

# Linee Guida EFLM per Laboratori Clinici Eco Responsabili e Sostenibili

Traduzione Italiana



Carissime/i

Il tema della sostenibilità ambientale con la conseguente necessità di attuare politiche green è sicuramente di grande interesse e attualità. Il Laboratorio Clinico è un grande consumatore di energia e acqua e utilizzatore di sostanze chimiche anche tossiche nonché produttore di rifiuti pericolosi. Per tale motivo l'European Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine ha istituito l' EFLM TASK FORCE-GREEN & SUSTAINABLE LABORATORIES fondato e guidato dalla Presidente dell'EFLM Tomris Ozben ove per ruolo di rappresentante nazionale della nostra Società e Task Force- GLS National Expert mi è stato proposto di tradurre la Linea Guida di Riferimento EFLM Green Labs in italiano, cosa che ho fatto con piacere. Questo per sensibilizzare tutti i professionisti operanti nel Laboratorio Clinico a promuovere la transizione verso laboratori più sostenibili dal punto di vista ambientale diminuendo l'impatto sull'inquinamento, promuovendo azioni e misure efficaci per ridurre al necessario l'uso di energia, acqua, sostanze chimiche pericolose e la conseguente produzione di rifiuti senza compromettere la qualità dell'assistenza sanitaria. Sibioc- Medicina di Laboratorio ringrazia l'EFLM Task Force "Green & Sustainable Laboratories" e in particolare Tomris Ozben per avere promosso anche la certificazione della durata biennale "EFLM Certification for Green & Sustainable Laboratories" per i laboratori che vogliono corrispondere e applicare in modo riconosciuto i principi della Linea Guida EFLM Green Labs (per ulteriori informazioni e approfondimenti si rimanda al sito EFLM <https://greenlabs.eflm.eu/>

<https://greenlabs.eflm.eu/documents/EFLM-TF-GSL-Promo-Kit.zip>)

Sperando che il documento possi esserVi utile e di interesse ringrazio ancora EFLM e la Presidente Tomris Ozben per avere messo a disposizione di Sibioc la Linea Guida di Riferimento EFLM Green Labs per la sua traduzione in italiano.

Tommaso Trenti

Presidente SIBioC-Medicina di Laboratorio

EFLM TASK FORCE-GREEN & SUSTAINABLE LABORATORIES National Representative  
and TF-GSL Expert

## **SOMMARIO**

### **1. PREMESSA**

- 1.1. BACKGROUND E INTRODUZIONE
- 1.2. EFLM TASK FORCE-GREEN LABS

### **2. INTRODUZIONE**

### **3. STRATEGIE PER LA SOSTENIBILITA' IN CHIMICA**

- 3.1. INTRODUZIONE
- 3.2. CHE COS'È LA CHIMICA VERDE?
- 3.3. LEGISLAZIONE
- 3.4. PRODOTTI CHIMICI PERICOLOSI. IN CHE MODO I LABORATORI POSSONO RIDURRE L'USO DI PRODOTTI CHIMICI PERICOLOSI
  
- 3.5. OBIETTIVI
- 3.6. AZIONI

### **4. STRATEGIE PER IL RISPARMIO E SOSTENIBILITA' ENERGETICA**

- 4.1. INTRODUZIONE
- 4.2. ATTUAZIONE DI BUONE PRATICHE AMBIENTALI IN MATERIA DI ENERGIA CONSUMO
  - 4.2.1. In che modo i laboratori possono ridurre il consumo di energia?
    - 4.2.1.1. Spegnere
    - 4.2.1.2. Tecnologia intelligente
    - 4.2.1.3. Pensa due volte
    - 4.2.1.4. Timer
    - 4.2.1.5. Cappe chimiche e Cappe di Sicurezza Biologica (BSC)
    - 4.2.1.6. Frigoriferi e congelatori
    - 4.2.1.7. Sciupare
    - 4.2.1.8. Aria condizionata
    - 4.2.1.9. Attrezzature e strumentazione
    - 4.2.1.10. Reagenti e materiali di consumo

4.2.1.11. "La condivisione è la cura"

