020. L'Europa, dopo aver definito un primo impegno di riduzione del 40% delle emissioni nel 2030 (rispetto al 1990), si presta ad aumentarlo al 45-50%. In questo senso si colloca il voto del Parlamento Europeo, che ha chiesto un aumento al 55% (EP, 2018a), e la proposta della “2050 Long-term strategy” presentata dalla Commissione Europea nel novembre 2018, che prevede un obiettivo di emissioni nette di gas serra pari a zero nel 2050 (EC, 2018).

Numerose Università italiane hanno da tempo iniziato a lavorare sui temi della riduzione delle emissioni di CO₂. Come rilevato dall'indagine realizzata nel 2017 dal Gruppo di Lavoro Cambiamenti climatici (coordinato dal Politecnico di Milano) della RUS - Rete delle



Università per lo Sviluppo sostenibile, di cui il Politecnico di Milano è stato promotore della costituzione, due Atenei (Università degli Studi di Roma Tor Vergata e Università degli Studi di Roma Sapienza), su 52 a cui è stato inviato il questionario di indagine, hanno dichiarato di avere elaborato un Piano di riduzione delle emissioni, mentre in altri sei casi (Università degli Studi di Torino, Università di Bologna, Università di Genova, Università di Milano-Bicocca, Università di Trieste, Università Ca' Foscari Venezia) tale Piano risultava in fase di elaborazione. Quattro altre Università, pur non avendo redatto un Piano di mitigazione, hanno comunque intrapreso azioni di riduzione delle emissioni di gas serra (Università degli Studi di Brescia, Università degli studi di Macerata, Università degli Studi di Perugia, Università di Firenze), di cui in un caso anche con l'assunzione di obiettivi di riduzione (Università degli Studi di Perugia).

In questo contesto si colloca il presente documento, che costituisce un altro tassello dell'azione sul cambiamento climatico del Politecnico di Milano, da anni impegnato non solo in numerose azioni nel settore della ricerca e dello sviluppo tecnologico sui temi dell'adattamento e della mitigazione del cambiamento climatico, ma anche in attività mirate di sensibilizzazione e promozione della mobilità sostenibile (curate dal Servizio Sostenibilità di Ateneo), nonché in interventi di aumento dell'efficienza nella produzione e utilizzo dell'energia (messi in campo con il contributo della Commissione Energia - CE).

Scopo del presente Piano di mitigazione è quindi quello di fornire dapprima il quadro d'insieme delle azioni del Politecnico di Milano per la riduzione delle emissioni di gas climalteranti e successivamente di presentare gli impegni dell'Ateneo suggeriti per gli anni 2025 e 2030, nonché il possibile contributo al raggiungimento di questi obiettivi da parte di diversi interventi nei settori dell'energia, dell'edilizia e dei trasporti. Sono inoltre discussi alcuni aspetti metodologici la cui definizione è necessaria per l'impostazione degli obiettivi di riduzione e per la valutazione del potenziale delle singole misure. Tali aspetti sono stati oggetto di confronto con i componenti della Commissione Energia, in particolare con il Prof. Ennio Macchi e con il Prof. Maurizio Delfanti, Energy Manager d'Ateneo, e attuale coordinatore della Commissione, nonché con il Mobility manager di Ateneo, dott.ssa Eleonora Perotto, supportata dal laboratorio TRASPOL, ing. Samuel Tolentino e Prof. Paolo Beria.

Sono infine delineati i principali vantaggi e gli ostacoli all'implementazione delle singole azioni, con una preliminare valutazione dell'entità dello sforzo economico necessario.

Si precisa che la progettazione e la realizzazione degli interventi comportano valutazioni accurate dei dettagli tecnici ed economici, iter burocratici complessi e richiedono una precisa definizione dei progetti, sulla base di dati di dettaglio, non oggetto di questo documento, che costituisce tuttavia la necessaria cornice strategica.

2. ASPETTI METODOLOGICI NELLA DEFINIZIONE DEGLI IMPEGNI

2.1 Anno di riferimento

Il piano di Mitigazione assume come anno di riferimento l'anno 2015, in quanto è il primo anno in cui è disponibile un inventario completo di dati di emissione per tutte le Sedi dell'Ateneo. Pur se è stato realizzato anche un inventario delle emissioni per l'anno 2014, il 2015 è caratterizzato da una maggiore completezza e affidabilità dei dati per tutte le Sedi.

2.2 Orizzonte temporale

Gli orizzonti temporali considerati per gli impegni di riduzione del Piano di Mitigazione sono gli anni 2025 e 2030. Sono in seguito stimate anche le riduzioni previste per l'anno 2020, pur se per questo anno non sono previsti formali impegni di riduzione, vista la sua vicinanza con il momento dell'approvazione del Piano stesso.

Vista la recente proposta della Commissione Europea (EC, 2018), e in analogia a quanto fatto da numerosi Stati, Regioni, aziende e organizzazioni della società civile, si ritiene opportuno valutare in futuro la possibilità di definire un impegno strategico a lungo termine (ad esempio per l'anno 2045 o 2050) di completa decarbonizzazione dell'Ateneo.

2.3 Gas serra considerati

Il Piano di Mitigazione considera le sole emissioni di biossido di carbonio (CO₂), stimate annualmente dall'inventario delle emissioni d'Ateneo, in quanto largamente prevalenti sulle emissioni degli altri inquinanti climalteranti solitamente considerati (CH₄, N₂O, F-gas); inoltre, le emissioni di CO₂ sono strutturalmente legate ai consumi energetici e ai trasporti, su cui più direttamente possono incidere le azioni dell'Ateneo.

2.4 Attività considerate

Le attività oggetto del Piano di Mitigazione, e degli obiettivi di riduzione, sono quelle considerate nell'inventario delle emissioni di CO₂ dell'Ateneo:

- consumi elettrici;
- consumi di gas (ad esclusione dei consumi per produzione di energia elettrica usata all'esterno);
- consumi di energia da reti esterne di teleriscaldamento e teleraffrescamento;
- trasporti per missioni del personale; per l'accesso alle Sedi da parte della popolazione politecnica (studenti, docenti e personale tecnico amministrativo, dottorandi, assegnisti...); trasposti per "mobilità all'estero" degli studenti (ad es. Erasmus);
- consumi di carburante dei veicoli di proprietà del Politecnico.

Sono considerate le emissioni di queste attività in tutte le Sedi dell'Ateneo (Milano Città Studi, Milano Bovisa, Lecco, Como, Mantova, Piacenza e Cremona).

2.5 Tipo di impegno

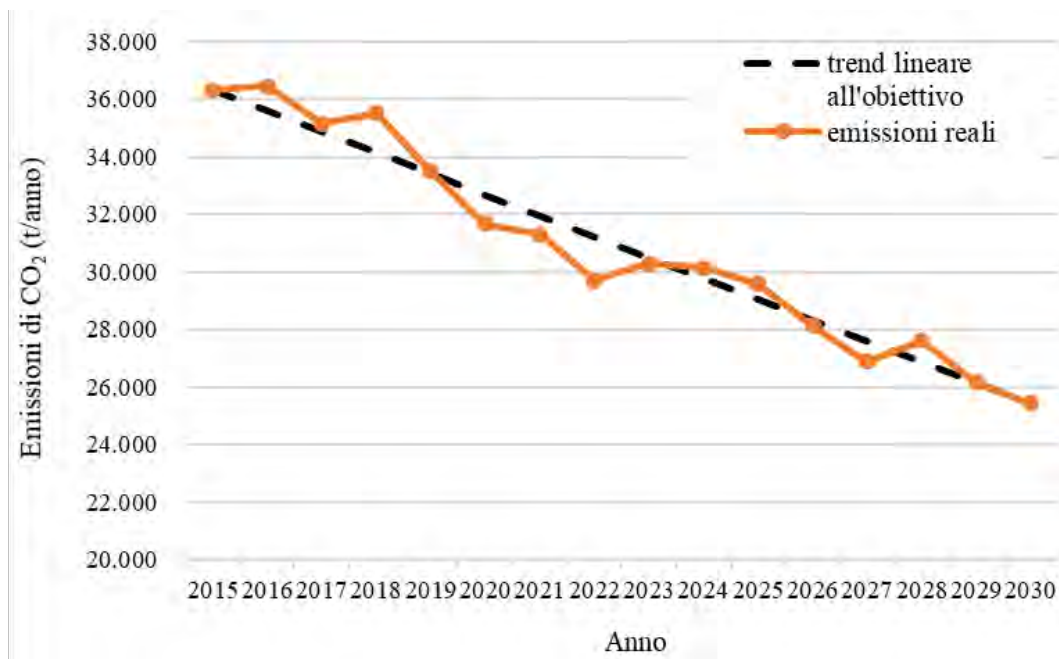
2.5.1 Obiettivi annuali - emissioni cumulate

Gli obiettivi di riduzione delle emissioni hanno come orizzonte temporale gli anni 2025 e 2030, ma ogni anno del periodo di impegno è considerato obiettivo intermedio in termini di totale delle emissioni assolute cumulate sottese ad una traiettoria che parte dal dato del 2015 e arriva al valore obiettivo al 2025 e al 2030 (un esempio è mostrato in **Figura 1**). Definendo quindi un obiettivo “a scalare” già per gli anni intermedi, ma valutato nel complesso negli anni 2025 e 2030, si definisce in sostanza un obiettivo sulle emissioni cumulate di CO₂ nei periodi 2015-2025 e 2025-2030.

I vantaggi di questo metodo sono:

- permette di considerare l'effetto della variabilità meteorologica, evitando le necessità di “destagionalizzare” i dati dei consumi energetici, di difficile realizzazione quando non sono note nel dettaglio le diverse componenti dei consumi stessi; ad esempio, la presenza di tri-generazione non permette di scorporare e stimare in modo univoco e preciso il peso delle emissioni da riscaldamento invernale e raffrescamento estivo;
- assegna obiettivi per tutti gli anni, evitando quindi di posticipare la verifica dei risultati alla data a cui è riferito l'obiettivo finale; un target solo sull'ultimo anno del periodo di impegno si presta alla critica che potrebbe non spingere ad assumere tempestivamente le azioni necessarie per rispettare il target finale;
- è di facile applicazione, perché permette di individuare target annuali in modo semplice e di aggiornare annualmente la valutazione della distanza dal target.

Figura 1. Esempio di traiettoria di emissioni di CO₂ in relazione al trend obiettivo.





2.5.2 Obiettivi assoluti o relativi

Considerare il valore assoluto delle emissioni di CO₂ cumulate sull'intero periodo di impegno è il metodo più semplice per definire un impegno di riduzione delle emissioni, ed è il più rappresentativo del contributo che il Politecnico fornisce al problema del riscaldamento globale; come mostrato nel Quinto Rapporto dell'IPCC, l'entità dell'aumento delle temperature globali è legata in modo sostanzialmente lineare al totale delle emissioni cumulate di CO₂.

Assumere impegni relativi, normalizzando le emissioni rispetto a qualche indicatore (ad es. il numero degli studenti), permette di valutare con maggiore precisione la tendenza delle emissioni legata all'effetto delle azioni intraprese, svincolandosi da altri fattori esterni non legati alle politiche di mitigazione (es. l'aumento del numero di studenti o delle volumetrie totali degli edifici). Pur se non rappresenta l'effettivo contributo che viene fornito al problema del riscaldamento globale, questo metodo meglio descrive l'efficacia delle azioni intraprese.

Sono utilizzabili diversi indicatori per tener conto dell'aumento delle dimensioni dell'Ateneo e delle sue attività: i consumi da riscaldamento e raffreddamento degli edifici possono essere normalizzati in relazione alle volumetrie riscaldate o raffreddate (o, in assenza del dato delle volumetrie, in relazione alla superficie di pavimento, pur se questo non è direttamente in relazione con il consumo). Le emissioni da trasporto dipendono invece dalla numerosità degli studenti o del personale docente e tecnico-amministrativo, mentre le emissioni del personale docente e tecnico amministrativo dalla numerosità degli stessi.

Pur se sono disponibili i dati sulla numerosità del personale docente e del personale tecnico-amministrativo, nonché di tutte le tipologie studenti attivi e dottorandi, permangono alcune incertezze nella stima per alcune categorie (ad es. docenti a contratto, collaboratori esterni).

Al fine di semplificare la definizione dell'obiettivo di riduzione, si considerano le emissioni normalizzate rispetto agli studenti attivi e regolari (laurea triennale, magistrale, ciclo unico, master, perfezionamento, specializzazione). Ciò equivale a considerare un obiettivo sulle emissioni pro-capite per studente.

La formula che può essere utilizzata per la normalizzazione delle emissioni dell'anno "x" è la seguente:

$$EN_x = E_x * (STUD_{2015} / STUD_x) \quad (1)$$

dove:

EN_x= emissione normalizzata nell'anno "x", da considerarsi ai fini del rispetto dell'obiettivo del Piano di Mitigazione;

E_x = emissione assoluta nell'anno "x", stimata dall'inventario emissioni;

STUD₂₀₁₅= Studenti attivi (LT+LM+CU+perfez+special+master) nell'anno 2015;

STUD_x= Studenti attivi (LT+LM+CU+perfez+special+master) nell'anno "x".



3. ASPETTI METODOLOGICI NELLA STIMA DELLE EMISSIONI

3.1 Inventario delle emissioni

Le emissioni di CO₂ da considerare ai fini dei target di riduzione sono stimate annualmente dall'inventario emissioni del Politecnico di Milano, gestito dal Servizio Sostenibilità di Ateneo. I dati sui consumi energetici, le percorrenze veicolari o le emissioni di CO₂ dell'Ateneo utilizzati come riferimento per la stima delle riduzioni delle emissioni esposte nei successivi capitoli sono contenute nel documento "Inventario delle emissioni di CO₂ del Politecnico di Milano nell'anno 2016" (Caserini S., Baglione P., 2018), che contiene i dati relativi agli inventari realizzati per gli anni 2014, 2015 e 2016, e i dettagli sulle metodologie di stima delle emissioni di CO₂.

