

VALUTAZIONE DI UN SERVIZIO DI PULIZIA PROFESSIONALE IN AMBITO CIVILE: ANALISI COMPARATIVA MICROBIOLOGICA ED AMBIENTALE TRA METODI TRADIZIONALI E “GREEN”

Rosatelli Asia¹, Bruno Erika², Vogli Luciano³, Bandera Beatrice³, Buffone Cesare³, Franzetti Andrea^{1,*}

¹Università di Milano Bicocca, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Piazza della Scienza 1, 20126, Milano, Italia.

²Università di Milano Bicocca, Dipartimento di Medicina e Chirurgia, 20900, Monza, Italia.

³Punto 3 Srl, 44121, Ferrara, Italia.

Sommario

Le superfici contaminate rappresentano una delle vie principali attraverso cui virus e batteri possono diffondersi. Un buon protocollo di pulizia e sanificazione è fondamentale al fine di preservare una superficie igienica e sanificata in spazi comuni così da limitare la trasmissione di agenti patogeni. Tuttavia, il processo di sanificazione e pulizia delle superfici può comportare degli impatti ambientali significativi. In Italia, i Criteri Ambientali Minimi (CAM) rappresentano un importante strumento normativo per promuovere la sostenibilità ambientale negli appalti pubblici e privati. Nel contesto della pulizia e della sanificazione delle superfici, i CAM possono guidare verso l'adozione di prodotti e metodi a basso impatto ambientale, promuovendo pratiche più sostenibili. In questo lavoro, un protocollo “GREEN”, sviluppato secondo i CAM, è stato valutato, mediante la sua applicazione in un contesto di pulizia civile. La valutazione è stata effettuata sia dal punto di vista ambientale attraverso un'analisi di Life Cycle Assessment (LCA), che dal punto di vista igienico-microbiologico, quantificando i batteri eterotrofi totali a 22°C e a 37°C a seguito di un campionamento esteso a 12 superfici presso l'edificio BL27 del campus Bovisa La Masa del Politecnico di Milano. Lo studio è stato effettuato in modo comparativo rispetto ad un protocollo di pulizia più tradizionale e ha dimostrato l'efficacia del protocollo “GREEN”, adeguata alla destinazione dell'uso dell'area considerata, nell'abbattimento e nel mantenimento delle cariche batteriche al di sotto del valore preso di riferimento in questo studio di 80 UFC cm⁻² e tramite l'analisi LCA una significativa riduzione (29 g di CO₂ per metro quadro) dell'impronta di carbonio, che nello scenario di applicazione del protocollo all'intero cantiere pilota porterebbe all'abbattimento di 311 kg di CO₂ emessa.

Parole chiave: pulizia, sanificazione, sostenibilità, LCA, microbiologia.

EVALUATION OF A PROFESSIONAL CLEANING SERVICE IN A CIVIL CONTEXT: MICROBIOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN TRADITIONAL AND “GREEN” METHODS

Abstract

Surface contamination represents one of the main routes for virus and bacterial diffusion due to the presence of saliva droplets, respiratory secretions, and viral particles which deposit on it. An optimal cleaning and disinfection protocol is fundamental to preserve a hygienic and disinfected surface in public areas, limiting, in this way, pathogen transmission. Nevertheless, cleaning and disinfection processes can lead to significant environmental impacts such as raw materials consumption, transportation of commodities and people, the end of life of the equipment, emissions, and waste production due to packaging. Moreover, cleaning and disinfection activities lead to the consumption of electric energy for water heating and for powering the cleaning equipment, contributing to the emission of greenhouse gasses. In Italy, Minimal Environmental Criteria (Criteri Minimi Ambientali, CAM), published on the Italian Official Journal on 01/29/2021, represent an important policy instrument to promote environmental sustainability in public and private tenders. Within the framework of the cleaning and disinfection sector, CAM can lead towards the adoption of products and processes with a low environmental impact, promoting more sustainable proceedings. In this work, a “GREEN” protocol, has been developed, according to CAM policies, and evaluated by applying it in the context of civil cleaning services. The evaluation has been carried out both through a Life Cycle Assessment analysis (LCA) with an approach “from cradle to grave” and in terms of hygienic and microbiological parameters with the quantification of heterotrophs bacteria at 22°C and 37°C in 12 sampled surfaces at BL27 building of the Bovisa La Masa Campus in Politecnico of Milano. Each surface was sampled in triplicate before and after its disinfection. This

* Per contatti: Piazza della Scienza 1, 20126, Milano, Italia.
Tel +39 02 6448 2927. E-mail andrea.franzetti@unimib.it

Ricevuto il 2-10-2024. Modifiche sostanziali richieste il 27-12-2023.
Accettazione il 17-1-2024.

location has been chosen as an example of civil environment as it comprises classrooms, connective spaces, services, offices, cafeterias, libraries and reading rooms and because it was representative for surface typologies, degree of dirt and for the frequency and methodologies used in civil cleaning worksites. Preliminarily, also the presence of pathogenic bacteria which are fecal contamination indicators has been assessed on each surface with the quantification of *E.coli* and *Clostridium perfringens*. The study has been carried out in a comparative way with respect to a more traditional cleaning protocol and it demonstrated the effectiveness of the “GREEN” protocol, appropriate to the intended use of the considered area. As there aren't any standards or guidelines about the quantitative evaluation of microbial contamination found on surfaces, we considered the one used for restoration environments (80 UFC cm⁻²) as a reference value as the location object of the study does not present particular issues. In fact, in almost all the samples we have taken from the 12 surfaces, the parameters relative to fecal contamination indicators were under the limit of detectability (1 CFU cm⁻²), only in one of the three replicas of SUP1 (classroom floor), 1 CFU cm⁻² of *C.perfringens* has been detected. The “GREEN” protocol guarantees a substantial reduction of the bacterial load and its maintenance under the value of 80 CFU cm⁻². Through the LCA analysis, this study has also assessed a reduction of 29 g of CO₂ per squared meter (18.4%) in the carbon footprint of the “GREEN” protocol with respect to the traditional methodology. The value of this result can be even more appreciated if considering the entire scenario of application of the “GREEN” protocol; in fact the application of the aforementioned cleaning service in the whole pilot site would allow the abatement of 311 kg of emitted CO₂.