4.2.1.12. Trasporto del campione, fasi pre-pre-analitiche e pre-analitiche

## **5. STRATEGIE PRE LA GESTIONE DEI RIFIUTI**

5.1. STRATEGIE DI GESTIONE DEI RIFIUTI

5.2. CATEGORIE DI RIFIUTI E LORO GESTIONE

5.2.1. Gestione dei solidi non biologici

5.2.1.1. Materie plastiche

5.2.1.2. Confezione

5.2.1.3. E-Waste (rifiuti elettrici ed elettronici)

5.2.1.4. Misure attuabili raccomandate per i produttori di IVD

5.2.2. Gestione dei rifiuti biologici di laboratorio

5.2.2.1. Definizione e descrizione dei rifiuti biologici

5.2.2.2. Procedure di smaltimento

5.2.2.3. Stoccaggio, etichettatura e trasporto di rifiuti biologici

5.2.2.4. Decontaminazione con autoclave

## **6. STRATEGIE UTILI PER UN USO SOSTENIBILE DELLE RISORSE IDRICHE**

6.1 INTRODUZIONE

6.2 COME I LABORATORI POSSONO RIDURRE L'USO DI ACQUA?

6.2.1 Monitorare e misurare il consumo di acqua

6.2.2 Strumenti e tecnologie

6.2.3 Refrigerazione

6.2.4 Strumentazioni utilizzate nei processi di laboratorio

6.2.5 Strumentazioni generiche di laboratorio

6.2.5.1 Sistemi di trattamento dell'acqua

6.2.5.2 Sistemi di disinfezione/sterilizzazione

6.2.5.3 Sistemi fotografici e di Raggi X

6.2.5.4 Sistemi per il vuoto

6.2.5.5 Bagnomaria

6.2.5.6 Produttori di ghiaccio

6.2.5.7 Lavatrici e Lavastoviglie

6.2.5.8 Uso della carta

6.2.6 Alternative nell'uso delle fonti idriche

## **7. ASPETTI GENERALI**

7.1 INDIRIZZI, IMPEGNI E FORMAZIONE

7.2 GESTIONE DELLE RISORSE

7.3 ACQUISTI "VERDI"

## **8. BIBLIOGRAFIA**

# 1. PREMESSA

Elaborato da: **Tomris Ozben**

Chair Task Force-Green Labs, EFLM

Presidente EFLM

Akdeniz University Antalya, Turchia,

Facoltà di Medicina, Dipartimento di Biochimica Clinica, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Medicina, Clinica e Sperimentale Medicina, Modena, Italia

L'EFLM ha istituito una "TASK-FORCE GREEN LABS" per aiutare i laboratori medici a implementare pratiche utili per promuovere le loro attività orientate alla sostenibilità ambientale in tutta Europa e oltre.

Lo scopo è di portare a sintesi e condividere le migliori pratiche per guidare i laboratori nella transizione verso un'organizzazione sia più sostenibile diminuendo l'impatto sull'inquinamento ambientale, promuovendo l'attuazione di azioni e misure efficaci per ridurre al necessario l'uso di energia, acqua, sostanze chimiche pericolose e la produzione di rifiuti senza compromettere la qualità dell'assistenza sanitaria.

## 1.1. BACKGROUND E QUADRO GENERALE

Elaborato da:

### **Tomris Ozben**

Chair Task Force-Green Labs, EFLM

Presidente EFLM

Akdeniz University, Medical Faculty, Department of Clinical Biochemistry, Antalya Turkey, University of Modena and Reggio Emilia, Medical Faculty, Clinical and Experimental Medicine; Modena, Italy

### **Shery Scott**

Componente della Task Force-Green Labs, EFLM

School of Science & Technology; Nottingham Trent University, Nottingham, Regno Unito

### **Valerie Rampi**

Componente della Task Force-Green Labs, EFLM

Senior Manager Environmental & Sustainability, MEDTECH EUROPE, Belgium

### **Damien Gruson**

Componente della Task Force-Green Labs, EFLM

Department of Laboratory Medicine, Cliniques Universitaires Saint-Luc, Brussels, Belgium

La sostenibilità è l'equilibrio tra ambiente, equità ed economia (1). È la definizione data dalla dalle Nazioni Unite, UN World Commission per l'Ambiente e Sviluppo che stabilisce come "lo sviluppo sostenibile è uno sviluppo che soddisfa le esigenze del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni".