3.2 Fonti di dati per la definizione degli impegni settoriali

Il Piano di Mitigazione è composto da un insieme di interventi settoriali, di cui viene definito il potenziale di riduzione delle emissioni di CO₂, sulla base di dati informazioni derivanti dalle seguenti fonti:

- Energy Manager d'Ateneo, Prof. Maurizio Delfanti;
- Commissione Energia, Prof. Ennio Macchi;
- gruppo di lavoro della Commissione Energia: ing. Filippo Bovera e ing. Pietro Iurilli, ing. Ramin Komaie;
- gruppo di lavoro ViviPoliMi: Prof. Michele Ugolini, Prof. Francesco Infussi, arch. Matteo Cervini, arch. Giuseppe Mondini;
- ABC - Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito: Prof. Bruno Daniotti;
- Area Tecnico Edilizia di Ateneo: ing. Fabio Innao, ing. Giacomo Lebini, ing. Loredano Finessi;
- Mobility Manager di Ateneo, dott.ssa Eleonora Perotto;
- Servizio Sostenibilità di Ateneo: arch. Paola Baglione, ing. Giada Messori;
- Laboratorio di Politica dei Trasporti TRASPOL, DASTU - Dipartimento Architettura e Studi Urbani: Prof. Paolo Beria, dott. Alberto Bertolin, ing. Samuel Tolentino.

Informazioni utili per l'impostazione del Piano di Mitigazione e la stima dell'effetto degli interventi sono inoltre derivate da circa 20 tesi di laurea, avviate di concerto con alcuni docenti del Politecnico coinvolti nel progetto "Stima delle emissioni di CO₂ di Ateneo" avviato nel 2015, che hanno analizzato interventi utili per la riduzione delle emissioni dirette e indirette di CO₂ in diversi settori (consumi elettrici, riscaldamento, trasporti, rifiuti). Le tesi più significative e direttamente utilizzate nelle valutazioni riportate in seguito sono mostrate nella seguente **Tabella 1**.



Tabella 1 Tesi di laurea considerate nel Piano di Mitigazione delle emissioni di CO₂ dell'Ateneo

Settore	Titolo	Relatore	Correlatore	Studente	A.A.
Risparmio energetico	Implementazione di un metodo multicriterio per l'analisi di sostenibilità. Definizione di un metodo di analisi per interventi edili e applicazione a due casi di studio, relativamente a una nuova costruzione e a una riqualificazione dell'esistente	Bruno Daniotti	Fulvio Re Cecconi	Sebastiano Maltese	2010/2011
Risparmio energetico	La valutazione degli interventi di riqualificazione energetica. Il caso di studio dell'edificio Nord del Politecnico di Milano	Bruno Daniotti		Serena Soffientini	2012/2013
Risparmio energetico	Environmental and economic sustainability : a life cycle approach. The case study of building 20 of Politecnico sustainable campus	Bruno Daniotti	Sonia Lupica Spagnolo, Daniela Pasini	Luigi Colzani, Daniela Rocconi	2015/2016
Risparmio energetico	Analysis of energy consumptions of Sustainable Campus The development of a decision support procedure to identify buildings' priorities	Bruno Daniotti	Eugenio Morello	Francesca Montefusco	2016/2017
Risparmio energetico	A decision support tool for the identification of sustainability-oriented intervention priority on the constructed assets : Politecnico di Milano Campus Leonardo case study	Bruno Daniotti	Sonia Lupica Spagnolo	Federico Comi	2016/2017
Risparmio energetico	Maintenance planning in the design phase proposal for a method : from product datasheets to LCC evaluation. Building 20 case study	Bruno Daniotti	Sonia Lupica Spagnolo	Federica Cova, Baruzzi Giulia	2016/2017
Risparmio energetico	Real-time information management for engaging end-users in building operation. ICT-based methods and tools for assessing building behaviours and providing end-users with control strategies	Bruno Daniotti	Ciribini, Angelo Camillo	Daniela Pasini	Ciclo di dottorato: 30
Risparmio energetico	Service life data gathering for maintenance planning	Bruno Daniotti		Silvia Goffi	2016/2017
Risparmio energetico	Riduzione delle emissioni di CO ₂ del Politecnico di Milano tramite interventi di riqualificazione degli apparecchi di illuminazione	Sonia Leva		Fabiana Satta	2015/2016
Aumento efficienza	Analisi dell'applicazione di impianti trigenerativi e riduzione delle emissioni di CO ₂ per i campus di Bovisa del Politecnico di Milano	Stefano Campanari		Alessia Gatto	2014/2015
Aumento efficienza	Sviluppo e applicazione di una procedura per la verifica dimensionale di generatori di calore esistenti	Federico Pedranzini		Alberto Colosi, Lorenzo Biraghi	2016/2017
Aumento efficienza	Riduzione delle emissioni di CO ₂ del Politecnico di Milano tramite interventi sulle macchine frigorifere	Luca Molinaroli		Mattia Costacurta, Andrea Di Marco	2016/2017
Aumento efficienza	Riduzione delle emissioni di CO ₂ del Politecnico di Milano tramite interventi di gestione e regolazione dell'illuminazione	Sonia Leva		Rungraja Armandi	2016/2017
Fonti rinnovabili	Solar district heating with seasonal storage and auxiliary gas-driven absorption heat pump	Marcello Aprile	Alice Denarie	Genny Bitella	2016/2017
Trasporti	In bici al politecnico. Benefici socio-ambientali e riduzione delle emissioni di CO ₂ passando alle due ruote.	Paolo Pileri	Stefano Caserini	Fabio Guerreschi	2016/2017
Trasporti	Study of commuters modal share and development of policies to enhance sustainable transportation modes: the study case of Politecnico di Milano	Paolo Beria		Diego Monroy Lancheros e Daniel Felipe Sáenz Lozano	2016/2017
Trasporti	Sistemi di premialità per incentivare la mobilità sostenibile. Applicazione alla comunità del Politecnico di Milano	Luca Studer	Prof. Maja	Gasmeroli Jacopo	2016/2017
Trasporti	Analisi dello stile di guida veicolare e delle emissioni di CO ₂	Gandomenico Caruso	Lorenzo Mussone	Alessandro Saffioti	2016/2017

3.3 Fattori di emissione per la stima delle emissioni evitate di CO₂ da produzione di energia rinnovabile o da cogenerazione

Mentre alcune emissioni sono emissioni “dirette” (chiamate Scope 1 nella metodologia “GHG Protocol”), altre emissioni sono di tipo indiretto, ossia derivano da consumi energetici (ad es. elettricità) che avvengono nell'Ateneo. Un caso particolare da approfondire riguarda l'autoproduzione di energia elettrica all'interno dell'Ateneo. In questi casi è necessario definire il valore del fattore di emissione dell'energia elettrica “evitata”, ossia la quantità di CO₂ che si risparmia per ogni kWh di energia elettrica prodotta in loco.

Seguendo l'approccio metodologico utilizzato nella redazione dell'inventario per la stima delle emissioni di CO₂ relativa all'energia evitata, prodotta da parte del trigeneratore ed erogata alla rete elettrica esterna, per la stima di tali riduzioni di emissioni di CO₂ conseguenti ad un risparmio di energia elettrica, si considera che, poiché tutte le energie rinnovabili e i sistemi in cogenerazione godono di priorità di dispacciamento, una riduzione dei consumi evita la generazione di energia da parte del parco termoelettrico italiano che utilizza combustibili fossili in assetto non cogenerativo. In questo caso, il fattore di emissione da usare per la stima delle emissioni “evitate” di CO₂ può essere ricavato nel documento “*Fattori di emissione per la produzione e il consumo di energia elettrica in Italia*”, annualmente edito da ISPRA (ISPRA, 2018), ed è ad esempio pari a 621 e 580 gCO₂/kWh rispettivamente negli anni 2015 e 2016.

Questa scelta, precedentemente discussa nel documento “*Proposta di Piano di Mitigazione delle emissioni di CO₂ del Politecnico di Milano*” (Caserini e Baglione, 2016), considera che



effettivamente nel sistema elettrico italiano le unità di produzione alimentate da fonti rinnovabili, sia programmabili che non programmabili, hanno diritto alla priorità di dispacciamento (ma solo a parità di prezzo d'offerta e compatibilmente con la sicurezza del sistema elettrico) come previsto dalle Direttive europee.

Va notato che, con questa metodologia, una produzione 1 kWh di energia elettrica ha un effetto di riduzione delle emissioni di CO₂ superiore alle emissioni conteggiate per il consumo dello stesso kWh prelevato dalla rete. Questo potrebbe sembrare incongruente, in quanto ad esempio se le riduzioni dei consumi elettrici fossero molto consistenti, le riduzioni delle emissioni di CO₂ sarebbero superiori alle emissioni attribuite a tutti i consumi elettrici. In realtà, è il funzionamento del sistema elettrico a fare sì che la generazione di nuova potenza porta allo "spegnimento" di un mix di fonti a maggiore intensità carbonica di quello medio di tutti i consumi elettrici, fino a quando la potenza erogata con impianti tradizionali sia rilevante. In altre parole, questo approccio metodologico non può valere nel caso in cui le riduzioni dei consumi riescano ad influire sulle priorità di dispacciamento, ad esempio quando si otterrà un preponderante soddisfacimento della richiesta di consumi elettrici tramite fonti rinnovabili. Si ritiene che questo non possa avvenire per un numero rilevante di ore l'anno prima del 2030.

In conclusione, a fini nel Piano di Mitigazione si considera che la generazione di nuova energia elettrica da parte del trigeneratore o di fonti di energia rinnovabile permetta di evitare una quantità di CO₂ che è stimata dal prodotto fra la quantità di energia immessa in rete e il fattore di emissione medio nazionale da produzione termoelettrica fossile in assetto non cogenerativo.

Un cambiamento del quadro legislativo, con una modifica delle regole sulla priorità di dispacciamento, porterebbe a valutare la necessità di rivedere questa scelta.

3.4 Fattori di emissione per la stima delle emissioni evitate di CO₂ da riduzione dei consumi elettrici

Ai fini della stima delle riduzioni di CO₂ conseguenti ad una riduzione dei consumi elettrici, per mantenere la congruenza con l'inventario delle emissioni di CO₂ dell'Ateneo si considera invece il fattore di emissione medio dai consumi elettrici nazionale, utilizzato per la stima delle emissioni di CO₂ da consumi elettrici dell'Ateneo.

Questo dato è desumibile sempre dalla pubblicazione *"Fattori di emissione per la produzione e il consumo di energia elettrica in Italia"*, annualmente edita da ISPRA (ISPRA, 2018), considerando un valore medio delle perdite di rete pari al 4,3%, stimato come media (pesata sulla base dei consumi dell'Ateneo registrati nell'anno 2015) delle perdite per bassa tensione (10,4%) e media tensione (3,8%) stimate dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas (AEEG, 2017). Ad esempio, i valori dei fattori di emissione per gli anni 2015 e 2016 è pari a 368 e 355 gCO₂/kWh (Caserini e Baglione, 2018).

Con questa metodologia, l'effetto della riduzione dei consumi in termini di emissioni evitate si riduce tanto più aumenta la penetrazione delle fonti rinnovabili nel mix elettrico nazionale.

3.5 Proiezione dei fattori di emissione per la stima delle emissioni evitate di CO₂ da produzione di energia rinnovabile e da riduzione dei consumi elettrici

Per stimare le riduzioni delle emissioni attese al 2025 e 2030, è necessario introdurre un'ipotesi sul fattore di emissione da consumi elettrici e da produzione elettrica fossile termoelettrica non cogenerativa che sarà presente in questi orizzonti temporali. Si è stimato quindi questo valore considerando una riduzione in linea con quanto previsto dalla Strategia Elettrica Nazionale (SEN) 2017 (MISE-MATTM, 2017), che ha definito due scenari che prevedono il progressivo sviluppo delle energie rinnovabili e la progressiva riduzione dell'uso di carbone (**Figura 2**), in linea con gli impegni sottoscritti dall'Italia a livello europeo e internazionale. Si noti che lo "scenario SEN" è caratterizzato dalla rinuncia all'uso del carbone a partire dal 2025. Stimati i valori dei fattori di emissione al 2025 e al 2030 nei due scenari, sulla base dell'utilizzo di combustibili fossili previsto in quegli orizzonti temporali, si sono considerati ai fini del Piano di Mitigazione valori dei fattori di emissione intermedi (**Tabella 2**).

Figura 2: Scenari nazionali (SEN e BASE) di produzione di energia elettrica per fonte (dati in TWh).
Fonte: MISE-MATTM, 2017, fig. 9

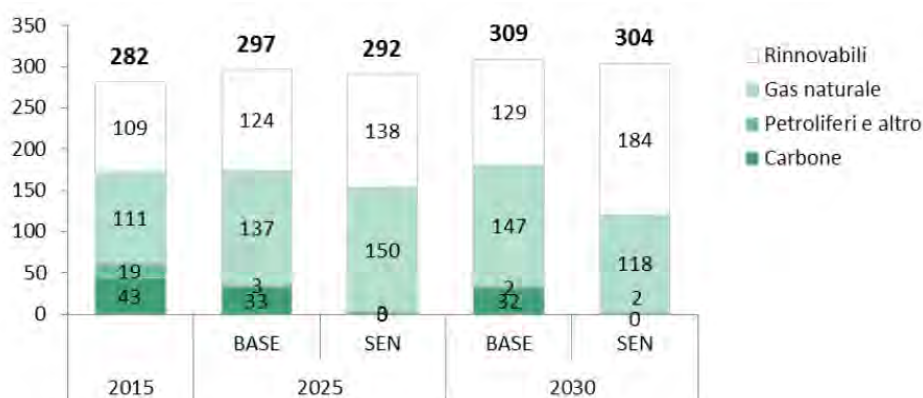


Tabella 2: Stima dei fattori di emissione medi da consumi elettrici e da produzione di energia elettrica negli scenari SEN 2017 e valori considerati nel Piano di Mitigazione (dati in gCO₂/kWh).