Keywords: *cleaning, disinfection, sustainability, LCA, microbiology.*

1. Introduzione

1.1. Pulizia e sanificazione come strumento di sanità pubblica

La trasmissione di malattie attraverso superfici contaminate è un fenomeno riconosciuto da tempo e rappresenta una delle vie principali attraverso cui virus e batteri possono diffondersi all'interno di comunità e popolazioni (Otter et al., 2011). L'avvento della pandemia di COVID-19 ha enfatizzato in maniera significativa l'importanza di preservare una superficie igienica e sanificata, specialmente in spazi comuni, al fine di limitare la trasmissione di agenti patogeni. Le superfici in ambienti condivisi possono facilitare il passaggio di agenti infettivi tra un individuo e gli altri. La frequente manipolazione di oggetti e superfici da parte di diverse persone amplifi-

ca il rischio di contaminazione crociata. La presenza di goccioline di saliva, secrezioni respiratorie e particelle virali e microbiche sulle superfici può costituire una minaccia tangibile per la salute pubblica, poiché tali agenti patogeni possono rimanere vitali per un periodo di tempo considerevole (Kramer et al., 2006). L'attuale pandemia di COVID-19 ha sollevato considerevole attenzione sulla trasmissione del virus SARS-CoV-2 attraverso superfici contaminate. Studi hanno dimostrato che il virus può sopravvivere su varie superfici, tra cui plastica, acciaio inossidabile e vetro, per periodi variabili da alcune ore fino a diversi giorni. Ciò ha sottolineato l'importanza di attuare procedure efficaci di pulizia e sanificazione per ridurre la potenziale diffusione dell'agente patogeno (Carraturo et al., 2020; Kampf et al., 2020; Marquès et al 2021). Il processo di pulizia, sebbene fondamentale, rappresenta solo il primo passo nell'assicurare la sicurezza delle superfici. Questo processo implica la rimozione visibile di detriti e sporcizia, ma non necessariamente l'eliminazione dei patogeni. Al contrario, la sanificazione, che coinvolge l'utilizzo di agenti chimici o fisici, si pone come elemento chiave per l'annientamento dei microrganismi patogeni e la conseguente riduzione del rischio di infezione (Decreto Ministeriale 274/1997). Diverse categorie di agenti chimici vengono adoperate per la sanificazione delle superfici, tra cui alcoli, composti a base di cloro e Sali quaternari d'ammonio. Tuttavia, la scelta del prodotto sanitizzante e la sua concentrazione richiedono valutazioni ponderate. È cruciale garantire che l'agente selezionato sia efficace contro l'agente patogeno target e che sia applicato correttamente, tenendo in considerazione il tempo di contatto necessario per l'azione antimicrobica (Assadian et al., 2021).

1.2. Impatto ambientale dei processi di pulizia e sanificazione

Il processo di sanificazione e pulizia delle superfici può comportare tuttavia una serie di impatti ambientali significativi. L'utilizzo di prodotti, attrezzature e macchinari per l'espletamento del servizio è causa di molteplici impatti ambientali lungo tutto il ciclo di vita. Per citarne alcuni: il consumo di materie prime, il trasporto di beni e persone, il fine vita delle macchine, gli scarichi e la produzione di rifiuti da imballaggi. E ancora, le attività di pulizia e di ricondizionamento delle attrezzature sono fonte di consumi di energia elettrica, per scaldare l'acqua e alimentare le attrezzature di pulizia, e contribuiscono quindi alle emissioni di gas serra (Palabiyik et al., 2015). In Italia, i Criteri Ambientali Minimi (CAM) rappresentano un importante strumento normativo per promuovere la sostenibilità ambientale negli appalti pubblici e privati. I CAM stabiliscono requisiti che gli acquirenti pubblici e privati devono rispettare al fine di ridurre l'impatto ambientale dei prodotti, dei

servizi e dei lavori appaltati. Nel contesto della pulizia e della sanificazione delle superfici, i CAM, pubblicati in Gazzetta Ufficiale il 29/01/2021, possono guidare verso l'adozione di prodotti e metodi a basso impatto ambientale, promuovendo pratiche più sostenibili. L'Analisi del Ciclo di Vita (LCA) è un approccio metodologico utilizzato per valutare gli impatti ambientali di un prodotto, un servizio o un processo lungo l'intero ciclo di vita, dalla produzione al consumo e alla gestione dei rifiuti. Nella valutazione dell'impatto ambientale della sanificazione e pulizia delle superfici, l'LCA può fornire una visione completa degli effetti ambientali associati a diverse pratiche, consentendo di confrontare l'impatto di processi tradizionali con quelli a basso impatto ambientale (Van Lieshout et al., 2015). L'adozione dei CAM e l'utilizzo dell'LCA permettono di definire pratiche di pulizia e sanificazione a basso impatto ambientale finalizzate a ridurre l'uso di prodotti chimici nocivi, a limitare l'inquinamento dell'ambiente acquatico e terrestre, ad ottimizzare il consumo di acqua ed energia, contribuendo alla riduzione delle emissioni di gas serra e alla conservazione delle risorse idriche. Inoltre, l'adozione di prodotti e metodi sostenibili può favorire la promozione dell'immagine aziendale, rispondendo alle crescenti aspettative dei consumatori per pratiche ecologiche.

1.3. Obiettivo del lavoro

Il presente lavoro si inserisce nel progetto CLEANING – Protocollo “GREEN”, avviato dal Politecnico di Milano in collaborazione con L'Operosa, con il supporto di Punto 3 Srl, Sutter SpA e Università degli Studi di Milano – Bicocca, finalizzato a sviluppare un percorso di valorizzazione dell'offerta dei servizi di pulizia in chiave

CAM – Criteri Ambientali Minimi, attraverso uno studio LCA – Life Cycle Assessment (Valutazione del Ciclo di Vita) comparativo della valenza ambientale e qualitativa (igienico-microbiologica) del nuovo Protocollo “GREEN” recentemente sviluppato per andare oltre la conformità richiesta dai nuovi CAM Cleaning Professionale.