Gli obiettivi di sviluppo sostenibile fissati dalle Nazioni Unite nel 2015 sono 17, sono globali e parte dell'Agenda per lo sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite per sconfiggere la povertà, per proteggere il pianeta e per assicurare benessere a tutti (2).

Ogni obiettivo declina ulteriori sotto obiettivi specifici da raggiungere nei prossimi 15 anni. Il Green Deal Europeo (EGD) è stato proposto basandosi su questi stessi e vi ritrova il proprio fondamento. Il Green Deal europeo (EGD) si propone di rendere l'Europa il primo continente al mondo a impatto climatico zero entro il 2050 ed è parte integrante della strategia della Commissione Europea per attuare l'agenda proposta dalle Nazioni Unite per il 2030 per uno sviluppo sostenibile (3).

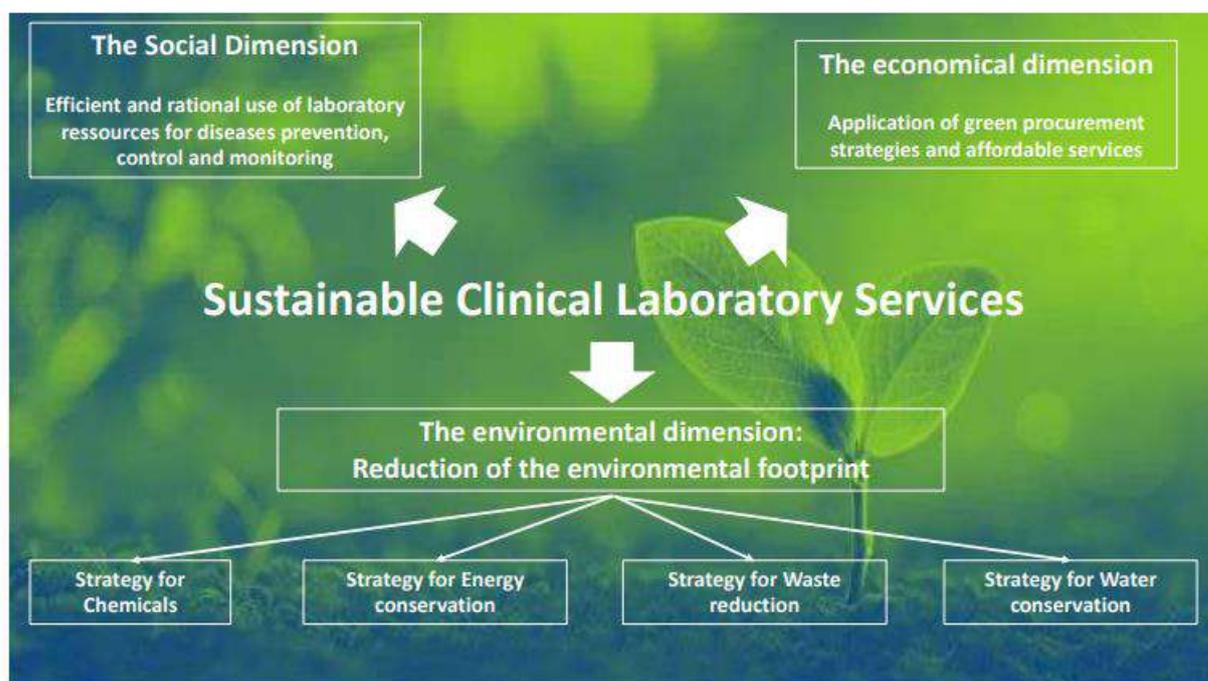
Questo progetto propone una grande sfida per gli ospedali, gli operatori sanitari e la comunità della medicina di laboratorio che utilizzano sicuramente più energia e acqua rispetto ad altri servizi terziari generando grandi quantità di rifiuti sia pericolosi sia non pericolosi. Contemporaneamente è una grande opportunità per contribuire a migliorare la sostenibilità delle attività presenti nei laboratori e complessivamente del sistema sanitario in tutta Europa.