	FE consumi elettrici		FE termoelettrico non cogenerativo	
	2025	2030	2025	2030
SEN2017 scenario BASE	274	270	471	462
SEN2017 scenario SEN	194	145	398	397
Media	234	208	434	430
Scelta Piano di Mitigazione	250	200	450	430



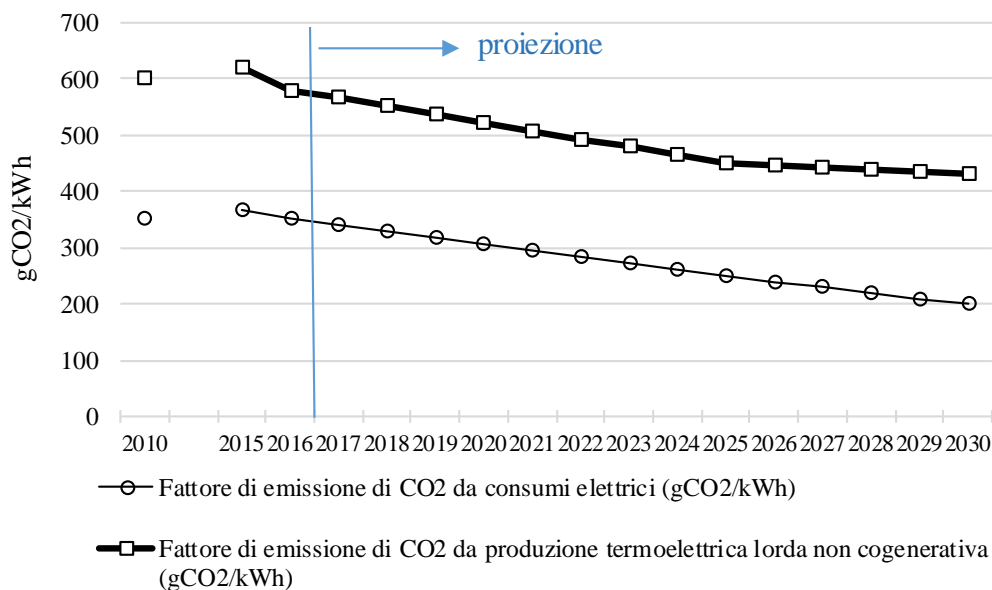
Definiti in questo modo i valori al 2025 e al 2030, i valori intermedi, da utilizzare ad esempio per l'anno 2020, sono stati stimati con una semplice interpolazione lineare, come mostrato in **Tabella 3** e **Figura 3**.

Il fattore di emissione dei consumi elettrici, utilizzato per valutare l'effetto di interventi di riduzione dei consumi, è stato pure definito considerando riduzioni in linea con gli scenari SEN2017.

Tabella 3: Fattore di emissione medi da consumi elettrici e da produzione di energia elettrica considerati nel Piano di Mitigazione (dati in gCO₂/kWh).

	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Fattore di emissione di CO ₂ da consumi elettrici (gCO ₂ /kWh)	352	368	352	341	329	318	307	295	284	273	261	250	240	230	220	210	200
Fattore di emissione di CO ₂ da produzione termoelettrica lorda non cogenerativa	602	621	580	566	551	537	522	508	493	479	464	450	446	442	438	434	430

Figura 3: Confronto fra i fattori di emissione medi da consumi elettrici e da produzione di energia elettrica considerati nel Piano di Mitigazione.



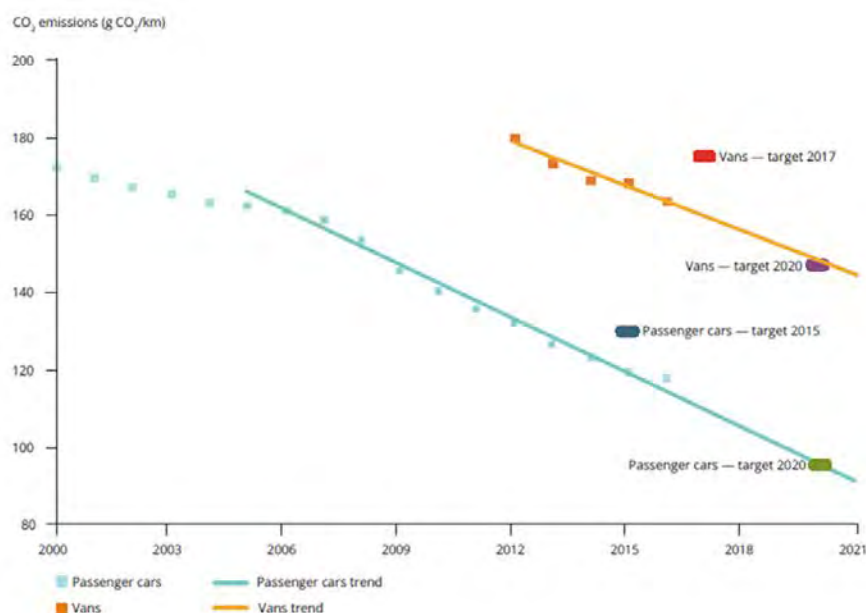
Se queste proiezioni sono utili per stimare nel presente documento i risparmi delle emissioni di CO₂ delle varie azioni; il valore dei fattori di emissione potrà essere aggiornato ogni anno sulla base dei valori disponibili di fonte Ispra relativi all'anno stesso.

3.6 Proiezione dei fattori di emissione di CO₂ degli autoveicoli

Analogamente a quanto fatto per i consumi elettrici, è necessario definire un valore dei fattori di emissione medi degli autoveicoli negli orizzonti temporali 2025 e 2030, al fine di determinare il reale effetto delle misure di riduzione dell'utilizzo degli autoveicoli.

Come si può notare nella **Figura 4**, il valore medio del fattore di emissione dei nuovi autoveicoli immatricolati si è ridotto progressivamente negli ultimi 10 anni, con una riduzione media annua pari circa al 2,5% annuo, e secondo l'Agenzia Europea per l'Ambiente è in linea per rispettare l'obiettivo europeo di riduzione delle emissioni dei nuovi autoveicoli immatricolati, pari a 95 gCO₂/km nel 2020 (EEA, 2017).

Figura 4: Andamento del fattore di emissione medio dei nuovi veicoli immatricolati nell'Unione Europea (Fonte: EEA, 2017).



Gli obiettivi dei fattori di emissioni di CO₂ approvati dal Consiglio d'Europa nell'ottobre 2018 prevedono una riduzione ulteriore dei fattori di emissione medi dei nuovi veicoli immatricolati pari al 15% (nel 2025) e 35% (nel 2030) rispetto ai livelli del 2021 (CdUE, 2018). Il Parlamento Europeo si è espresso per riduzioni più ambiziose (EP, 2018b), pari al 20% nel 2025 e 40% nel 2030 (sempre rispetto ai livelli del 2021).

La riduzione del fattore di emissione medio del parco circolante, ossia dei veicoli mediamente utilizzati per l'accesso alle Sedi e per le missioni del personale, è nettamente inferiore, sia per la lentezza del rinnovo della flotta circolante, sia a causa dell'incremento delle emissioni nei cicli reali di guida rispetto ai cicli di omologazione considerati per la valutazione dei fattori di emissione dei nuovi veicoli.

A titolo di esempio, nel periodo 2000-2013 la riduzione del valore medio del fattore di emissione del parco circolante è stato pari al 12% (EEA, 2015), mentre quello dei nuovi veicoli immatricolati è stato pari al 27%.

Considerando un analogo scarto fra le emissioni medie dei nuovi veicoli immatricolati e quelle del parco medio circolante, e considerando i valori al 2025 e 2030 approvati dal



Consiglio d'Europa, si può stimare che la riduzione del fattore di emissione previsto per i nuovi veicoli, pari al 34% nel 2020 e 50% nel 2030 rispetto ai livelli del 2015, si rifletta in riduzioni reali pari circa al 15% nel 2025 e 22% nel 2030. Si tratta di ipotesi che andranno meglio precisate sulla base di dati reali relativi al parco circolante italiano.

La stima dei fattori di emissione medi del parco autoveicolare circolante nel 2020, 2025 e 2030 è riportata in **Tabella 4**.

Tabella 4: Evoluzione dei fattori di emissione medi dei nuovi veicoli immatricolati e del parco medio circolante considerati nel Piano di Mitigazione.

Anno	Nuovi veicoli immatricolati			Parco circolante medio		
	Fattore di emissione gCO ₂ /km	Riduzione rispetto al 2021 *	Riduzione rispetto al 2015	Fattore di emissione gCO ₂ /km	Ipotesi riduzione rispetto al 2015	Fattore di emissione gCO ₂ /km
2015	119,5			170		
2020	95		-21%		-3%	165
2021	92,6		-22%			
2025	78,7	-15%	-34%		-15%	145
2030	60,2	-35%	-50%		-22%	133

* decisione Consiglio dell'Unione Europea del 10/10/2018

3.7 Altre tipologie di obiettivi del Piano di Mitigazione

In alternativa all'impegno definito in termini di emissioni cumulate nel periodo, l'obiettivo potrebbe anche essere definito in termini di riduzione percentuale delle emissioni assolute dell'Ateneo, nell'anno finale, rispetto all'anno di riferimento.

Un'ulteriore alternativa sarebbe quella di definire l'obiettivo in termini di riduzione percentuale delle emissioni "normalizzate" al fine di non considerare le variazioni dovute alla variabilità delle condizioni meteorologiche. La normalizzazione in funzione delle condizioni meteorologiche consiste nel destagionalizzare i consumi termici e elettrici frigoriferi, tramite l'utilizzo di gradi-giorno per il riscaldamento e raffreddamento. Fattori contingenti, indipendenti dalle azioni dell'Ateneo, quali quelli meteorologici, possono infatti influire sulle emissioni di CO₂ stimate dall'inventario, aumentando o diminuendo la richiesta energetica termica invernale o la richiesta energetica per il raffrescamento estivo. Inoltre, la maggiore o minore produzione di energia rinnovabile (in parte anche questa legata a condizioni meteorologiche, ad esempio la maggiore o minore piovosità o ventosità che influenza la produzione di energia idroelettrica o eolica), o la variazione del mix utilizzato di combustibili fossili a livello nazionale, possono portare ad una riduzione dei fattori di emissione medi utilizzati per la stima delle emissioni indirette di CO₂ associate ai consumi elettrici.

Per questo motivo, se l'obiettivo è definito su un singolo anno, è utile scorporare dall'obiettivo di riduzione delle emissioni o i fattori che determinano fluttuazioni occasionali annue delle emissioni, non legati alle azioni intraprese.



Pur se definire un obiettivo in termini di emissioni cumulate evita la necessità della destagionalizzazione, questo approccio ha diverse difficoltà.

Per la destagionalizzazione dei consumi termici e elettrici frigoriferi è possibile utilizzare i gradi-giorno per il riscaldamento e raffreddamento, con la stima di un valore normalizzato dei consumi termici e dei consumi elettrici legati alla produzione di freddo, ottenuti riferendo il consumo effettivo annuo ad un valore standard di gradi giorno, medio di un periodo di riferimento o dell'anno di riferimento. La difficoltà di questo metodo è che i consumi legati al freddo non sono noti con precisione, in quanto tali dati sono di solito uniti ad altri consumi elettrici dell'Ateneo. Per cui considerando nella normalizzazione la migliore stima dei consumi delle macchine frigorifere, oppure gli interi consumi elettrici, si introduce un'inevitabile incertezza. Va considerato inoltre che i consumi delle macchine frigorifere sono circa il 10% dei consumi elettrici totali, mentre i consumi di apparecchiature e illuminazione dipendono in modo trascurabile dalle temperature estive.

Si ricorda che i gradi giorno invernali sono la somma delle sole differenze positive giornaliere tra 20°C e la temperatura media giornaliera dell'ambiente esterno, nell'anno di interesse; i gradi giorno estivi sono invece la somma delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura media giornaliera dell'ambiente esterno e 25°C, nell'anno di interesse. Al posto della temperatura media esterna, per la stima dei gradi giorno estivi potrebbe essere utilizzato un indice di temperatura percepita, comprendente l'effetto dell'umidità relativa, indicatore più adatto a valutare la sensazione di caldo e il relativo fabbisogno energetico. Pur se altre Sedi del Politecnico non sono ubicati a Milano, l'esiguità dei loro consumi termici (il 90% dei quali sono nelle Sedi di Milano) e le non elevate distanze geografiche tra le 5 Sedi territoriali (Como, Cremona, Lecco, Mantova, Piacenza) permette di considerare il valore delle temperature di Milano per la stima dei gradi giorno.

Per quanto riguarda i fattori di emissione dalla generazione elettrica, per attenuare l'effetto della variabilità annua delle condizioni meteorologiche o del mix di combustibili usato, si potrebbe utilizzare un fattore di emissione medio (per la stima delle emissioni indirette elettriche) ottenuto come media degli ultimi tre anni compreso l'anno di riferimento dell'inventario (es. 2014-2015-2016, per il 2016) Va precisato che la normalizzazione delle emissioni può essere effettuata se le emissioni oggetto della normalizzazione sono oggetto di una stima precisa o almeno congruente su base annua. Ad esempio, nel caso dei consumi elettrici se la ripartizione dei consumi totali nelle diverse categorie non considera coefficienti specifici su base annua, la normalizzazione porterebbe a risultati non corretti, in quanto la stima dei consumi elettrici annuali per la singola categoria del raffrescamento estivo non è influenzata dalle effettive condizioni meteorologiche.

Il valore dei gradi giorno invernali e estivi per Milano può essere stimato dalla media dei valori stimati sulla base delle temperature giornaliere misurate da ARPA Lombardia nelle stazioni di Milano Lambrate e Milano Via Juvara. A titolo di esempio, i valori dei gradi giorno nel 2014, 2015 e 2016 sono stati pari rispettivamente a 1844, 2091 e 2117.