2. Materiali e metodi

2.1. Area di applicazione

Il caso di studio oggetto della presente analisi è rappresentato dal servizio di pulizia erogato da L'Operosa presso l'edificio BL27 del campus Bovisa La Masa del Politecnico di Milano, viale Raffaele Lambruschini 4, 20156 Milano (MI). Il cantiere di riferimento è quindi un ambito di pulizia civile, composto da aule didattiche, spazi connettivi, servizi, uffici, mense, biblioteche e sale lettura. È stato scelto per questa analisi perché rappresentativo della tipologia di superfici, del grado di sporco, delle frequenze e delle metodologie adoperate nei cantieri di pulizia civili.

2.2. Protocollo “GREEN”

Il protocollo “GREEN” prevede l'utilizzo di prodotti e attrezzature a minor impatto ambientale rispetto al protocollo tradizionale. In Tabella 1 sono riportati i prodotti e le attrezzature/macchinari per il protocollo “GREEN” e Tradizionale per le operazioni di pulizia effettuate.

2.3. Analisi comparativa LCA

La superficie dell'area campione dello studio di analisi comparativa copre un'area complessiva di 10735.64 m². In Tabella 2 sono riportati gli ambienti e le aree di studio per l'analisi comparativa LCA.

Tabella 1. Caratteristiche di prodotti, attrezzature e macchinari utilizzati nel protocollo “GREEN” e quello tradizionale.

Operazione pulizia	Protocollo Green		Protocollo Tradizionale	
	Prodotto	Attrezzatura / Macchinario	Prodotto	Attrezzatura / Macchinario
Detersione pavimenti – Aree uffici, mense, aule didattiche, biblioteche e sale lettura	"detergente Ecolabel, diluito al 3% in lavatrice sapone, tensioattivi anionici, tensioattivi non ionici < 5 %"	frangia piatta in poliestere e poliammide, ultramicrofibra, Ecolabel	"detergente Ecolabel diluito al 3% in secchio sapone, tensioattivi anionici, tensioattivi non ionici < 5 %"	frangia piatta in viscosa, microfibra
Detersione pavimenti – Spazi connettivi	"detergente Ecolabel, diluito al 3% in macchina sapone, tensioattivi anionici, tensioattivi non ionici < 5 %"	lavasciuga in modalità ECO	"detergente Ecolabel diluito al 3% in macchina sapone, tensioattivi anionici, tensioattivi non ionici < 5 %"	lavasciuga in modalità normale
Spazzatura a umido pavimenti – Aree uffici, spazi connettivi, mense, aule didattiche, biblioteche e sale lettura	-	-	-	veline impregnate monouso

Operazione pulizia	Protocollo Green		Protocollo Tradizionale	
	Prodotto	Attrezzatura / Macchinario	Prodotto	Attrezzatura / Macchinario
Spolveratura a umido, altezza operatore, di arredi, porte e punti di contatto comune – Aree uffici, spazi connettivi, mense, aule didattiche, biblioteche e sale lettura	"detergente Ecolabel super concentrato, diluito al 6% in flacone tensioattivi anionici < 5 %"	panno multiuso in poliestere e poliammide, ultra-microfibra, Ecolabel	"detergente Ecolabel pronto all'uso tensioattivi anionici < 5 %"	panno multiuso in poliestere, microfibra
Detersione banchi, piani di lavoro, lavagne – Aule didattiche	"detergente Ecolabel super concentrato, diluito al 6% in flacone tensioattivi anionici < 5 %"	panno multiuso in poliestere e poliammide, ultra-microfibra, Ecolabel	"detergente Ecolabel pronto all'uso tensioattivi anionici < 5 %"	panno multiuso in poliestere, microfibra
Aspirazione polvere – Biblioteche e sale lettura	-	aspirapolvere	-	aspirapolvere
Detersione e disinfezione pavimento – Servizi igienici al pubblico	detergente-disinfettante PMC, a base ipoclorito, diluito al 3% in vaschetta	frangia piatta in poliestere, ultra-microfibra, Ecolabel	detergente-disinfettante PMC, a base ipoclorito, diluito al 3% in secchio	frangia piatta in viscosa, microfibra
Detersione e disinfezione sanitari, pareti circostanti e arredi – Servizi igienici al pubblico	detergente-disinfettante ad azione disincrostante PMC, a base acido formico, pronto all'uso	panno multiuso in poliestere e poliammide, ultra-microfibra, Ecolabel	"detergente-disinfettante PMC, a base ipoclorito, diluito al 3% in flacone + detergente ad azione disincrostante, a base acido citrico, Ecolabel, pronto all'uso"	panno multiuso in poliestere, microfibra
Disincrostazione dei sanitari – Servizi igienici al pubblico	detergente-disinfettante ad azione disincrostante PMC, a base acido formico, pronto all'uso	-	detergente ad azione disincrostante, a base acido citrico e acido lattico, Ecolabel, pronto all'uso	-
Ricondizionamento tessili	"detergente enzimatico concentrato, Ecolabel tensioattivi non ionici 15 – 30 %, sapone, tensioattivi anionici 5 – 15 %"	lavatrice professionale, capacità 8 kg, cicli lavaggio a 40 °C	"detergente enzimatico concentrato, Ecolabel tensioattivi non ionici 15 – 30 %, sapone, tensioattivi anionici 5 – 15 %"	lavatrice professionale, capacità 8 kg, cicli lavaggio a 60 °C
	"alcalinizzante ad alta concentrazione, Ecolabel fosfonati, poliacarbossilati < 5 %"		"alcalinizzante ad alta concentrazione, Ecolabel fosfonati, poliacarbossilati < 5 %"	
	"disinfettante a base di ossigeno attivo e acido peracetico, PMC sbiancanti a base di ossigeno > 30 %"		"disinfettante a base di ossigeno attivo e acido peracetico, PMC sbiancanti a base di ossigeno > 30 %"	

Coerentemente con la norma ISO 14067, l'unità funzionale utilizzata nello studio è quella definita dalla *Product Category Rules (PCR)* esistente per il sistema di prodotto in esame, ovvero: 1 metro quadro di superficie media rappresentativa mantenuto pulito per 1 anno. Nella definizione della superficie rappresentativa sono stati tenuti in considerazione i differenti tipi di ambienti considerati nelle aree campione. I confini del sistema adottati nel presente studio sono

del tipo "dalla culla alla tomba", coerentemente con la PCR 2011:03. Nel seguente diagramma sono indicati i processi inclusi nello studio, suddivisi nelle tre fasi "upstream", "core" e "downstream" (Figura 1).