La Commissione europea ha già adottato iniziative focalizzate sugli ospedali e le attività sanitarie da cui trarre utili indicazioni. Un esempio di questa progettualità è il programma RES-HOSPITALS dal titolo "Towards zero carbon hospitals with renewable energy systems" che si propone di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> provenienti da circa 15.000 ospedali in Europa (3).

La Medicina di Laboratorio dove contribuire a creare le condizioni per un sistema sanitario sostenibile garantendo come le risorse siano utilizzate in modo efficiente dal punto di vista ambientale, sociale e di prospettiva economica, fornendo servizi di alta qualità ai pazienti e ai medici (figura 1). I test di laboratorio sono individuati come prestazioni sanitarie insostituibili per garantire la salute umana assistendo i medici nel processo decisionale clinico determinando un valore fondante per la prevenzione primaria e secondaria (4,5) in sanità. I laboratori clinici hanno molte possibilità utili a promuovere azioni di sostenibilità ambientale utile a ridurre l'impatto delle loro attività sull'ambiente e l'economia.

I laboratori clinici utilizzano sicuramente più energia e acqua delle tradizionali e usuali attività amministrative tipiche del terziario e generano importanti quantità di rifiuti ~~sia dannosi~~ e pericolosi che non pericolosi. Poiché i laboratori sono grandi consumatori di fonti di energia contribuiscono in modo importante alle emissioni inquinanti e all'effetto serra. Per limitare il fabbisogno energetico relativamente elevato, gli ospedali e i laboratori debbono impegnarsi per raggiungere gli obiettivi di riduzione di emissione di CO<sub>2</sub> ambientale a lungo termine fissati dalla Commissione dell'Unione Europea.

L'integrazione e la diffusione di pratiche ambientali sostenibili applicate nella routine quotidiana delle attività di laboratorio può determinare un virtuoso ed importante risparmio energetico con la riduzione delle emissioni contribuendo al raggiungimento degli obiettivi dell'European Green Deal (EGD) nell'ambito del Progetto Climate e Sustainability Action ovvero le azioni programmate per gli obiettivi del Piano per il Clima e la Sostenibilità.



**Figura 1: I Laboratori Clinici quali attori nelle diverse dimensioni della sostenibilità ambientale**

I laboratori clinici possono sviluppare azioni per limitare il loro impatto dannoso sull'ambiente impegnandosi in quattro aree chiave: il consumo di energia, il consumo di acqua, la produzione e smaltimento di rifiuti e la riduzione nell'uso di sostanze chimiche pericolose. Gli ospedali e laboratori clinici possono ridurre il loro impatto ambientale stabilendo obiettivi di sviluppo sostenibile e applicando molteplici azioni in queste aree chiave. Le misure di sostenibilità "green" dovrebbero divenire una importante caratteristica strategica di un ambiente sanitario in rapido progresso. Questi comportamenti sono prioritari per ridurre l'impatto negativo sull'ambiente e sull'economia dovuto ai laboratori. La capacità di fornire servizi sanitari di alta qualità, efficaci e sicuri, e sostenibili può permettere al sistema sanitario di superare queste importanti sfide economiche e sociali. Se indubbiamente sono prevedibili costi iniziali con l'investimento di risorse è allo stesso tempo prevedibile un risparmio sui costi a lungo termine quando si realizzi un uso energetico più efficiente e di altre risorse nel settore e sistema sanitario. Nonostante le iniziative già poste in atto c'è ancora molta strada da fare perché si raggiunga un grado sufficiente di rispetto dell'ambiente negli ospedali, strutture sanitarie e laboratori clinici che sia prassi quotidiana.

## 1.2. TASK FORCE-GREEN LABS dell'EFLM

Il comitato esecutivo dell'EFLM ha approvato l'istituzione della Task Force Green Labs proposta dal presidente eletto dell'EFLM Tomris Ozben il 17 novembre 2021 e ha deciso che l'EFLM deve aprire la strada per implementare attività nel laboratorio clinico sostenibili dal punto di vista ambientale in Europa. L'EFLM Task Force "Green Labs" è stata istituita a

questa finalità. L' EFLM si propone di guidare la transizione della comunità della Medicina di Laboratorio verso la neutralità delle emissioni in linea con il piano prospettato nell'European Green Deal (EGD).