È necessario inoltre valutare con attenzione, con analisi di dettaglio, l'effettiva capacità dei gradi giorno invernali ed estivi di rappresentare la variazione della richiesta energetica per il riscaldamento invernale o il raffrescamento estivo, tenendo conto altresì delle possibili variazioni nelle Sedi non milanesi.

Per i motivi suddetti si ritiene preferibile l'approccio basato sulla definizione di target di riduzione delle emissioni per tutti gli anni di una traiettoria di riduzione, riducendo



drasticamente in questo modo l'importanza della variabilità climatica sul raggiungimento di un target complessivo.

4. STIMA DEL POTENZIALE DI RIDUZIONE DEGLI INTERVENTI

Sono in seguito riportati i dati e le assunzioni alla base dei principali interventi considerati in grado di ridurre le emissioni di CO₂ dell'Ateneo.

Per ogni intervento è indicata la percentuale di implementazione possibile nei due orizzonti temporali indicati come riferimento, il 2025 e il 2030.

4.1 Ottimizzazione trigeneratore per la Sede di Milano Città Studi (plesso Leonardo-Bonardi- Bassini)

Il trigeneratore della Sede di Milano Città Studi è entrato in esercizio nell'ottobre 2015 e serve i Campus piazza Leonardo da Vinci 32, via Bassini e via Bonardi, di seguito denominato plesso Leonardo-Bonardi-Bassini. Il plesso indica l'insieme di più Campus alimentato attraverso un unico punto di consegna del vettore energetico.

I dati dei primi due anni di funzionamento sono stati considerati nell'inventario delle emissioni di CO₂ di Ateneo, e hanno permesso di conteggiare le emissioni effettive derivanti dal trigeneratore, scorporando dalle emissioni dirette della centrale di trigenerazione le emissioni derivanti dai consumi di gas legati alla produzione elettrica erogata all'esterno (si veda Caserini e Baglione, 2018).

I primi due anni di funzionamento hanno permesso altresì di definire un quadro del funzionamento a regime del trigeneratore, che si può ipotizzare essere avvenuto già nel 2018, stimando le relative riduzioni delle emissioni, come mostrato in **Tabella 5**.

Rispetto alla situazione degli anni 2015 e 2016, è previsto in futuro un'ottimizzazione del funzionamento della macchina, con una maggiore produzione elettrica.

Potrebbe essere inoltre considerato l'ampliamento della potenza termica erogata per soddisfare, tramite una tubazione in sottopasso di Via Golgi, il fabbisogno degli edifici 22, 24, 26, 27 (Campus Via Golgi 20 e Via Golgi 40), con la dismissione di caldaie a gas, pompe di calore o gruppi frigoriferi esistenti.

Da questa analisi si ritiene che l'ottimizzazione del funzionamento del trigeneratore nel plesso Leonardo-Bonardi-Bassini a regime (già dal 2018) permetta un consistente risparmio di emissioni di CO₂ rispetto alle emissioni nell'anno 2015. Tale vantaggio si riduce nettamente negli anni successivi per effetto della riduzione del fattore di emissione nazionale della produzione termoelettrica non cogenerativa, prevista per gli anni futuri e in particolare dal 2025, che riduce il vantaggio del trigeneratore rispetto alla generazione elettrica media nazionale. Le riduzioni delle emissioni previste negli anni 2025 e 2030 sono pari rispettivamente a 350 e 72 tCO₂/anno.



Tabella 5: Stima delle riduzioni delle emissioni di CO₂ dell'Ateneo dovute al funzionamento del trigeneratore di Milano Città Studi (plessso Leonardo-Bassini-Bonardi).

		u.m.	2015	2016	2017	2018	2020	2025	2030
Consumi di gas trigeneratore	a	Sm ³	625.546	1.700.157	2.484.927	2.990.205	3.328.293	3.328.293	3.328.293
Potere calorifico gas	b	kWh/Sm ³	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6
Consumi di gas trigeneratore	c = a·b	kWh	6.005.242	16.321.507	23.855.304	28.705.968	31.951.613	31.951.613	31.951.613
Energia termica da trigen. consumata da Polimi per riscaldamento	d	kWh	2.579.060	4.180.958	3.627.960	4.482.126	6.789.028	6.789.028	6.789.028
Energia termica da trigen. consumata da Polimi per assorbitore freddo	d'	kWh	-	560.532	1.009.990	2.510.690	1.415.667	1.415.667	1.415.667
Energia termica da trigeneratore totale consumata da Polimi	d''	kWh	2.579.060	4.741.490	4.637.950	6.992.816	8.204.695	8.204.695	8.204.695
Energia frigorifera trigeneratore consumata da Polimi	e	kWh	0	420.399	716.006	745.630	926.915	926.915	926.915
Energia elettrica totale prodotta dal trigeneratore	f	kWh	2.555.230	6.945.325	10.063.296	12.193.586	13.537.253	13.537.253	13.537.253
Energia elettrica trigeneratore consumata da Polimi	g	kWh	1.907.230	5.695.780	9.063.871	11.121.309	11.825.705	11.825.705	11.825.705
Energia elettrica trigeneratore ceduta all'esterno	h=f-g	kWh	648.000	1.249.545	999.425	1.072.277	1.711.548	1.711.548	1.711.548
Fattore di emissione gas naturale	i	t CO ₂ /MWh	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202
Emissione di CO₂ trigeneratore	m = c·i	t CO₂	1.213	3.297	4.819	5.799	6.454	6.454	6.454
Rendimento caldaia	n	kWhth/kWhp	0,925	0,925	0,925	0,925	0,925	0,925	0,925
Consumo evitato di gas naturale da prod termica trigeneratore	o = h / n	kWhth	2.788.173	4.519.955	3.922.119	4.845.542	7.339.490	7.339.490	7.339.490
Emissione di CO₂ evitata da prod termica trigeneratore	p = i·o/10³	t CO₂	563	913	792	979	1.483	1.483	1.483
Efficienza produz. energia frigorifera con macchine tradiz.	q	kWhfrigo/kWhel	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Consumo evitato di en. elett. da prod. frigorifera trigeneratore	r = e/q	kWh	-	168.160	286.402	298.252	370.766	370.766	370.766
FE evitato da produzione energia elettrica	s	g CO ₂ /KWhel	621	580	566	551	522	450	430
Emissione di CO₂ evitata da prod elettrica trigeneratore	t = (f+r)·s/10⁶	t CO₂	1.587	4.126	5.858	6.889	7.267	6.259	5.980
Emissione di CO₂ evitata netta	u = p + t - m	t CO₂	937	1.742	1.831	2.069	2.295	1.287	1.009
Maggiore emissione evitata rispetto al 2015		t CO₂		805	894	1.132	1.358	350	72



4.2 Trigeneratore per la Sede di Milano Bovisa (Campus via La Masa)

La costruzione di un impianto trigenerativo presso la Sede di Bovisa (Campus via La Masa) è stata approvata dagli organi di Ateneo (CDA dicembre 2017). La stima del potenziale di riduzione di CO₂ può quindi basarsi sui dati del progetto approvato, che prevede l'installazione di una macchina trigenerativa da 2 MW, del tutto simile a quella realizzata per la Sede di Milano Città Studi (Plesso Leonardo-Bassini-Bonardi)

Le stime delle riduzioni attese, già dal 2020, per l'entrata in funzione di questo trigeneratore sono del tutto simili a quelle del trigeneratore del plesso Leonardo-Bassini-Bonardi, illustrati al paragrafo precedente. Non essendo il trigeneratore attivo nel 2015, le riduzioni ottenute e da conteggiare completamente ai fini degli obiettivi del Piano di Mitigazione sono stimate sottraendo dal totale delle emissioni evitate per effetto del trigeneratore le emissioni dai consumi di gas (trigeneratore dal 2020, caldaie convenzionali nel 2015), come mostrato in **Tabella 6**.

Il costo di investimento stimato è pari a 3,5 M€ con un pay-back time stimato in 3,5 anni.

Tabella 6: Stima delle riduzioni delle emissioni di CO₂ dell'Ateneo dovute al funzionamento del trigeneratore di Milano Bovisa (Campus via La Masa).

		u.m.	2020	2025	2030
Consumi di gas (trigeneratore dal 2020, caldaie conv. nel 2015)	a	Sm ³	3.328.293	3.328.293	3.328.293
Potere calorifico gas	b	kWh/Sm ³	9,6	9,6	9,6
Consumi di gas (trigeneratore dal 2020, caldaie conv. nel 2015)	c = a·b	kWh	31.951.613	31.951.613	31.951.613
Energia termica da trigen. consumata da Polimi per riscaldamento	d	kWh	6.789.028	6.789.028	6.789.028
Energia termica da trigen. consumata da Polimi per assorbire freddo			1.415.667	1.415.667	1.415.667
Energia termica da trigeneratore totale consumata da Polimi			8.204.695	8.204.695	8.204.695
Energia frigorifera trigeneratore consumata da Polimi	e	kWh	926.915	926.915	926.915
Energia elettrica totale prodotta dal trigeneratore	f	kWh	13.537.253	13.537.253	13.537.253
Energia elettrica trigeneratore consumata da Polimi	g	kWh	11.825.705	11.825.705	11.825.705
Energia elettrica trigeneratore ceduta all'esterno	h=f-g	kWh	1.711.548	1.711.548	1.711.548
Fattore di emissione gas naturale	i	t CO ₂ /MWh	0,202	0,202	0,202
Emissione di CO₂ (trigen. dal 2020, caldaie conv. nel 2015)	m = c·i	t CO₂	6.454	6.454	6.454
Rendimento caldaia	n	kWhth/kWhp	0,925	0,90	0,90
Consumo evitato di gas naturale da prod termica trigeneratore	o = h / n	kWhth	7.339.490	7.543.365	7.543.365
Emissione di CO₂ evitata da prod termica trigeneratore	p = i·o/10³	t CO₂	1.483	1.524	1.524
Efficienza produz. energia frigorifera con macchine tradiz.	q	kWhfrigo/kWhel	2,5	2,5	2,5
Consumo evitato di en.elett. da prod. frigorifera trigeneratore	r = e/q	kWh	370.766	370.766	370.766
FE evitato da produzione energia elettrica	s	g CO ₂ /KWhel	522	450	430
Emissione di CO₂ evitata da prod elettrica trigeneratore	t = (f-r)·s/10⁶	t CO₂	7.267	6.259	5.980
Emissione di CO₂ evitata netta	u = p + t - m	t CO₂	2.295	1.328	1.050

4.3 Apparecchi illuminanti

L'intervento previsto è la sostituzione con apparecchi LED di tutta l'illuminazione degli spazi interni dell'Ateneo.

La stima del potenziale di riduzione si basa sull'ipotesi di riduzione medio del consumo di energia, per ogni apparecchio, pari a circa il 75% rispetto ai consumi medi degli apparecchi installati nel 2015.

Si prevede che questa sostituzione possa riguardare, entro il 2025, il 90% degli attuali apparecchi illuminanti di tutto l'Ateneo, e il 100% entro il 2030.



La stima del potenziale di riduzione delle emissioni può quindi essere effettuata a partire dagli attuali consumi di elettricità, come mostrato in **Tabella 7**.

Una valutazione precisa del peso degli apparecchi illuminanti sui consumi elettrici dell'Ateneo non è tuttora disponibile. Sulla base dei dati raccolti nell'ambito di studi di approfondimento realizzati nella tesi della studentessa Fabiana Satta, relatrice Prof.ssa Sonia Leva (Caserini e Baglione, 2016), e di valutazioni condotte dalla Commissione Energia, si ritiene che i consumi degli apparecchi illuminanti rappresentano circa il 15% dei consumi elettrici totali dell'Ateneo.

L'emissione di CO₂ legata ai consumi elettrici d'Ateneo è stimata per il 2015 pari a 14.840 tCO₂.

Ipotizzando una sostituzione omogenea nelle diverse classi di potenza degli apparecchi, si stima una riduzione pari a 2000 tCO₂ nel 2025 e 2200 tCO₂ nel 2030.

Tabella 7: Stima delle riduzioni delle emissioni di CO₂ dell'Ateneo dovute agli interventi sugli apparecchi illuminanti.

Emissioni di CO ₂ da consumi elettrici nel 2015	tCO ₂ /anno	14.840
Consumi elettrici nel 2015	kWh/anno	45.330.214
% consumi da illuminazione		15%
Consumi elettrici da illuminazione nel 2015	kWh/anno	6.799.532
% riduzione consumo apparecchi a led rispetto a media apparecchi installati		75%
% apparecchi sostituiti al 2020		10%
% apparecchi sostituiti al 2025		90%
% apparecchi sostituiti al 2030		100%
Consumi da illuminazione nel 2020	kWh/anno	6.289.567
Consumi da illuminazione nel 2025	kWh/anno	2.209.848
Consumi da illuminazione nel 2030	kWh/anno	1.699.883
Fattore di emissione da consumi elettrici per illuminazione nel 2015	gCO ₂ /kWh	368
Fattore di emissione da consumi elettrici per illuminazione nel 2020	gCO ₂ /kWh	307
Fattore di emissione da consumi elettrici per illuminazione nel 2025	gCO ₂ /kWh	250
Fattore di emissione da consumi elettrici per illuminazione nel 2030	gCO ₂ /kWh	200
Emissione da consumi elettrici per illuminazione nel 2015	tCO ₂ /anno	2.502
Emissione da consumi elettrici per illuminazione nel 2020	tCO ₂ /anno	1.929
Emissione da consumi elettrici per illuminazione nel 2025	tCO ₂ /anno	552
Emissione da consumi elettrici per illuminazione nel 2030	tCO ₂ /anno	340
Riduzione emissioni di CO ₂ da illuminazione nel 2020	tCO ₂ /anno	573
Riduzione emissioni di CO ₂ da illuminazione nel 2025	tCO ₂ /anno	1.950
Riduzione emissioni di CO ₂ da illuminazione nel 2030	tCO ₂ /anno	2.162

Non è attualmente disponibile una stima del costo di questo intervento.