La metodologia di calcolo dell'analisi LCA comparativa è implementata attraverso il calcolo della categoria d'impatto *Global Warming Potential* (Potenziale di Riscaldamento Globale o GWP) basata sul modello realizzato dall'Intergovernmental Panel on Climate

Tabella 2. Ambienti e superfici di studio.

Area 1 Uffici	Area 2 Spazi connettivi	Area 3B Servizi igienici al pubblico	Area 6 Mense	Area 8 Aule didattiche	Area 14 Biblioteche e sale lettura	Area 15 Aree esterne non a verde	Area 4 Aree Tecniche	TOTALE MQ
463.26	3090.66	465.05	31.00	2177.28	1513.90	1716.13	1278.36	10735.64

Change. Tale modello valuta il contributo all'aumento di effetto serra, e quindi all'innalzamento della temperatura terrestre, di alcuni gas presenti in atmosfera (nello specifico CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, HFCs, PFCs), correlando la quantità emessa all'indicatore di categoria "kg CO₂ equivalenti", attraverso l'utilizzo del fattore di caratterizzazione specifico. Come previsto dalle norme UNI EN ISO 14040 – 14044, per procedere con l'analisi LCA comparativa è stato necessario portare a termine un campionamento *in situ* nel cantiere pilota per ciascuno dei due protocolli analizzati. Il suddetto campionamento è stato eseguito in due finestre temporali consecutive di 29 giorni ciascuna, nei seguenti periodi:

Protocollo	Data inizio	Data fine	giorni
Protocollo Tradizionale	11/11/2022	16/12/2022	29
Protocollo Green	21/02/2023	27/03/2023	29

2.3. Analisi microbiologiche

La sperimentazione per la valutazione dell'efficienza di sanificazione delle superfici è stata condotta su 12 differenti superfici in quattro differenti ambienti (Tabella 3).

Le prove di lavaggio per le analisi microbiologiche sono state condotte il 15/12/2022 per il protocollo tradizionale e il 12/07/2023 per il protocollo "GREEN". Per ciascuna superficie è stato condotto il campionamento dei batteri attraverso tampone (SRK[®] Rinse Solution-COPAN Diagnostic). Il campionamento è stato eseguito prima e dopo l'utilizzo dei prodotti di pulizia, individuando tre aree rappresentative. Per le superfici S1, S2, S4, S8, S9 e S11 e S12 sono stati campionati 100 cm² per ogni area; per le altre superfici le superfici campionate prima e dopo il lavaggio erano equivalenti. I tamponi sono stati mantenuti nel liquido di conservazione in borsa termica e sono stati trasportati entro 4 ore presso il laboratorio di Microbiologia Ambientale dell'Università di Milano – Bicocca. Si è operato successivamente il distacco delle cellule batteriche dal tampone tramite vortex e sono stati quantificati i seguenti parametri microbiologici in accordo con metodiche standard (Istituto Superiore della Sanità, Rapporti ISTISAN 13/37):

- Batteri eterotrofi totali a 22° C;
- Batteri eterotrofi totali a 37° C.

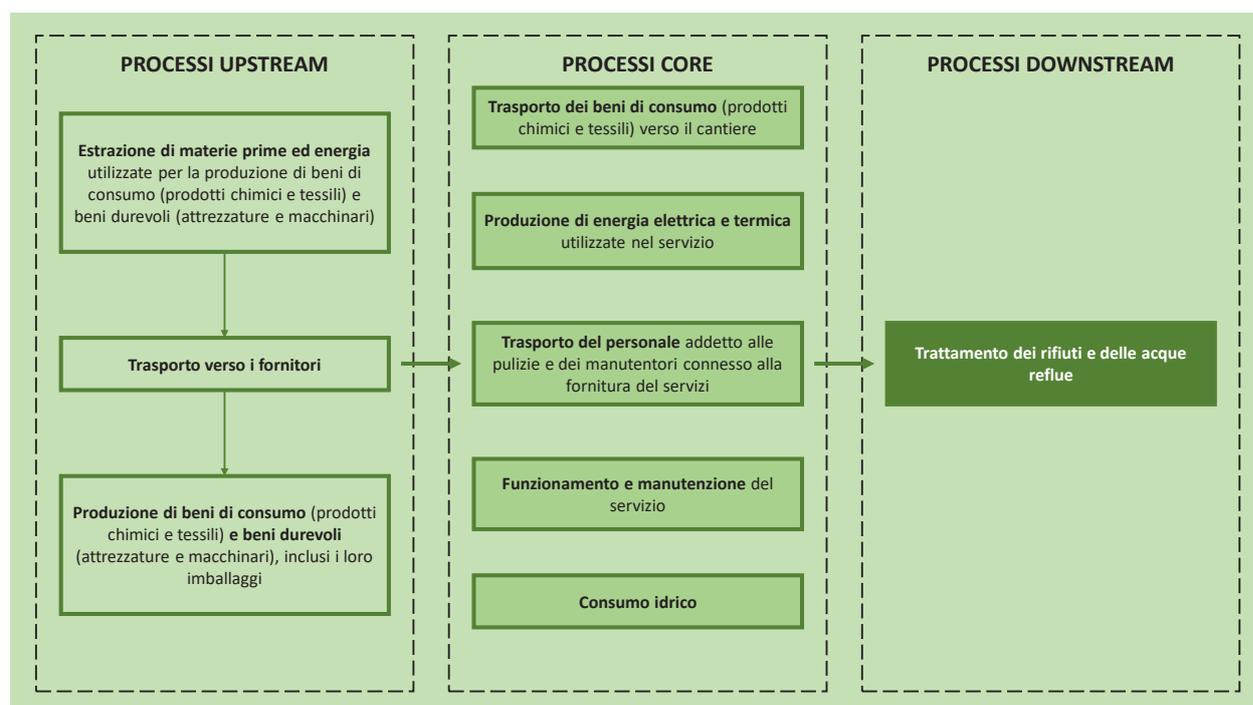


Figura 1. Diagramma di illustrazione dei processi inclusi nei confini del sistema, suddivisi nelle fasi "upstream", "core" e "downstream".

Tabella 3. Ambienti e superfici di studio per le analisi microbiologiche.