La finalità iniziale di questa nuova Task Force è stata di sviluppare linee guida, criteri e raccomandazioni chiave per promuovere lo sviluppo l'integrazione di attività ambientalmente sostenibili nell'ambito dei laboratori clinici (Guida Green Lab). I laboratori clinici possono lavorare per migliorare il loro performance relativamente alla sostenibilità green seguendo le linee guida EFLM TF-Green Labs, in particolare con la serie di raccomandazioni e buone pratiche in quattro aree principali della loro attività: energia, acqua, rifiuti e uso di sostanze chimiche pericolose.

La Task Force-Green Labs EFLM svilupperà un sistema per guidare, sostenere, monitorare gli sforzi dei Laboratori Europei per diventare Green Labs, con la consegna del certificato EFLM Green Lab ai laboratori che soddisfano i requisiti richiesti e i criteri dopo aver valutato il loro status.

## 2. INTRODUZIONE

A cura di

### **Alistair Gammie**

Componente EFLM Task Force-Green Labs,  
Senior Global Director and Head of ValuMetrix, Ortho Clinical Diagnostics,  
Regno Unito

### **Giuseppe Lopez**

Componente della EFLM Task Force-Green Labs,  
Precedenti affiliazioni: Department of Biomedical Sciences MAHSA University  
and Institute for medical Research  
Kuala Lumpur, Malaysia.

Tutte le attività umane hanno un impatto sull'ambiente. I fattori ambientali contribuiscono al cambiamento climatico e di conseguenza sono la causa principale e di impatto significativo sulla morbilità e mortalità, in particolare nei paesi in via di sviluppo. Si stima che l'impatto causi circa il 25% di decessi e malattie a livello globale, raggiungendo quasi il 35% in regioni come l'Africa subsahariana (6). Possiamo affermare con certezza come l'inquinamento ambientale sia un riconosciuto fattore di rischio di morbilità e mortalità (7,8). Tutte le organizzazioni, compresi i laboratori, hanno la responsabilità sociale di contribuire a ridurre i danni che arrecano all'ambiente e ridurre le dirette conseguenze delle loro specifiche attività (6)(9).

Gli effetti delle attività includono il riscaldamento globale prodotto per il consumo di energia, il conseguente innalzamento del livello dei mari e le trasformazioni dell'ecologia e dell'espressione delle malattie. Comportano anche, tra l'altro, l'uso di risorse insostituibili, la riduzione della biodiversità, l'inquinamento atmosferico, il consumo di energia e acqua, la produzione di calore, la crescente produzione di rifiuti e la contaminazione ambientale causata dai siti di discarica. Questi parametri importanti per il riscaldamento globale sono stati valutati dalla National Aeronautical and Space Administration (NASA) degli Stati Uniti.

Le attività sanitarie hanno un impatto significativo sull'ambiente. Gli ospedali operano 24 ore su 24, tutti i giorni e hanno pertanto un grande impatto ambientale che si esplica in molti modi (10). Oltre all'energia, i laboratori sono grandi consumatori di acqua e forti produttori di rifiuti nonché utilizzatori di sostanze chimiche. Si è stimato che la maggior parte dei laboratori esistenti può ridurre il consumo di energia dal 30 al 50% utilizzando la tecnologia già esistente, dato complessivamente significativo anche quantificato come valorizzazione del costo annuo di energia da 1 a 2 miliardi di dollari negli Stati Uniti (11). Tuttavia, pochi laboratori clinici hanno piani già in atto per affrontare questa situazione, molti vorrebbero avere una guida di riferimento quando fosse disponibile (9). Se il consumo inconsapevole di energia e la produzione di rifiuti può essere notevolmente ridotta, questo può portare a costi reali in diminuzione realizzando un risparmio assieme una maggiore sostenibilità ambientale. Vi può essere un beneficio economico dovuto alla attivazione di politiche finalizzate alla sostenibilità ambientale. Ross et al. (12) hanno descritto come sia stato

possibile risparmiare oltre ottocentomila dollari australiani con l'implementazione di ISO14001.