4.4 Produzione di energia fotovoltaica

La stima del potenziale di riduzione delle emissioni tramite lo sviluppo della produzione di energia fotovoltaica nell'Ateneo si è basata sui dati delle installazioni esistenti e su alcune valutazioni preliminari sul potenziale futuro, effettuate con la collaborazione della Commissione Energia dell'Ateneo e il gruppo di lavoro di ViviPoliMi.

I dati delle produzioni esistenti o di impianti già autorizzati sono mostrati in **Tabella 8**.

Tabella 8: Stima delle potenze di energia fotovoltaica già installate nell'Ateneo o in funzione prima del 2020.

Sede/Edificio	Potenza installata (kW)	Note
Lecco/Ed. 9	20	già funzionante nel 2015
Mi Città Studi/Ed. 11	9,3	già funzionante nel 2015
Totale potenza FV installata già funzionante nel 2015	29,3	
Mi Bovisa/Ed. B18	10,7	funzionante
Mi Bovisa/Ed. B14A	3	funzionante
Milano, via Borsa/Residenza "Newton"	12,5	funzionante (residenza stud. Polimi in gestione esterna)
Totale potenza FV funzionante installata dopo il 2015	26,2	
Milano, via Maggianico/Residenza "Pareto"	24,3	in fase di attivazione (residenza stud. Polimi in gestione esterna)
Milano, via A.Einstein/Residenza "Einstein"	24,3	in fase di attivazione (residenza stud. Polimi in gestione esterna)
Lecco/Ed. ex Maternità	21	in fase di costruzione
Mi Città Studi/Ed. 20	22	in fase di costruzione
Mi Bovisa/Ed. BL26	6,5	in fase di costruzione
Totale potenza FV in fase di costruzione o attivazione	98,0	
Mi Città Studi/nuovo Ed. Dip. Chimica	57	progetto approvato
Mi Città Studi/nuovo Ed. A	30,2	progetto approvato
Mi Città Studi/nuovo Ed. B	33,5	progetto approvato
Totale potenza FV di progetti già approvati	120,7	
Totale potenza FV prevista al 2020	274,2	

Si stima quindi una potenza installata nel 2020 pari a circa 0,27 MW, quasi 10 volte la potenza installata nel 2015.

Si è ipotizzato di considerare l'installazione di pannelli su coperture di edifici in particolare nella Sede di Milano Bovisa, che offre numerosi edifici adatti, utilizzando l'energia per autoconsumi.

In assenza di uno studio di dettaglio sulle superfici di copertura utilizzabili per i diversi edifici, è stata effettuata una stima del potenziale teorico sulla base dell'analisi delle superfici esistenti, mostrato nella seguente **Tabella 9**; per la stima della potenza installabile si è ipotizzata una necessità di 7 m² per ogni kW installato.



Tabella 9: Stima delle superfici a disposizione e delle potenze di energia fotovoltaica potenzialmente installabili nell'Ateneo.

Sede/Edificio	Superficie occupata (m ²)	Potenza installata (kW)
Mi Città Studi/Ed. 11 (copertura piana)	1600	229
Mi Città Studi/Ed. 12 (copertura piana)	150	21
Mi Città Studi/Pensilina Fv nuovo percorso pedonale, via Pascal 10x150m	1500	214
Mi Bovisa/Parcheeggio esterno (gestione Comune Mi)	2000	286
Mi Bovisa/nuovo Ed. con collina (copertura piana)	350	50
Mi Bovisa/Ed. B12 (doppia falda est-ovest)	4500	643
Mi Bovisa/Ed. B13 (doppia falda est-ovest)	1440	206
Mi Bovisa/B14-B15-B16 (copertura a botte est-ovest)	8500	1214
Mi Bovisa/Ed. B18 (copertura piana)	1800	257
Mi Bovisa/Ed. B19 (copertura piana)	2000	286
Mi Bovisa/Ed. B22 (copertura piana)	1000	143
Mi Bovisa/Ed. B23 (copertura piana e a botte nord-sud)	2000	286
Mi Bovisa/Ed. B24 (copertura piana)	600	86
Mi Bovisa/Ed. BL25A (copertura a botte nord-sud)	2000	286
Mi Bovisa/Ed. BL26 (copertura piana)	1200	171
Mi Bovisa/Ed. BL27 (copertura piana)	2000	286
Mi Bovisa/Ed. BL27 (copertura a botte nord-sud)	1500	214
Totale	34140	4877

Pur se secondo questa valutazione preliminare si stima una potenza installabile di più di 4 MW, al fine di tener conto di limitazioni poste dalla concreta realizzazione sulle coperture, legata ad esempio a vincoli impiantistici o ombreggiature, sono stati considerate le seguenti ipotesi cautelative di sviluppo del fotovoltaico:

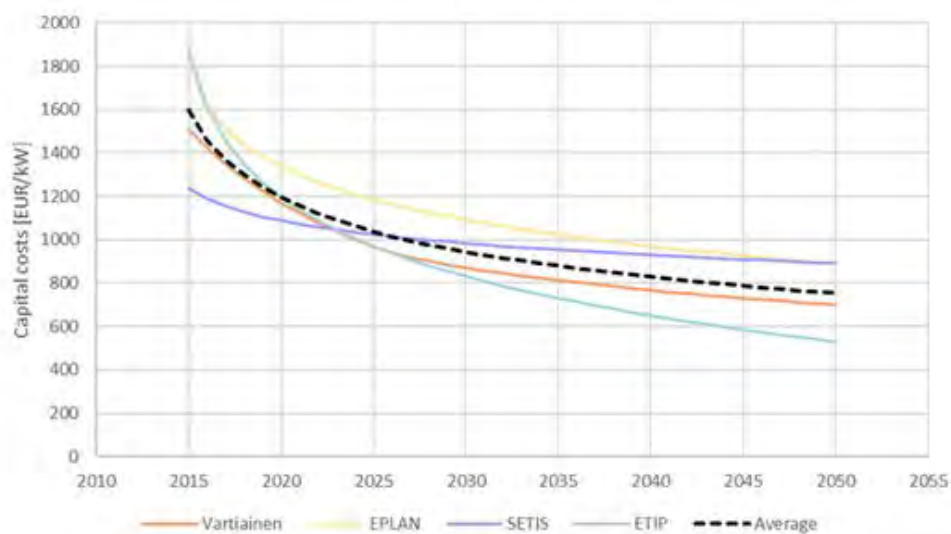
- installazione di 1 MW entro il 2025;
- installazione di 2 MW entro il 2030.

Si è considerato per il 2020 un numero di ore di funzionamento annuo pari 1200, aumentato a 1300 ore nel 2025 e 1400 ore nel 2030 per tener conto dei probabili sviluppi nell'efficienza dei pannelli. Come mostrato in Tabella 10, si ricava una riduzione delle emissioni pari a 585 t/anno nel 2025 e 1200 t/anno nel 2030.

Per la stima dei costi di installazione dell'energia fotovoltaica si è tenuto conto della costante riduzione registrata negli anni passati e attesa per il futuro. Su suggerimento del Prof. Giampaolo Manzolini, si è considerato un dato medio derivante da quattro proiezioni disponibili, riportate nella seguente **Figura 5**.



Figura 5: Proiezioni del costo dell'energia fotovoltaica. Fonti: Vartiainen: Breyer et al. (2016); ETIP: Moser et al. (2017); EPLAN: Aalborg University (2018); SETIS: Carlsson et al. (2014).



Il costo di installazione è stato quindi stimato sulla base di valori cautelativi rispettivamente di 1000 e 900 €/kW nei due scenari (per tener conto della progressiva riduzione dei costi) è compreso fra 1 e 1,8 M€ come illustrato nella **Tabella 10**.

Tabella 10: Stima delle riduzioni di CO₂ e costi degli interventi sugli impianti fotovoltaici.

		2020	2025	2030
Potenza installata FV	MW	0,3	1,0	2,0
superficie per kW	m ² /kW	7,0	7,0	7,0
superficie totale	m ²	1.750	7.000	14.000
Ore funzionamento equiv.	h/anno	1.200	1.300	1.400
Produzione	MWh/anno	300	1.300	2.800
Fattore di emissione CO ₂ evitata	gCO ₂ /kWh	522	450	430
Riduzione emissioni CO₂	tCO₂/anno	157	585	1.204
Costo medio kW installato	€/kW	1.200	1.000	900
Costo installazione FV	€	300.000	1.000.000	1.800.000

Una analisi di maggior dettaglio è prevista nell'ambito di una tesi di laurea assegnata dal Prof. Giampaolo Manzolini che dovrà considerare altresì i benefici economici dall'autoproduzione di energia elettrica e il ruolo di possibili accumuli di energia in presenza di riduzione dei costi di accumulo.



4.5 Macchine frigorifere

La stima del potenziale di riduzione si è basata sulle informazioni di base raccolte nella tesi «*Riduzioni delle emissioni di CO₂ tramite interventi sulle macchine frigorifere*», degli studenti Mattia Costacurta e Andrea Di Marco, relatore la Prof. Luca Molinaroli. Pur se l'indagine è stata fatta nella prima metà del 2016, i dati possono costituire la base per l'anno di riferimento, il 2015.

Sono state effettuate alcune analisi di dettaglio sulle macchine frigorifere di alcuni edifici nelle Sedi di Milano Città Studi e Bovisa, valutando le possibilità di riduzione dei consumi per fasce di potenza delle macchine; i risultati sono stati estesi all'intero parco delle macchine frigorifere presenti nell'Ateneo.

I dati di base delle macchine termiche, per fasce potenza, e i corrispondenti consumi elettrici sono mostrati nella seguente **Tabella 11**.

Tabella 11: Numero di macchine frigorifere e stima dei consumi elettrici nel 2016.

Taglia potenza macchine frigorifere	Numero macchine	Potenza frigorifera kW	% numero macchine	% Potenza	n. ore/anno funzionamento a pieno carico	Consumi frigoriferi kWh/anno	COP macchine esistenti	Consumi elettrici kWh/anno
fino a 10 kW	252	1380	66%	5%	350	483.000	2,5	193.200
10 - 30 kW	46	890	12%	3%	350	311.500	2,6	119.808
30 - 50 kW	13	533	3%	2%	350	186.550	2,7	69.093
50 - 100 kW	13	862	3%	3%	350	301.700	2,8	107.750
100 - 500 kW	36	9091	9%	31%	350	3.181.850	2,9	1.097.190
> 500 kW	20	16878	5%	57%	350	5.907.300	3,0	1.969.100
Totale	380	29634	100%	100%		10.371.900		3.556.140

I consumi elettrici così stimati, pari a 3,6 GWh, sono pari circa all'8% dei consumi totali dell'Ateneo nel 2016.

Per la stima delle riduzioni delle emissioni sono stati considerate i maggiori COP delle macchine nuove, per diverse taglie, sulla base dei dati tecnici disponibili presso i servizi tecnici e reperibili in letteratura. Il valore dei COP della taglia 100-500 kW sono stati desunti dai dati della nuova Centrale frigorifera installata nella Sede di Milano Bovisa (Campus via Candiani), entrata in funzione nel giugno 2018, per una potenza di circa 1MW.

Inoltre, si è ipotizzata una quota percentuale di intervento, per tener conto di una gradualità delle sostituzioni, pari al 50-60% per lo scenario 2025 e al 75-90% per lo scenario 2030. Tali ipotesi equivalgono alla sostituzione ogni anno del 5% delle macchine meno efficienti.

Le riduzioni dei consumi elettrici e delle corrispondenti emissioni di CO₂ sono mostrate nella seguente **Tabella 12**.



Tabella 12: Stima delle riduzioni di CO₂ ottenibili da interventi sulle macchine frigorifere.

Taglia potenza macchine frigorifere	Consumi elettrici kWh/anno	COP nuove macchine	% riduzione consumi	Riduzione consumi massima kWh/anno	Quota intervento %			Riduzione emissioni (tCO ₂ /anno)		
					2020	2025	2030	2020	2025	2030
fino a 10 kW	193.200	3,0	17%	32.200	30%	60%	90%	3	5	6
10 - 30 kW	119.808	3,3	21%	25.414	30%	60%	90%	2	4	5
30 - 50 kW	69.093	3,5	23%	15.793	30%	60%	80%	1	2	3
50 - 100 kW	107.750	4,2	33%	35.917	25%	50%	80%	3	4	6
100 - 500 kW	1.097.190	4,4	34%	374.042	25%	50%	75%	29	47	56
> 500 kW	1.969.100	4,5	33%	656.367	25%	50%	75%	50	82	98
Totale	3.556.140		11%	1.139.732				89	144	173

La riduzione delle emissioni è pari circa 150 t/anno nello scenario 2025 e circa a 173 t/anno nello scenario 2030. Non sono stati considerati i benefici derivanti dalla riduzione delle emissioni di F-gas dalla sostituzione degli apparecchi più obsoleti, in quanto queste emissioni non sono considerate nell'inventario di emissioni dell'Ateneo.

4.6 Interventi su superfici opache e trasparenti degli edifici

La riqualificazione energetica degli edifici del Politecnico di Milano costituisce un importante settore di intervento, che riguarda edifici con età, caratteristiche costruttive e prestazioni energetiche molto diverse. Per questo motivo, la valutazione del potenziale di riduzione delle emissioni di CO₂ richiede studi specifici e di dettaglio, che tengano in considerazione i costi di intervento - in alcuni casi molto rilevanti - e le modalità di finanziamento degli stessi.

Una prima stima ai fini del Piano di Mitigazione si è basata sugli studi realizzati su alcuni edifici, nonché sull'esame degli interventi in corso di realizzazione o già approvati.

Un primo rilevante intervento in corso di realizzazione è la riqualificazione della Sede di Milano Città Studi (Campus via Bonardi, progetto Renzo Piano), che prevede la realizzazione di una serie di edifici ad alta efficienza energetica (classe A), l'installazione di circa 64 kW di impianti fotovoltaici e una nuova centrale frigorifera reversibile ad acqua di falda. L'intervento comporterà la completa climatizzazione degli edifici di nuova realizzazione e dell'esistente edificio 13, oggi solo parzialmente climatizzato.