AMBIENTE	SUPERFICIE
AULA STUDIO BL27.10 I PIANO	S1.PAVIMENTO
	S2.TAVOLO
BAGNO UOMINI PIANO TERRA	S3. WC
	S4.PAVIMENTO
	S5.LAVANDINO
	S6.MANIGLIA
UFFICIO (primo piano)	S7. TELEFONO
	S8. SCRIVANIA
	S9. PAVIMENTO
CORRIDOIO (entrata)	S10. MANIGLIA ENTRATA
	S11. PAVIMENTO
	S12. CESTINO RIFIUTI

I risultati sono riportati come Unità Formanti Colonia per cm² o per unità di superficie (UFC per unità di superficie). Preliminarmente si è anche verificata la presenza di batteri patogeni utilizzati come indicatori di contaminazione fecale attraverso la determinazione dei parametri microbiologici:

- *E. coli* tramite metodica standard (Istituto Superiore della Sanità, Rapporti ISTISAN 13/37).
- *Clostridium perfringens* tramite Terreno Selettivo m-CP (Biolife Italiana Srl) (Direttiva del Consiglio Europeo 98/83/CE).

3. Risultati

3.1. LCA comparativa

I risultati dell'analisi LCA comparativa evidenziano come la Carbon Footprint of Product (CFP) del protocollo tradizionale risulti essere di 159 g di CO₂e per ogni m² di superficie pulita all'anno, mentre quella del Protocollo "GREEN" è risultata pari a 130 g di CO₂e, con una riduzione di 29 g di CO₂e per ogni metro quadro (18,4%).

Il plusvalore ambientale del Protocollo "GREEN" è ancora più evidente se si considera lo scenario di applicazione del protocollo all'intero cantiere pilota oggetto del presente studio – l'edificio BL27 del Campus Bovisa La Masa del Politecnico di Milano. Dai risultati della presente analisi comparativa si evince che il servizio di pulizia erogato in conformità al Protocollo "GREEN" sull'intero cantiere pilota permette di evitare ogni anno l'emissione di 311 kg di CO₂e. In Tabella 4 sono riportati i valori di CFP per gli aspetti del servizio di pulizia considerati. Si può notare come nel protocollo "GREEN" si abbiano maggiori impatti nel consumo di energia e prodotti chimici da parte della lavatrice rispetto al Tradizionale, dovuti ad un numero superiore di cicli di ricondizionamento dei tessili. Questo aspetto è associato

alla metodologia della pre-impregnazione in macchina per le frange destinate al lavaggio dei pavimenti. D'altra parte, questa scelta risulta virtuosa perché assicura una riduzione nel consumo delle attrezzature tessili non ricondizionabili (usa e getta), e di conseguenza del rifiuto generato. La maggiore riduzione in termini assoluti di impatto è connessa alla riduzione nell'utilizzo dei prodotti chimici per la pulizia, dovuta alla maggiore concentrazione di quelli utilizzati nel protocollo "GREEN".

3.2. Analisi microbiologiche

Per la quasi totalità dei campioni analizzati i parametri *E. coli* e *C. perfringens* sono risultati essere al di sotto del limite di rilevabilità uguale a 1 UFC cm⁻² o 100 UFC per unità di superficie campionata. Unicamente per una delle tre repliche della superficie SUP1 (AULA STUDIO BL27.10) effettuate prima della pulizia con il protocollo tradizionale il parametro *C. perfringens* è risultato essere pari a 1 UFC cm⁻². Questi risultati dimostrano la sostanziale assenza di indicatori batterici di patogenicità di origine fecale dalle superfici analizzate. Per ciò che concerne l'efficacia di sanificazione, si riportano in Tabella 5 i risultati della determinazione dei parametri microbiologici prima e dopo la pulizia, sia per il protocollo tradizionale sia per quello "GREEN".

In figura 2 sono riportati i box plot dei risultati delle conte dei parametri microbiologici in cui si può osservare la variabilità dei dati.

Sono riportate in Tabella 6 le percentuali di abbattimento delle cariche batteriche dopo il lavaggio delle superfici. Nei casi in cui sono risultate cariche batteriche più alte dopo le operazioni di lavaggio è stato indicato un abbattimento pari a zero. Dai risultati emerge come per entrambi i parametri analizzati ci sia stato un generale abbattimento delle cariche dopo i lavaggi, sia con il metodo tradizionale sia con quello "GREEN" che non

Tabella 4. Valori di CFP calcolati.

ASPETTO	$\Delta\%$ CFP	o CFP	Unità di misura
	Green Vs Tradizionale	Green Vs Tradizionale	
PRODOTTI CHIMICI PULIZIA	-0.54	-189.00	kg CO ₂ e/ cantiere anno
CONSUMI ENERGETICI LAVANDERIA	0.20	106.00	kg CO ₂ e/ cantiere anno
CARRELLO	-0.83	-98.00	kg CO ₂ e/ cantiere anno
CONSUMO ENERGETICO MACCHINARI	-0.41	-97.10	kg CO ₂ e/ cantiere anno
TRATTAMENTO ACQUE REFLUE	0.75	40.30	kg CO ₂ e/ cantiere anno
ATTREZZATURE TESSILI	-0.59	-38.10	kg CO ₂ e/ cantiere anno
PRODOTTI LAVANDERIA	0.13	26.00	kg CO ₂ e/ cantiere anno
RIFIUTI IN PLASTICA	-0.40	-24.70	kg CO ₂ e/ cantiere anno
TRASPORTO PRODOTTI PULIZIA	-0.40	-6.41	kg CO ₂ e/ cantiere anno

presenta sostanziali differenze tra i due parametri indagati (batteri totali a 22°C e a 37°C). Per il trattamento tradizionale, nel caso dei batteri totali a 22°C il lavaggio ha ridotto le cariche batteriche sulla superficie al di sotto della rilevabilità in 7 casi sugli 11 analizzabili; per i batteri totali a 37°C questo è successo in 5 casi sui 12 analizzati. A seguito del lavaggio con il processo “GREEN” le cariche batteriche sono sempre state rilevabili pur osservando abbattimenti superiori all’80% delle cariche batteriche in 5 casi sia per batteri totali a 22°C sia per i batteri totali a 37°C. In generale, emerge come le superfici lisce e piatte quali i pavimenti (S1, S4 e S9) e il WC

(S3) siano state più efficacemente sanificate dai processi di lavaggio. In questi casi, con l’eccezione del campione S4 per i batteri a 37°C, i livelli di abbattimento a seguito dei lavaggi con processo tradizionale e “GREEN” sono comparabili. Nel caso di superfici irregolari e/o corrugate quali lavandino, maniglia e telefono si osserva una minore efficacia di sanificazione e una minore efficacia del processo “GREEN” rispetto a quello tradizionale. Particolarmente rilevanti sono i casi del lavandino e del WC. Nel primo caso, ossia il lavandino, osserviamo le più alte cariche batteriche e bassa efficacia di igienizzazione in particolare per il trattamento “GREEN”; nel

Tabella 5. Valori medi dei parametri microbiologici per il trattamento tradizionale e quello “GREEN”. I risultati sono riportati come Unità Formanti Colonia per cm² per le superfici S1, S2, S4, S8, S9 e S11 e come Unità Formanti Colonia per unità di superficie per le altre.