È importante che produttori di diagnostici, le agenzie istituzionali di governo, gli organismi professionali e le istituzioni di riferimento supportino i laboratori nell'impegno finalizzato a migliorare gli standard di sostenibilità ambientale presenti.

Ad esempio, nel Regno Unito, il servizio sanitario con l'agenzia di approvvigionamento statale richiede che i fornitori siano il più possibile aderenti al concetto di zero emissioni e l'ente UK Sustainable Healthcare Coalition (<https://sustainablehealthcare.org.uk/>) verifica gli obiettivi. In questo documento, entrato in vigore in Inghilterra dal 1° luglio 2022, si richiede che il National Health Service (NHS) prenda in considerazione le tematiche inerenti il cambiamento climatico quando si prendano decisioni. Si formalizza la richiesta ove le organizzazioni NHS prendano in considerazione e rispettino il Climate Change Act 2008 del Regno Unito, volto a ridurre le emissioni di gas a effetto serra e rispettino l'Environment Act 2021 che propone azioni per migliorare e rispettare l'ambiente naturale, compresa la qualità dell'aria. Anche il NHS deve "adattarsi a valutare qualsiasi impatto attuale o previsto nel cambiamento climatico" (13). In Europa, il sistema comunitario di ecogestione e audit, EU Eco-management and Audit Scheme (EMAS) (14) aiuta le organizzazioni sanitarie, compresi i laboratori, a valutare, registrare e migliorare continuamente le loro prestazioni ambientali, e l'ONG Healthcare without Harm fornisce un elenco di prodotti chimici sostenibili (15).

L'unica via utile a realizzare azioni effettive per promuovere la sostenibilità ambientale è promuovere una campagna per l'innovazione per informare sui benefici ambientali e la complessiva efficacia delle azioni green anche in termini di costi. Per esempio, potrebbe non essere sempre facile convincere coloro che richiedono test che alcune delle loro richieste possano non essere necessarie. La comunicazione è un ostacolo superabile quando i molti attori coinvolti interagiscano positivamente. La perseveranza nelle azioni è fondamentale garanzia di successo. Quando il sistema proposto per la sostenibilità sarà in atto, i professionisti si orienteranno a seguirlo e implementarlo.

Lo scopo di questo documento è duplice:

**(I) creare la consapevolezza che i laboratori clinici hanno un impatto sull'ambiente.**

**(II) fornire indicazioni su come i laboratori possono mitigarlo.**

In questo documento, si cercherà di fornire una guida per ottenere i migliori risultati di sostenibilità utilizzando le migliori politiche per gestire:

**(I) Sostanze chimiche**

**(II) Energia**

**(III) Rifiuti**

**(IV) Acqua**

### 3. STRATEGIA CHIMICA PER LA SOSTENIBILITÀ

A cura di: **Mariana Marques**

Componente EFLM Task Force-Green Labs

São João University Hospital Center, Clinical Pathology, Porto, Portogallo

**Tomris Ozben**

Chair Task Force-Green Labs, EFLM

Presidente EFLM

Akdeniz University Antalya, Turchia, Facoltà di Medicina, Dipartimento di Biochimica Clinica, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Medicina, Clinica e Sperimentale Medicina, Modena, Italia

#### 3.1. INTRODUZIONE.

Una delle prime definizioni di sostenibilità è stata proposta nel Burtland Report, pubblicato dalle Nazioni Unite nel 1987, dove si affermava che lo sviluppo sostenibile doveva soddisfare “le necessità del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni» (16). La definizione proposta dall'Unione Europea (UE), tuttavia, è più estesa e prende in considerazione un'ampia gamma di strategie sostenibili, comprese quelle sulla popolazione, ambientali ed economiche (17). È noto come l'atmosfera si riscaldi e il clima cambi, come un milione delle otto milioni di specie del pianeta sia a rischio di estinzione; come gli oceani e le foreste siano stati progressivamente distrutti o inquinati. L'UE ha risposto a queste sfide con la creazione del Green Deal Europeo, che mira a trasformare l'UE in “un'equa e prospera società, con un'economia moderna, efficiente sotto il profilo dell'uso delle risorse e competitiva, società che mira a proteggere, conservare e valorizzare il capitale ambientale dell'UE e proteggere la salute e il benessere dei cittadini dai rischi e dall'impatto prodotto dai danni ambientali” (18).