Un secondo intervento previsto è la realizzazione dell'Edificio ZEN – presso la Sede di Milano Bovisa (Campus via La Masa), l'edificio sarà adibito a laboratorio di ricerca per lo sviluppo delle fonti rinnovabili.

Un'importante base per la valutazione del potenziale di riduzione delle emissioni sono le analisi condotte su alcuni edifici ubicati nella Sede di Milano Città Studi (Campus piazza Leonardo da Vinci 32, edificio 3; Campus via Bonardi, edificio 14; Campus via Bassini, edificio 20), in alcune tesi di laurea assegnate dal Prof. Bruno Daniotti (si veda la **Tabella 1** al cap. 3.2).

Da queste analisi è emerso un importante potenziale di riduzione dei consumi, pari circa al 40-45%, per interventi di isolamento termico sugli involucri, con investimenti pari



rispettivamente a 0,6 M€, 1,3 M€ e 0,6 M€ per i tre edifici, con tempi di ritorno degli investimenti pari a 10-15 anni (senza considerare le opportunità offerte dal Conto Termico 2.0). Sono stati altresì valutati gli interventi di sostituzione dei serramenti, che comportano riduzioni dei consumi del 5-10%, con investimenti più limitati.

Le tipologie di interventi previsti in questo settore sono quindi:

1. interventi di monitoraggio e regolazione della distribuzione dell'energia (considerati al capitolo successivo)
2. definizione di linee guida e di applicativi a supporto della razionalizzazione delle aperture dei serramenti sia durante la stagione estiva che invernale, nonché del controllo dell'apertura degli stessi da parte del personale dell'Ateneo e degli studenti;
3. sostituzione dei serramenti a vetro singolo con serramenti dotati di vetrocamere basso emissive e telaio con taglio termico (con trasmittanza termica complessiva pari o inferiore a $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$);
4. interventi di isolamento delle superfici opache degli edifici.

L'entità degli interventi in questo settore sarà meglio definita in futuro, sulla base sia delle risorse disponibili che di studi più approfonditi che, partendo da dati puntuali sulle caratteristiche degli edifici esistenti, permettano di arrivare a stime di maggior precisione sugli investimenti necessari e i risparmi economici derivanti dalla riduzione dei consumi. È inoltre necessario valutare nel dettaglio i meccanismi di incentivazione che possano ridurre in modo consistente i costi; per gli interventi previsti ai punti 3) e 4) è infatti disponibile uno strumento di incentivazione degli interventi di riqualificazione energetica che le Pubbliche Amministrazioni possono utilizzare, denominato dal GSE (Gestore dei Servizi Energetici) Conto Termico 2.0, con il quale è possibile recuperare il 40% di quanto investito, riducendo i tempi di ritorno degli investimenti a 5-10 anni.

In via cautelativa, si ritiene che una prima indicazione di obiettivi raggiungibili di riduzione delle emissioni da questo tipo di interventi può essere la seguente:

- nell'anno 2025, una riduzione percentuale delle emissioni del 10% dei consumi da riscaldamento invernale e del 5% dei consumi da climatizzazione estiva;
- nell'anno 2030, una riduzione percentuale delle emissioni del 15% dei consumi da riscaldamento invernale e del 7,5% dei consumi da climatizzazione estiva, rispetto ai consumi esistenti nel 2015.

Sulla base di queste assunzioni, e dai dati dei consumi esistenti nel 2015, si stima il potenziale di riduzione delle emissioni, come mostrato in **Tabella 13**, pari a circa 410 tCO₂ nel 2025 e 600 tCO₂ nel 2030.



Tabella 13: Stima delle riduzioni di CO₂ ottenibili da interventi sulle superfici opache e trasparenti degli edifici

	2015	2020	2025	2030
Consumi da climatizzazione invernale nel 2015 (GJ)	63.300			
Riduzione % consumi climatizzazione invernale per interventi sulle superfici opache e trasparenti degli edifici		5%	10%	15%
Riduzione consumi climatizzazione invernale per interventi sulle superfici opache e trasparenti degli edifici (kWh)		3.165	6.330	9.495
Fattore di emissione consumi di gas (kgCO ₂ /GJ)		55,841	55,841	55,841
Riduzione emissioni da climatizzazione invernale (tCO₂/anno)		177	353	530
Consumi da climatizzazione estiva nel 2015 (kWh)	4.394.649			
Riduzione % consumi climatizzazione estiva per interventi sulle superfici opache e trasparenti degli edifici		2,5%	5,0%	7,5%
Riduzione consumi climatizzazione estiva per interventi sulle superfici opache e trasparenti degli edifici (kWh)		109.866	219.732	329.599
Fattore di emissione consumi elettrici (gCO ₂ /kWh)		307	250	200
Riduzione emissioni da climatizzazione estiva (tCO₂/anno)		34	55	66
Riduzione emissioni totali per interventi sulle superfici opache e trasparenti degli edifici (tCO₂/anno)		210	408	596

4.7 Regolazione impianti

La regolazione attuale degli impianti di distribuzione del calore e del freddo non è ottimale, quindi ottimizzando la regolazione intervenendo sulla sensoristica e l'impiantistica è possibile ipotizzare una riduzione significativa dei consumi di energia, garantendo comfort ma al contempo limitando gli sprechi.

Sulla base di valutazioni effettuate dalla Commissione Energia, si ritiene possibile con questo tipo di interventi riduzioni dei consumi (rispetto al 2015) pari circa al 5% (nel 2025) e 10% (nel 2030).

Si tratta di ipotesi cautelative, stimate considerando che attualmente la regolazione non è tele-gestita ma si affida a temporizzatori locali non ottimizzati, in quanto i vantaggi teorici dall'uniformare la regolazione fra più tecnologie e gestori sono superiori.

Sulla base dei consumi di gas per climatizzazione invernale ed estiva nel 2015, si stimano quindi le riduzioni dei consumi di gas e delle corrispondenti emissioni di CO₂, pari a circa 230 t/anno nel 2025 e 440 t/anno nel 2030, come mostrato in **Tabella 14**



Tabella 14: Stima delle riduzioni di CO₂ ottenibili da interventi di regolazione degli impianti di distribuzione del calore e del freddo

	2015	2020	2025	2030
Consumi da climatizzazione invernale nel 2015 (GJ)	63.300			
Riduzione consumi per climatizzazione invernale da interventi di regolazione (%)		3%	5%	10%
Riduzione consumi per climatizzazione invernale da interventi di regolazione (kWh)		1.899	3.165	6.330
Fattore di emissione consumi di gas (kgCO ₂ /GJ)		55,841	55,841	55,841
Riduzione emissioni - climatizzazione invernale (tCO₂/anno)		106	177	353
Consumi da climatizzazione estiva nel 2015 (kWh)	4.394.649			
Riduzione consumi per climatizzazione estiva da interventi di regolazione (%)		3%	5%	10%
Riduzione consumi per climatizzazione estiva da interventi di regolazione (kWh)		131.839	219.732	439.465
Fattore di emissione consumi elettrici (gCO ₂ /kWh)		307	250	200
Riduzione emissioni - climatizzazione estiva (tCO₂/anno)		40	55	88
Riduzione emissioni totali da interventi di regolazione (tCO₂/anno)		146	232	441

4.8 Mobilità sostenibile

La stima delle riduzioni delle emissioni di CO₂ ottenibili nel settore dei trasporti collegate alla riduzione dell'uso di autovetture e motocicli privati per gli spostamenti di accesso alle Sedi dell'Ateneo, vede come fonte dati principale il questionario della mobilità per l'accesso all'Ateneo (edizione 2015 e 2017 – in previsione edizione 2019). In particolare, i dati ottenuti dal questionario, realizzato grazie al supporto di ASICT e del Servizio di Staff Studi, sono stati oggetto di elaborazioni non solo da parte del Servizio Sostenibilità, con la finalità di redigere il PSCL, ma anche da parte di alcuni Dipartimenti dell'Ateneo, con svolgimento di specifiche tesi e approfondimenti ai fini di ricerca:

- tesi di laurea “*Study of commuters modal share and development of policies to enhance sustainable transportation modes: the study case of Politecnico di Milano*” (Daniel Felipe Sáenz Lozano e Diego Monroy Lancheros, relatore Prof. Paolo Beria, 2016), ove è stato valutato il possibile incremento di spostamenti con trasporti pubblici per l'accesso alle Sedi del Politecnico come effetto di policy quali la regolamentazione della sosta su strada e interna ai campus, sconti sugli abbonamenti al trasporto pubblico e progetti di carpooling;
- tesi di laurea “*In bici al Politecnico. Benefici socio-ambientali e riduzione delle emissioni di CO₂ passando alle due ruote*” (Fabio Guerreschi, relatore Prof. Paolo Pileri, 2016), ha valutato il possibile contributo delle azioni di promozione della mobilità ciclistica;
- elaborazioni e valutazioni condotte dal gruppo di lavoro Lab Traspol, coordinato dal Prof. Paolo Beria, in parte riassunte nell'articolo “*Assessing the impact of changes in mobility behaviour to evaluate sustainable transport policies: case of university Campuses of Politecnico di Milano*”, presentato alla 4th Conference on Sustainable Urban Mobility” (Bertolin et al., 2018), in cui sono ricostruite le abitudini di commuting della popolazione politecnica (studenti e staff), con l'individuazione della tipologia di persone e degli



ambiti territoriali per cui uno spostamento della ripartizione modale verso il trasporto pubblico avrebbe maggiore impatto sulle emissioni.

Con riferimento alle analisi presenti nel Piano Spostamenti Casa-Lavoro (PSCL, anno 2017) risulta in particolare che il Politecnico di Milano è un ente complesso, costituito da due realtà molto differenti: le Sedi milanesi (Città Studi e Bovisa) ed i Poli Territoriali (Lecco, Como, Mantova, Piacenza, Cremona). Le Sedi milanesi, posizionate in prossimità dei nodi di trasporto del capoluogo lombardo, attraggono oggi oltre circa 45.000 persone e sono caratterizzate da una domanda di mobilità molto differente in funzione della categoria considerata: gli studenti utilizzano più frequentemente il trasporto pubblico, mentre i PD-PTA sono più propensi a spostarsi con mezzi privati motorizzati. Anche i Poli territoriali sono posizionati in prossimità di stazioni ferroviarie, ma attraggono meno persone: sono infatti circa 4.500 gli utenti (su cinque città), tra studenti e PD-PTA, che frequentano questi spazi. I mezzi utilizzati per soddisfare la domanda di mobilità in queste sedi è molto differente dalle Sedi milanesi, ed è caratterizzata da un aumento nell'uso del mezzo privato motorizzato e dalla riduzione nell'uso del TP e TPL (Trasporto Pubblico e Trasporto Pubblico Locale).

Diverse sono le politiche già adottate dall'Ateneo per promuovere la mobilità sostenibile ed incoraggiare un cambiamento delle abitudini. In particolare, tra le azioni messe in atto per favorire l'utilizzo dei mezzi pubblici e la mobilità attiva per accedere all'Ateneo, si citano:

- stanziamento di fondi per l'acquisto agevolato di abbonamenti TP e TPL (Trenord e ATM);
- sottoscrizione di convenzioni con le principali società di sharing mobility milanesi ai fini dell'ottenimento di sconti e attività di sensibilizzazione;
- incremento dell'offerta per la sosta delle biciclette tramite l'installazione di rastrelliere, anche coperte;
- realizzazione di una ciclofficina di Ateneo (POLICICLO) gestita da studenti;
- messa a disposizione sperimentale di un'auto elettrica per gli spostamenti di servizio realizzazione di campagne di comunicazione/sensibilizzazione (ad es. seminari ed eventi organizzati durante il Festival dello Sviluppo Sostenibile e la Settimana Europea della Mobilità, pubblicazione del "Codice di comportamento per un campus sostenibile" con un focus dedicato ai trasporti, call for ideas sui temi della mobilità sostenibile);
- attivazione di percorsi di confronto stakeholder locali, nazionali e internazionali (ad es. tavolo con Assessorato Comune di Milano, tavolo con Assessorato Regione Lombardia e Mobility Manager Universitari, GdL Mobilità RUS e U-MOB),
- adesione ad iniziative (ad es. Bike To Work) e partecipazione a sperimentazioni (ad es. Bitride) per promuovere la mobilità attiva.

È inoltre utile rammentare che è in atto la riqualificazione delle aree storiche dell'Ateneo, con conseguente riorganizzazione e riduzione delle aree di sosta autoveicolare interna (progetti VIVI.POLIMI e Renzo Piano). Infine, l'Ateneo, oltre a voler rendere più sostenibili gli spostamenti, si è attivato anche per ridurre il numero, grazie alla possibilità di realizzare riunioni in video collegamento, di fruire del telelavoro e di sperimentare lo smart working.

In prospettiva, altre attività implementabili potrebbero essere:



- incremento del contributo POLIMI per l'acquisto agevolato di abbonamenti TP e TPL (almeno ATM, almeno per il PTA);
- analisi del fabbisogno nei campus di infrastrutture di supporto alla mobilità attiva (ad es. rastrelliere coperte per bici, velostazioni controllate) con successivo eventuale ampliamento dell'offerta in collaborazione con AGIS e ATE;
- monitoraggio andamento (numero utenti e utilizzatori attivi) delle convenzioni stipulate con aziende esterne, sia del trasporto locale che della sharing mobility;
- monitoraggio dell'utilizzo del telelavoro, gestito da ARUO (attualmente 73 dipendenti coinvolti);
- monitoraggio della sperimentazione strutturata dello smart working avviata nel 2018 da ARUO;
- monitoraggio numero e utilizzo aree di sosta a seguito della riqualificazione dei campus (in collaborazione con AGIS), con l'eventuale introduzione di un tetto massimo al numero di utilizzi semestrali dei parcheggi riservati al personale;
- promozione e monitoraggio dell'utilizzo di video collegamenti per conferenze ed incontri di lavoro, con particolare riferimento a quelli aventi per tema la sostenibilità, in collaborazione con AGIS;
- disponibilità per dipendenti di Ateneo di almeno un mezzo elettrico a noleggio per gli spostamenti di servizio ed installazione di colonnine di ricarica per auto elettriche;
- incentivazione della sostituzione dei veicoli più vecchi della flotta aziendale, prediligendo mezzi elettrici a noleggio;
- incremento dell'attività di comunicazione/sensibilizzazione della popolazione universitaria sul tema, anche in relazione al fatto che le politiche di mobilità messe in atto nelle Università hanno una forte valenza didattica in quanto permettono di raggiungere studenti universitari provenienti da tutto il mondo che possono veicolare il messaggio anche in ambienti esterni all'Ateneo;
- convenzioni stipulate con aziende esterne per l'acquisto di biciclette pieghevoli e/o a pedalata assistita, eventualmente marcate "Politecnico di Milano".