	Batteri eterotrofi totali 22°C – CFU cm ² – superficie				Batteri eterotrofi totali 37°C – CFU cm ² – superficie			
	Tradizionale		GREEN		Tradizionale		GREEN	
	prima del lavaggio	dopo il lavaggio	prima del lavaggio	dopo il lavaggio	prima del lavaggio	dopo il lavaggio	prima del lavaggio	dopo il lavaggio
S1.PAVIMENTO	13708	467	49	3	60025	17	111	13
S2.TAVOLO	3533	<1	3	17	1933	<1	8	1
S3.WC	300	<100	58633	133	8300	<100	146100	400
S4.PAVIMENTO	7	<1	245	77	531	<1	741	663
S5.LAVANDINO	24733	15867	385100	924000	766133	35200	795667	2454667
S6.MANIGLIA	3167	<100	7267	1433	9833	10100	30433	1500
S7. TELEFONO	<100	<100	500	67	133	3333	167	133
S8. SCRIVANIA	111	<1	<1	1	84	<1	1	2
S9.PAVIMENTO	70	306	14	14	37	34	2	4
S10. MANIGLIA ENTRATA	33	<100	767	833	17600	6833	467	133
S11. PAVIMENTO	4	<1	148	22	17	<1	203	46
S12. CESTINO RIFIUTI	100	1000	7800	400	200	400	12200	100

secondo caso (WC) si osservano alte cariche iniziali ed alti livelli di abbattimento soprattutto per il trattamento “GREEN”. In alcuni casi, le cariche batteriche sono risultate maggiori dopo il lavaggio rispetto ai valori iniziali. Questo risultato è dovuto alla variabilità della carica batterica iniziale sulle aree analizzate. Infatti, le analisi sono state condotte su sei aree differenti, tre per le analisi prima del lavaggio e tre per le analisi dopo il lavaggio. Questo tipo di risultato è stato ottenuto 2 e 3 volte nel caso del trattamento tradizionale, rispettivamente per i batteri totali a 22°C e 37°C; nel caso del trattamento “GREEN” questo risultato si è ottenuto 4 volte per i batteri totali a 22°C e 3 volte per i batteri totali a 37°C.

4. Discussione

Il presente lavoro ha l'obiettivo di comparare e valutare la compatibilità di utilizzo in termini di efficacia di riduzione delle cariche batteriche, del processo di lavaggio di superfici **CLEANING – Protocollo “GREEN”**, rispetto al processo tradizionale. L'analisi LCA ha mostrato come l'utilizzo del protocollo “GREEN” porti ad un significativo abbattimento dell'impronta di carbonio (CFP) rispetto all'approccio tradizionale con conseguente riduzione delle emissioni di gas clima-alteranti. Nonostante il processo di pulizia non sia generalmente

finalizzato, in ambienti non nosocomiali, alla disinfezione delle superfici, è assodato come la pulizia rimuova fisicamente sporco, detriti e microrganismi dalle superfici, riducendone la presenza e il potenziale di trasmissione. Infatti, l'efficacia dell'abbattimento della carica batterica sulle superfici di edifici pubblici grazie alla pulizia è un aspetto importante per mantenere un ambiente pulito e salubre. Mentre gran parte della ricerca in questo settore si concentra sulla persistenza di agenti patogeni nosocomiali nelle strutture sanitarie, ci sono anche prove che suggeriscono che la pulizia può ridurre efficacemente la carica batterica sulle superfici domestiche, compresi i batteri non patogeni. Una revisione sistematica condotta da Kramer e colleghi ha esaminato la persistenza di diversi patogeni nosocomiali su superfici (Kramer et al., 2006). La revisione ha rilevato che le superfici possono fungere da fonte per focolai di infezioni nosocomiali e la pulizia a base di detergenti e disinfettanti può aiutare a controllare questi agenti patogeni (Kramer et al., 2006). In una revisione di Dancer, è stato sottolineato il ruolo della pulizia nella gestione delle infezioni acquisite in ospedale (HAI) (Dancer, 2014). La revisione ha evidenziato l'importanza della pulizia e della disinfezione nel controllo di agenti patogeni come gli enterococchi resistenti alla vancomicina (VRE),