Sulla base delle attività sopra esposte, volte a creare migliori condizioni per la sostenibilità della mobilità di Ateneo e monitorarne l'andamento, si ritiene possibile ipotizzare in uno scenario relativo all'anno 2025 una riduzione del 7,5% dei km percorsi in auto per l'accesso alle Sedi del Politecnico di Milano rispetto all'anno 2015. Per l'anno 2030 si ritiene possibile una maggiore riduzione pari al 15%, sempre rispetto ai km percorsi nell'anno 2015. Per l'anno 2020 si considera una riduzione pari al 2,5%. Queste percorrenze devono essere intese parametrize sul numero di studenti.

Considerando i fattori di emissione medi del parco circolante previsti nel 2020, 2025 e 2030 (si veda il capitolo 3.5), sulla base dei km percorsi nel 2015 per accesso alle Sedi e per missioni in auto, pari a circa 59 milioni, si stima una riduzione delle emissioni pari a circa 640 tCO₂/anno per lo scenario 2025 e 1200 tCO₂/anno per lo scenario 2030, come mostrato in **Tabella 15**.

Non sono al momento disponibili dati sul costo degli investimenti necessari per raggiungere questi obiettivi.

In prospettiva, è possibile considerare di effettuare ulteriori approfondimenti sul potenziale di riduzione delle emissioni di CO₂ grazie all'eventuale adozione degli interventi sopra richiamati o ad altri che saranno definiti, mediante un lavoro congiunto fra il Servizio



Sostenibilità di Ateneo, il Mobility Manager e il Laboratorio di Politica dei Trasporti (Traspol), DAStU - Dipartimento di Architettura e Studi Urbani (coordinato dal Prof. Paolo Beria).

Tabella 15. Stima delle riduzioni di CO₂ ottenibili per lo sviluppo della mobilità sostenibile.

		2015	2020	2025	2030
Obiettivo riduzione % percorrenze in auto	%		2,5%	7,5%	15%
Percorrenze in auto per accesso campus e missioni	Mkm/anno	59,1	57,6	54,6	50,2
Fattore di emissione medio autoveicoli	gCO ₂ /km	170	165	145	133
Riduzione emissioni da incremento mobilità sostenibile	tCO₂/anno		244	642	1178

4.9 Riduzione fattori di emissione dai consumi elettrici

Le stime delle riduzioni considerate nei capitoli precedenti sono relative a misure direttamente dipendenti dalle azioni dell'Ateneo. In questo e nel seguente capitolo è invece considerato l'effetto di altre azioni e misure, non dipendenti direttamente dall'Ateneo, ma che comunque hanno un'importante influenza sulle emissioni dell'Ateneo.

Il primo elemento è miglioramento nel fattore di emissione di CO₂ dalla produzione elettrica, legato all'implementazione delle misure previste sia a scala europea che a livello nazionale con la Strategia Energetica Nazionale approvata nel 2017.

La proiezione dei valori dei fattori di emissione di CO₂ dai consumi elettrici, congruente con uno scenario intermedio fra i due considerati dalla Strategia Energetica Nazionale 2017, è stata effettuata al capitolo 3.3 (**Tabella 3**), e ha considerato valori dei fattori di emissione da consumi elettrici pari a circa 250 gCO₂/kWh nel 2025 e 200 gCO₂/kWh nel 2030.

Per la stima delle corrispondenti riduzioni delle emissioni di CO₂ è necessario considerare i consumi elettrici dell'Ateneo previsti negli stessi orizzonti temporali; tali dati possono essere stimati tenendo conto dell'effetto delle misure descritte nei capitoli precedenti, riassunti in **Tabella 16**.

Tabella 16. Stima dei consumi elettrici da rete esterna negli anni 2020, 2025 e 2030 (kWh).

	u.m.	2015	2020	2025	2030
Energia elettrica autoprodotta trigeneratore Mi Città Studi (Plesso Leonardo-Bassini-Bonardi)	kWh/anno	2.451.502	11.825.705	11.825.705	11.825.705
Energia elettrica autoprodotta trigen. Mi Bovisa (La Masa)	kWh/anno		11.825.705	11.825.705	11.825.705
Riduzione consumi per interventi sull'illuminazione	kWh/anno		509.965	4.589.684	5.099.649
Riduzione consumi per produzione da FV	kWh/anno		300.000	1.300.000	2.800.000
Riduzione consumi e.e. da sostituzioni macchine frigorifere	kWh/anno		338.667	577.206	866.026
Riduz. consumi e.e. climatizzaz. estiva - interventi su edifici	kWh/anno		109.866	219.732	329.599
Riduzione consumi e.e. da interventi di regolazione	kWh/anno		131.839	219.732	439.465
Totale riduzioni consumi elettrici	kWh/anno		1.390.338	6.906.356	9.534.739
Totale riduzioni o autoproduzioni	kWh/anno		25.041.748	30.557.766	33.186.149
Consumi elettrici totali	kWh/anno	45.330.214	43.939.876	38.423.858	35.795.475
Totale energia elettrica acquistata da rete esterna	kWh/anno	42.878.712	20.288.466	14.772.448	12.144.065



Le riduzioni delle emissioni di CO₂, stimate dal prodotto fra i consumi di energia elettrica prelevati dalla rete esterna e i corrispondenti fattori di emissioni, mostrate in **Tabella 17**, sono pari a circa 2220 t/anno nel 2025 e 2700 t/anno nel 2030.

Tabella 17. Stima delle riduzioni di CO₂ ottenibili da riduzione del fattore medio di emissione dei consumi elettrici.

		2015	2020	2025	2030
Consumi elettrici acquistati da rete	MWh/anno	42.879	20.288	14.772	12.144
Fattore di emissione medio da consumi elettrici	gCO ₂ /kWh	368	307	250	200
Variazione f.e. medio da consumi elettrici (rispetto al 2015)	gCO ₂ /kWh	-	61	- 118	- 168
Riduzione emissioni CO₂	tCO₂/anno		1.244	1.743	2.040

4.10 Riduzione fattori di emissione autoveicoli

La stima delle riduzioni delle emissioni di CO₂ ottenibili nel settore dei trasporti, per la riduzione delle emissioni specifiche delle autovetture utilizzate per l'accesso alle Sedi e per gli spostamenti delle missioni, può essere effettuata sulla base delle proiezioni dei fattori di emissioni delle autovetture presentata al cap. 3.5, nonché delle percorrenze attese nel 2025 e 2030 per effetto degli interventi sulla mobilità sostenibile per l'accesso alle Sedi.

Come mostrato in **Tabella 18**, la riduzione de fattori di emissione degli autoveicoli, pari a 26 gCO₂/km nel 2025 e a 37 gCO₂/km nel 2030, comporta una riduzione nelle emissioni di CO₂ pari rispettivamente a circa 1400 t/anno nel 2025 e 1900 t/anno nel 2030.

Tabella 18. Stima delle riduzioni di CO₂ ottenibili da riduzione del fattore medio di emissione degli autoveicoli.

		2015	2020	2025	2030
Percorrenze in auto per accesso campus e missioni	Mkm/anno	59,1	57,6	54,6	50,2
Fattore di emissione medio autoveicoli	gCO ₂ /km	170	165	145	133
Variazione f.e. medio da consumi elettrici (rispetto al 2015)	gCO ₂ /km	-	5	- 26	- 37
Riduzione emissioni CO₂	tCO₂/anno		294	1.397	1.882

4.11 Altri interventi di riduzione delle emissioni

Dagli incontri condotti con il personale dell'Area Tecnico Edilizia (ATE) e Area Gestione Infrastrutture e Servizi (AGIS) e dalle indicazioni della Commissione Energia e della Direzione Generale sono stati identificati altri tipi di interventi, riportati nel seguente elenco, che pur se non sono stati valutati nel dettaglio, possono costituire oggetto di futuri approfondimenti:



- integrazione degli impianti esistenti con un impianto solare termico (progetto in corso A2A su zona “goccia” Sede di Milano Bovisa);
- interventi di ombreggiature degli edifici;
- razionalizzazione climatizzazione data center;
- razionalizzazione dell’accensione settimanale degli impianti (es. apertura aule sabato mattina solo Edificio 11 nella Sede di Milano Città Studi (Campus via Bonardi), Edificio B12 e Edificio B2 nella Sede di Milano Bovisa (Campus via La Masa e Campus via Candiani));
- razionalizzazione dell’accensione mensile degli impianti (es. limiti nell’apertura degli edifici del mese di agosto);
- interventi sui Fan Coil (es. sensori per spegnimento ventole);
- razionalizzazioni consumi stampanti e computer, server farms e laboratori;
- competizione tra strutture di Ateneo per riduzioni consumi per edificio;
- razionalizzazione utilizzo stufe elettriche;
- riduzione sistemi UPS (Uninterruptible Power Supply, gruppi di continuità), con limitazione degli UPS di edificio, e installazione solo su specifici impianti;
- riduzione degli spostamenti di servizio e per missioni di lavoro tramite l’incentivo dell’uso di videoconferenze e similari;
- eventuale nuovo Trigeneratore nella Sede di Milano Bovisa a servizio del Campus di via Candiani.

4.12 Strumenti di compensazione

Oltre agli interventi diretti di riduzione delle emissioni realizzati dall’Ateneo, in analogia a quanto effettuato a livello internazionale (ad es. per il raggiungimento degli obiettivi del Protocollo di Kyoto) un approccio alternativo potrebbe essere di considerare riduzione indirette generate da progetti finanziati con l’acquisto dei crediti certificati di riduzioni delle emissioni. Si tratta di una modalità utilizzata ad esempio per la compensazione delle emissioni di eventi (fiere, congressi, ecc.), laddove si ritenga troppo operoso un maggiore livello diretto di riduzione delle emissioni stesse.

Una possibilità è quella dell’utilizzo di crediti certificati di riduzione delle emissioni derivanti da progetti del Clean Development Mechanism, ad esempio quelli proposti e garantiti dall’UNFCCC sul sito Carbon Neutral Now (UNFCCC, 2018b), o in futuro da nuovi meccanismi di mercato in futuro definiti nell’ambito dell’implementazione dell’Art. 6 dell’Accordo di Parigi. Tale azione rientrerebbe anche nell’attività accademica di responsabilità sociale per supportare iniziative di impegno pubblico e di cooperazione allo sviluppo, tramite il trasferimento tecnologico, per contribuire alla mitigazione e supportare lo sviluppo sostenibile nei paesi in via di sviluppo.

Una seconda modalità è quella, relativamente alle emissioni di energia elettrica, dell’acquisto di Garanzie d’Origine (G.O.) che attestano la provenienza da fonte rinnovabile delle fonti utilizzate per l’energia elettrica consumata. Pur se l’acquisto delle G.O., già in



essere presso il Politecnico di Milano, è spesso utilizzato per considerare nulla l'emissione di CO₂ relativa all'energia acquistata, si ritiene che non sia corretto considerare le Garanzie d'Origine ai fini della compensazione delle emissioni; questo in quanto non è rispettato il criterio di addizionalità, richiesto invece ai progetti CDM, a garanzia dell'effettiva presenza di riduzioni aggiuntive a quelle che si avrebbero in assenza dell'acquisto del certificato G.O. stesso. In altre parole, essendo la produzione rinnovabile in Italia sovvenzionata attraverso ben più remunerativi strumenti (ad es. certificati verdi), l'acquisto di G.O. non determina una maggiore generazione rinnovabile e quindi una riduzione delle emissioni.

Si propone quindi il non utilizzo di sistemi di compensazione.

4.13 Quadro riassuntivo

Un quadro riassuntivo del potenziale di riduzione delle emissioni di CO₂ stimato con gli interventi descritti ai punti precedenti è mostrato nelle seguenti **Tabella 19**, **Figura 6** e **Figura 7**.

Si nota come le riduzioni complessive sono stimate nel 2025 pari al 24% delle emissioni del 2015, mentre nel 2030 la riduzione sale al 29%.

Tabella 19 Quadro riassuntivo della riduzione delle emissioni previste.

	Intervento	Riduzione emissioni (tCO ₂ /anno) - rispetto alle emissioni nell'anno 2015		
		anno 2020	anno 2025	anno 2030
1	Trigeneratore Sede Mi Città Studi (Plesso Leonardo-Bassini-Bonardi)	1.358	350	72
2	Trigeneratore Sede Mi Bovisa (La Masa)	2.295	1.328	1.050
3	Illuminazione a led	573	1.950	2.162
4	Fotovoltaico	157	585	1.204
5	Macchine frigorifere	89	144	173
6	Riqualificazione energetica edifici	210	408	596
7	Regolazione impianti	146	232	441
8	Mobilità sostenibile	244	642	1.178
9	Riduzioni FE medio energia elettrica da rete	1.244	1.743	2.040
10	Riduzioni FE medio autovetture	294	1.397	1.882
	Totale riduzioni	6.612	8.779	10.799
	Emissioni Ateneo anno 2015	36.843		
	Riduzione %	18%	24%	29%



Figura 6 Confronto fra la riduzione percentuale delle emissioni negli scenari considerati.