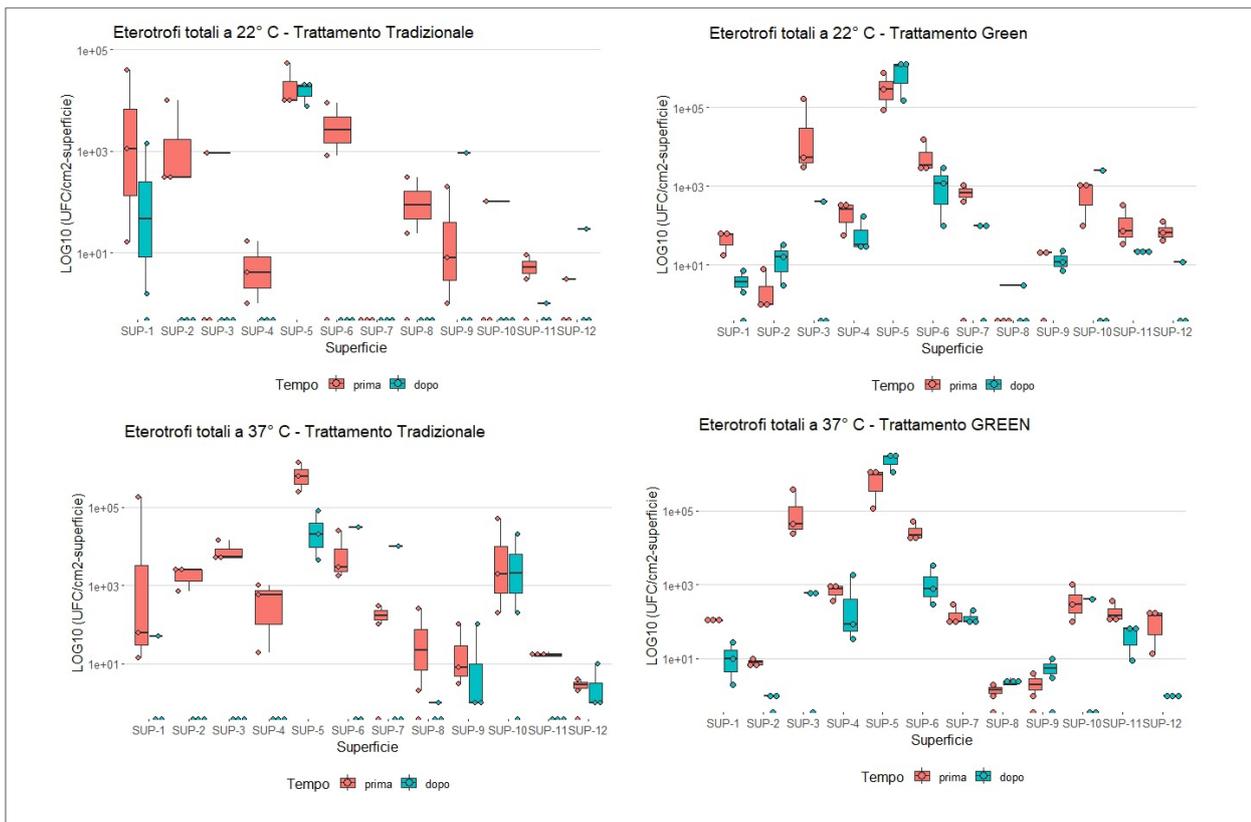


Figura 2. Box-plot dei risultati delle determinazioni dei parametri microbiologici. I risultati sono espressi come Log_{10} di CFU per unità di superficie o cm^2 . I dati al di sotto del limite di rilevabilità sono espressi come dato nullo. Il limite di rilevabilità per le superfici S1, S2, S4, S8, S9 e S11 è pari a 1 CFU cm^{-2} ; per le altre superfici il limite di rilevabilità è pari a 100 CFU per unità di superficie campionata.

Tabella 6. Valori medi di abbattimento delle cariche batteriche per il trattamento tradizionale e quello “GREEN”. Con NA sono indicate le superfici in cui la carica batterica non è stata rilevabile prima del lavaggio.

Campione	Batteri eterotrofi totali 22°C – Abbattimento (%)		Batteri eterotrofi totali 37°C – Abbattimento (%)	
	Tradizionale	GREEN	Tradizionale	GREEN
S1.PAVIMENTO	96.6	93.9	99.9	88.0
S2.TAVOLO	>97	0.0	>95.0	91.7
S3. WC	>67	99.8	>98.0	99.7
S4.PAVIMENTO	>86	68.6	>99.0	10.4
S5.LAVANDINO	35.8	0.0	95.0	0.0
S6.MANIGLIA	>97	80.3	0.0	95.1
S7. TELEFONO	NA	86.7	0.0	20.0
S8. SCRIVANIA	>99	NA	>99	0.0
S9.PAVIMENTO	0.0	0.0	9.0	0.0
S10. MANIGLIA ENTRATA	>97	0.0	61.0	71.4
S11. PAVIMENTO	>75	85.0	>94	77.1
S12. CESTINO RIFIUTI	0.0	95.0	0.0	99.2

Staphylococcus aureus resistente alla meticillina (MRSA) e *Clostridium difficile* (Dancer, 2014). Questi risultati suggeriscono che la pulizia può ridurre efficacemente la carica batterica e contribuire alla prevenzione delle infezioni. Sebbene vi siano ricerche limitate che affrontino specificamente l'efficacia della pulizia delle superfici in edifici pubblici non nosocomiali, è possibile applicare i principi di pulizia e disinfezione. Sebbene il focus della pulizia nelle strutture sanitarie sia spesso sui batteri patogeni, è importante notare che anche i batteri non patogeni svolgono un ruolo nel mantenimento di un ambiente sano. I batteri non patogeni possono ancora contribuire a odori sgradevoli, deterioramento delle superfici e potenziale contaminazione incrociata. Pertanto, sono essenziali pratiche di pulizia efficaci che prendano di mira sia i batteri patogeni che quelli non patogeni. Come emerge dalle linee guida INAIL (INAIL, 2017) non esistono standard o riferimenti normativi per quel che riguarda la valutazione quantitativa dei livelli di contaminazione microbica rinvenuti sulle superfici. La maggior parte dei lavori reperiti in letteratura, riporta valori finalizzati a valutare l'efficacia delle azioni di sanificazione condotte. In questi lavori vengono definiti valori limite di contaminazione microbica differenti in funzione del parametro determinato e della destinazione d'uso. Si ritrovano valori molto stringenti per le destinazioni d'uso nosocomiale e farmaceutico, mentre valori meno stringenti sono riportati per il settore alimentare. Per ambienti critici (es. sale operatorie di ospedali e *clean room*) viene proposto dai diversi autori un valore di carica batterica totale ottimale pari a 0.2 UFC cm⁻², per zone a rischio molto alto il valore ottimale è 0.04 UFC cm⁻². Per ambienti a media criticità (ovvero

assimilabili ai reparti di degenza delle strutture ospedaliere) vengono proposti valori ottimali variabili tra 0.6 e 2.5 anche in funzione delle diverse tipologie ambientali, con un valore modale pari a 2 UFC cm⁻². Per ambienti a bassa criticità, come ad esempio uffici, zone di transito, ecc. il valore ottimale indicato è 5 UFC cm⁻². Nel settore alimentare si nota una variabilità ancora maggiore, dovuta probabilmente alla necessità degli operatori del settore di garantire uno standard di qualità quanto più possibile specifico ed oggettivo. I valori indicati come ottimali per superfici sulle quali vengono preparati gli alimenti variano da 0.08 a 10 UFC cm⁻². Il valore di 80 UFC cm⁻² è stato riferito a superfici di ambienti destinati alla ristorazione (INAIL, 2017). Nell'ambito investigato di un campus universitario non sono presenti criticità derivanti dall'utilizzo a fini di ristorazione, ma può essere utilizzato il valore sopra menzionato di 80 UFC cm⁻² come valore riferito ad ambienti di ristorante. In Tabella 7 si riporta, limitatamente ai pavimenti e scrivanie/tavoli in cui è stato possibile determinare il titolo batterico per cm², la frequenza con la quale è stato superato il limite di 80 UFC cm⁻², sia prima sia dopo il lavaggio.