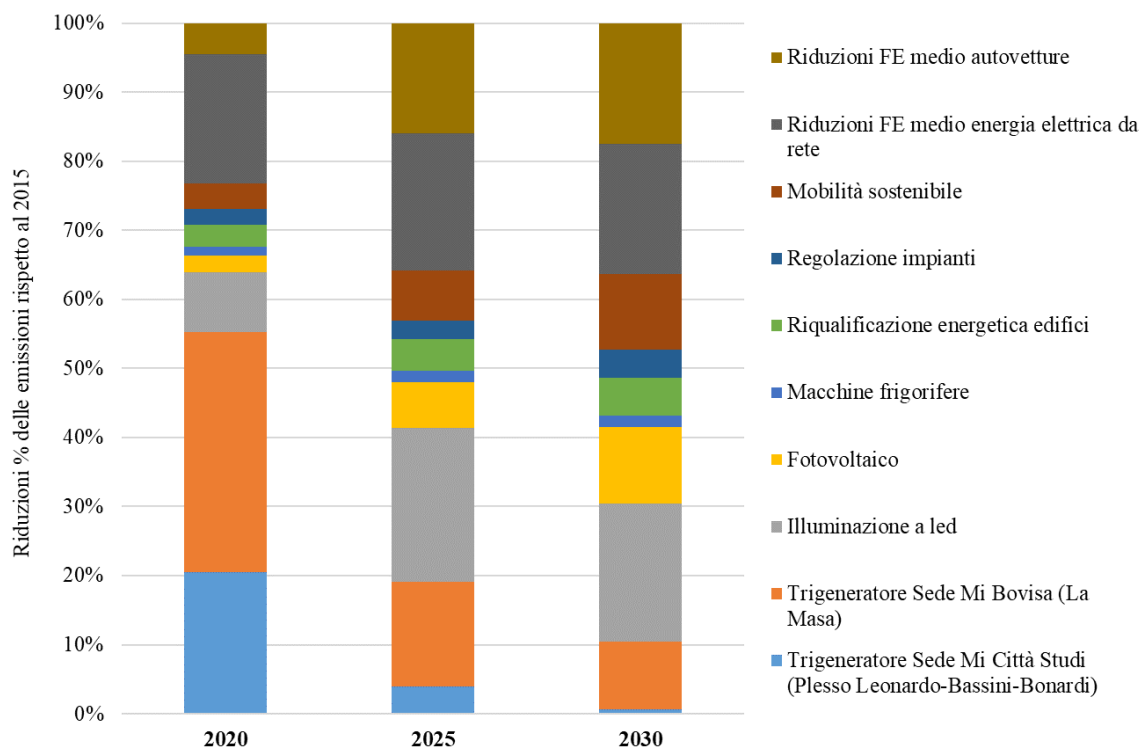
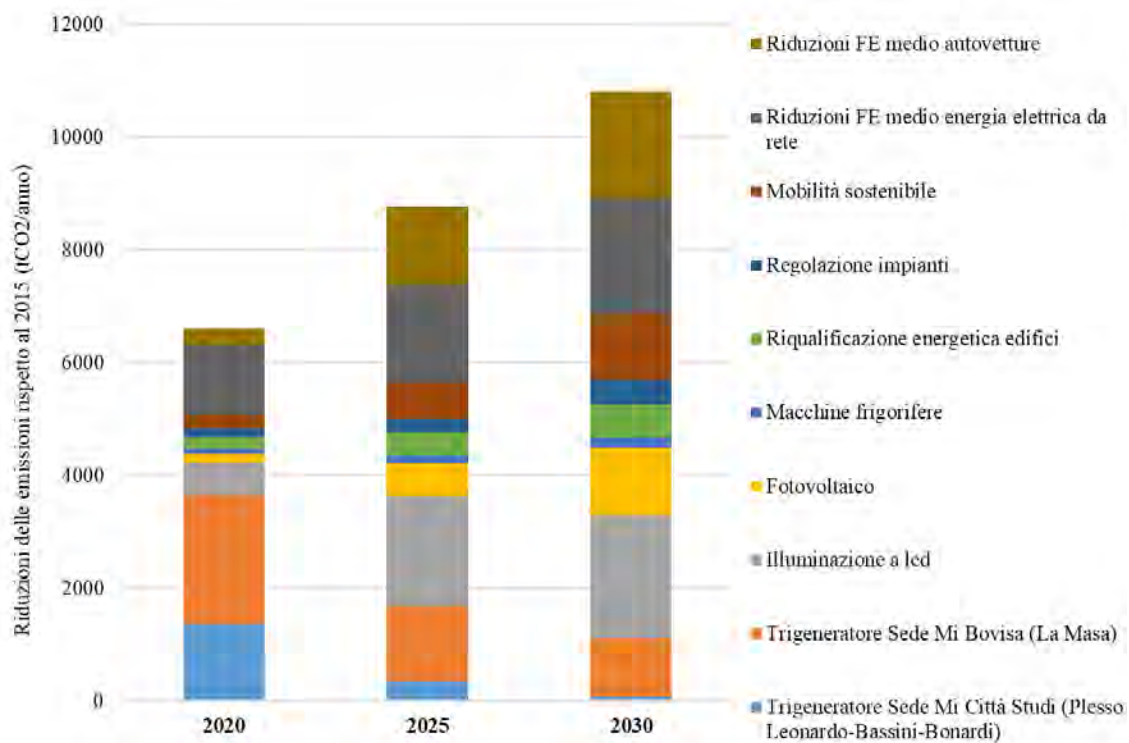


Figura 7 Confronto fra la riduzione (tCO₂/anno) delle emissioni negli scenari considerati.





5. OBIETTIVI DI RIDUZIONE DELLE EMISSIONI

Sulla base delle analisi effettuate sul potenziale di riduzione delle emissioni delle diverse misure considerate, nonché dei livelli di impegni decisi a livello internazionale, si ritiene che possano essere raggiungibili i seguenti di obiettivi di riduzione delle emissioni:

- riduzione delle emissioni di CO₂ dell'Ateneo del 25% nell'anno 2025, rispetto alle emissioni nell'anno 2015.
- riduzione delle emissioni di CO₂ dell'Ateneo del 35% nell'anno 2030, rispetto alle emissioni nell'anno 2015.

Si propone di declinare gli obiettivi sopra identificati per tutti gli anni dal 2015 al 2030, secondo una traiettoria lineare (si veda il capitolo 2.5.1), mostrato nella **Tabella 20** facendo riferimento a obiettivi nel 2025 e 2030 rispettivamente del 25% e 35%.

Come indicato nel capitolo 2.5.2, si ritiene preferibile assumere come emissioni da considerare ai fini dell'obiettivo di riduzione le emissioni dell'intero Ateneo stimate dall'Inventario delle emissioni implementato dal Servizio Sostenibilità di Ateneo, normalizzate rispetto al numero degli studenti dell'anno di riferimento. A titolo di esempio, le emissioni di CO₂ del 2016, normalizzate sulla base del numero di studenti del 2015, sono state pari a 34.802 t/anno, inferiori di circa il 5,5% a quelle del 2015 (**Tabella 20**), una riduzione maggiore di quanto previsto dall'obiettivo per l'anno 2016 nella traiettoria delineata. Tale rilevante riduzione è in larga parte legata alla piena entrata in funzione del trigeneratore nella Sede di Milano Città Studi.

Si propone di prevedere l'aggiornamento del presente Piano con cadenza biennale e la presentazione presso gli Organi di Governo dell'Ateneo per l'approvazione (es .2019-2022-2025-2028)

Tabella 20 Obiettivi annuali di riduzione delle emissioni

Anno	Emissioni traiettorie obiettivo (tCO ₂ /anno)	Differenza % emissioni traiettorie rispetto al 2015	Numero di studenti	Emissioni inventario non normalizzate	Emissioni inventario normalizzate	Differenza % fra emissioni normalizzate e emissioni 2015	Scarto da traiettorie verso obiettivo
	a	b	c	d	e	f	g
2015	36.843	0%	42.625	36.843	36.843	0%	0%
2016	35.922	-2,5%	43.935	35.871	34.802	-5,5%	-3,0%
2017	35.001	-5,0%					
2018	34.080	-7,5%					
2019	33.159	-10,0%					
2020	32.238	-12,5%					
2021	31.317	-15,0%					
2022	30.395	-17,5%					
2023	29.474	-20,0%					
2024	28.553	-22,5%					
2025	27.632	-25,0%					
2026	26.895	-27,0%					
2027	26.159	-29,0%					
2028	25.422	-31,0%					
2029	24.685	-33,0%					
2030	23.948	-35,0%					



6. CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Le stime effettuate hanno permesso di definire un quadro realistico delle riduzioni delle emissioni di CO₂ ottenibile con una serie di interventi sul settore dell'energia, degli edifici e dei trasporti del Politecnico di Milano.

Ulteriori approfondimenti sono necessari per approfondire i dettagli della fattibilità degli stessi, sia dal punto di vista della fattibilità tecnica che per quanto riguarda gli aspetti economici e i tempi di implementazione.

Sono quindi utili ulteriori approfondimenti da parte della Commissione Energia e del Mobility Management d'Ateneo, nonché ulteriori confronti con le aree AGIS e ATE, il gruppo di lavoro ViviPoliMi e il Laboratorio di Politica dei Trasporti (TRASPOL), ad esempio tramite l'avvio di tavoli di lavoro per l'implementazione delle misure stesse.

Un Piano di Mitigazione delle emissioni di CO₂ non deve essere visto come uno strumento fisso e rigido, ma come un supporto flessibile, periodicamente aggiornabile e migliorabile, alle azioni sul clima e l'energia dell'Ateneo, per favorire la loro integrazione con altri interventi strutturali e altre decisioni strategiche.

Il Piano redatto permette di ritenere che il Politecnico di Milano può, come altre Università italiane, europee e di altri continenti, dare il suo contributo per affrontare concretamente la sfida del cambiamento climatico.

In questo contesto, va ricordato che il crescente interesse per la definizione di obiettivi di completa decarbonizzazione delle emissioni rende necessario valutare in futuro la possibilità di definire un orizzonte temporale per il completo annullamento delle emissioni dell'Ateneo, ad esempio per l'anno 2050 (o l'anno 2045).

L'approvazione e implementazione di questi obiettivi è accompagnata da numerosi benefici; oltre a quelli di immagine, di leadership su questo tema di grande attualità con cui molte Università iniziano a confrontarsi, una riduzione delle emissioni è accompagnata ad una riduzione della «bolletta energetica» del Politecnico.

Va infine ricordato che il coinvolgimento degli studenti nell'analisi delle strategie di intervento, e la loro implementazione presso le Sedi e i Campus, ha ricadute interessanti anche dal punto di vista didattico e culturale.



7. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Aalborg University (2018) Cost Database – EnergyPLAN. Sustainable Energy Planning Research group. www.energyplan.eu/useful_resources/costdatabase/
- Bertolin A., Tolentino S., Beria P., Perotto E., Guerreschi F.C., Baglione P., Caserini S. (2018) Assessing the impact of changes in mobility behaviour to evaluate sustainable transport policies: case of university Campuses of Politecnico di Milano. Proceedings of CSUM2018 “4th Conference on Sustainable Urban Mobility”, May 24-25, Skiatos Island, Greece.
- Breyer C., E. Vartiainen, and G. Masson (2016) True Competitiveness of Solar PV. A European Case Study. Proceedings of the 32nd European Photovoltaic Solar Energy Conference, June 20 –24, 2016, Munich, Germany
- Carlsson J. et al. (2014) Energy Technology Reference Indicator (ETRI) projections for 2010-2050.
- Caserini S., Baglione P. (2016) Proposta di Piano di Mitigazione delle emissioni di CO₂ del Politecnico di Milano. Politecnico di Milano, Servizio Sostenibilità di Ateneo, dicembre 2016.
- Caserini S., Baglione P. (2018) Inventario delle emissioni di CO₂ del Politecnico di Milano nell’anno 2016. Politecnico di Milano, Servizio Sostenibilità di Ateneo.
- CdUE (2018) Norme sulle emissioni di CO₂ per autovetture e furgoni: il Consiglio approva la sua posizione. Consiglio dell’Unione europea, Comunicato stampa 10 ottobre. <https://www.consilium.europa.eu/it/press/press-releases/2018/10/10/co2-emission-standards-for-cars-and-vans-council-agrees-its-position/>
- EC (2018) 2050 long-term strategy. <https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050>
- EEA (2015) Evaluating 15 years of transport and environmental policy integration. TERM 2015: Transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe. EEA Report No 7/2015
- EEA (2017) Monitoring CO₂ emissions from new passenger cars and vans in 2016. EEA Report No 7/2015.
- EP (2018a) Paris agreement: MEPs call for stepping up EU climate commitments. European Parliament News, 25 October. www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20181018IPR16550/paris-agreement-meps-call-for-stepping-up-eu-climate-commitments
- EP (2018b) Parliament pushes for cleaner cars on EU roads by 2030. European Parliament News, 3 October www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20180925IPR14306/parliament-pushes-for-cleaner-cars-on-eu-roads-by-2030
- ISPRA (2018) Fattori di emissione per la produzione ed il consumo di energia elettrica in Italia. www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni/fattori-di-emissione-per-la-produzione-ed-il-consumo-di-energia-elettrica-in-italia/view



MISE-MATTM (2017) Strategia Energetica Nazionale.
www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/Testo-integrale-SEN-2017.pdf

Moser D., C. Breyer, G. Masson, and E. Vartiainen (2017) Improving the Competitiveness of Solar PV with Electricity Storage. 33rd Eur. Photovolt. Sol. Energy Conf. Exhib. pp. 2783–2789, Nov. 2017.

PSCL (2017). PIANO SPOSTAMENTI CASA-LAVORO DEL POLITECNICO DI MILANO. Versione 1 - Dicembre 2017 (non formalizzata all'esterno). Servizio Sostenibilità di Ateneo. Perotto E. e Guerreschi F.

UNFCC (2018a) Global Climate Action – NAZCA Non-State Action Zone for Climate Action. <http://climateaction.unfccc.int/>

UNFCCC (2018b) Go Climate Neutral Now! <https://offset.climateutralnow.org/>