Questa analisi mostra come anche il protocollo “GREEN” sia generalmente in grado di ridurre i superamenti dei valori di riferimento di contaminazione microbica delle superfici, in particolare per i batteri eterotrofi totali 37°C.

5. Conclusioni

Il protocollo “CLEANING GREEN” è stato specificamente sviluppato per ridurre l'impatto ambientale del processo di pulizia e, allo stesso tempo, garantire adeguate capacità detergenti e di sanificazione. L'analisi

Tabella 7. Frequenza di superamento dei valori di 80 UFC cm⁻² per pavimenti e tavoli/scrivanie.

Limite 80 UFC cm ⁻²	Batteri eterotrofi totali 22°C		Batteri eterotrofi totali 37°C	
	Tradizionale	GREEN	Tradizionale	GREEN
Prima del lavaggio	7/18	3/18	8/18	9/18
Dopo il lavaggio	2/18	1/18	1/18	2/18

LCA ha dimostrato e quantificato una significativa riduzione dell'impronta di carbonio. Considerata l'assenza di microrganismi patogeni indicatori di contaminazione fecale e che il campus universitario non presenta criticità sanitarie o legate ai servizi di ristorazione, le analisi microbiologiche condotte hanno mostrato come il protocollo "GREEN" garantisca un sostanziale abbattimento delle cariche batteriche e il mantenimento di cariche microbiche adeguate alle destinazioni d'uso dell'area considerata. In conclusione, il protocollo "GREEN" ha dimostrato, sia dal punto di vista dell'analisi ambientale, sia dal punto di vista dell'analisi microbiologica, di essere conforme al CAM, nello specifico al requisito premiante di cui alla lettera "e". ■

Riferimenti bibliografici

- Assadian O., Harbarth S., Vos M., Knobloch J. K., Asensio A., Widmer A. F. (2021) Practical recommendations for routine cleaning and disinfection procedures in healthcare institutions: a narrative review. *Journal of Hospital Infection*: 104-114.
- Carraturo F., Del Guidice G., Morelli M., Cerullo V., Libralato G., Galdiero E., Guida M. (2020) Persistence of SARS-CoV-2 in the environment and COVID-19 transmission risk from environmental matrices and surfaces. *Environmental Pollution* 265: 115010.
- Dancer S.J. (2014) Controlling Hospital-Acquired Infection: Focus on the Role of the Environment and New Technologies for Decontamination. *Clinical Microbiology Reviews*, 27(4): 665-690.
- Decreto Ministeriale 7 Luglio 1997, n. 274, per la disciplina delle attività di pulizia, di disinfezione, di disinfestazione, di derattizzazione e di sanificazione (GU Serie Generale n.188 del 13-08-1997).
- Decreto Ministeriale 29 gennaio 2021, Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di pulizia e sanificazione di edifici e ambienti ad uso civile, sanitario e per i prodotti detergenti. (21A00941) (GU Serie Generale n.42 del 19-02-2021).
- Direttiva del Consiglio Europeo 98/83/CE del 3 Novembre sulla qualità delle acque destinate al consumo umano (GU L 330 del 5.12.1998, pag. 32).
- INAIL (2017) La contaminazione microbiologica delle superfici negli ambienti lavorativi.
- Istituto Superiore della Sanità (2013) Strategie di monitoraggio dell'inquinamento di origine biologica dell'aria in ambiente indoor, Rapporti ISTISAN 13/37.
- Kampf G., Todt D., Pfaender S., Steinmann E. (2020) Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *Journal of Hospital Infection* 106: 678-697.
- Kramer A., Schwebke I., Kampf G. (2006) How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review. *BMC Infectious Diseases* 6:130.
- Marquès M., Domingo J. L. (2021) Contamination of inert surfaces by SARS-CoV-2: Persistence, stability and infectivity. A review. *Environmental Research* 193: 110559.
- Palabiyik I., Yilmaz M. T., Fryer P. J., Robbins P. T., Toker O. S. (2015) Minimising the environmental footprint of industrial-scaled cleaning processes by optimisation of a novel clean-in-place system protocol. *Journal of Cleaner Production* 108: 1009-1018.
- Otter J. A., Yezli S., French G. L. (2011) The Role Played by Contaminated Surfaces in the Transmission of Nosocomial Pathogens. *Infection Control and Hospital Epidemiology* 32(7).
- UNI EN ISO 14040:2006 Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Principi e quadro di riferimento.
- UNI EN ISO 14044:2006 Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Requisiti e linee guida.
- UNI EN ISO 14067:2018 Gas ad effetto serra – Impronta climatica dei prodotti (Carbon footprint dei prodotti) – Requisiti e linee guida per la quantificazione.
- Van Lieshout K. G., Bayley C., Akinlabi S. O., von Rabenau L., Dornfeld D. (2015) Leveraging life cycle assessment to evaluate environmental in green cleaning products. *Procedia CIRP* 29: 372-377.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano il Politecnico di Milano, in particolare, Eleonora Perotto (Area Gestione Infrastrutture e Servizi, Servizio Sostenibilità Ambientale) per il coordinamento del progetto in chiave sostenibile, Giacomo Rossello e Roberto Castelli (Area Gestione Infrastrutture e Servizi, Servizio Gestione Patrimonio Edilizio-Campus Bovisa) per la gestione degli aspetti logistico-infrastrutturali e il supporto nelle attività di campionamento.



INGEGNERIA DELL'AMBIENTE

per il 2023 è sostenuta da:



INGEGNERIA
DELL'AMBIENTE



N. 4/2023



Veolia Water Technologies Italia S.p.A.



STADLER ITALIA S.r.l.