Negli ultimi anni si è registrato un aumento dei rifiuti, anche pericolosi, dovuti all'industrializzazione, all'urbanizzazione, allo sviluppo economico e all'aumento della popolazione. Si stima che oltre 1,3 miliardi di tonnellate di solidi urbani come rifiuti sono stati prodotti nel 2012, con una previsione di 2,2 miliardi di tonnellate di rifiuti nel 2025 (19). Inoltre, questo aspetto ha un profondo impatto sociale, economico e ambientale in Europa, dove circa 3 miliardi di tonnellate di rifiuti vengono prodotti ogni anno, di questi 100 milioni di tonnellate sono rifiuti pericolosi (20). Poiché i rifiuti sanitari sono particolarmente pericolosi, questi richiedono un diverso approccio per ridurre i rischi sia per i lavoratori del settore che per la popolazione generale (19). Si stima che il 15% dei rifiuti sanitari sia pericoloso (infettivi, tossici o radioattivi) (21), e quello chimico o farmaceutico rappresenti il 3% di tutti i rifiuti associati alla sanità (22). Nei paesi ad alto reddito, sono prodotti 0,5 kg di rifiuti pericolosi per ospedale al giorno, a differenza dei paesi a basso reddito, ove sono prodotti 0,2 Kg (dato probabilmente sottostimato a causa della mancata separazione dei rifiuti tra pericolosi e non pericolosi) (21). Pertanto, i rifiuti sanitari sono diventati uno degli inquinanti più importanti in tutto il mondo e in Europa, influenzando la qualità del suolo,

dell'acqua e dell'aria. È una priorità per le organizzazioni sanitarie avere team multidisciplinari che possano gestire le criticità relative alla sostenibilità ambientale (23).

I prodotti chimici, sebbene alla base della produzione di rifiuti pericolosi, hanno arricchito la società e sono ubiquitari nell'UE, ove l'industria chimica europea è in crescita dai € 326 miliardi di euro nel 1995 ai 615 miliardi di euro nel 2016 (24). Anche, la produzione globale di prodotti chimici è in aumento, così come l'importazione annuale di prodotti chimici verso l'UE - quasi triplicata tra il 2000 e il 2015 - anche da paesi con legislazioni permissive in materia di prodotti chimici. Infatti, 3,4 tonnellate di prodotti chimici sono state importate nell'UE nel 2016, il 20% dei quali è stato importato dalla Cina (25). L'insieme delle sostanze chimiche prodotte nell'UE è in calo, pur rimanendo la chimica la quarta più grande industria dell'UE, con 30.000 imprese che impiegano direttamente 1,2 milioni di persone e 3,6 milioni di persone indirettamente (26). Circa il 60% delle oltre 100.000 sostanze chimiche presenti sul mercato dell'UE sono considerate pericolose per l'ambiente e/o la salute umana, e l'11,2% della produzione chimica globale dell'UE è correlabile alle necessità e mercato dell'assistenza sanitaria o sociale (25).

Per quanto riguarda i rischi legati alle sostanze chimiche, questi possono derivare dalla produzione, trasporto, uso o smaltimento. Considerati i problemi relativi ai prodotti chimici, è una priorità gestirli in modo corretto e sostenibile ambientalmente. Le sostanze chimiche quando pericolose sono un rischio riconosciuto per la salute dall'UE, essendo associate al cancro, a disturbi dello sviluppo neurologico, riproduttivo, metabolico, cardiovascolare e malattie respiratorie (27,28). In generale, la parte più vulnerabile della popolazione svilupperà con maggiore probabilità malattie legate all'inquinamento (ad esempio bambini con appartenenza al basso status socioeconomico) (19). L'esposizione a sostanze chimiche, anche a basse dosi, può promuovere danni a lungo termine sulla salute quali la diminuita fertilità, il basso peso alla nascita e patologie neuropsichiatriche nei bambini, infatti nel 10/15% di tutte le nascite si osservano disturbi dello sviluppo neuro-comportamentale, quali, in particolare, il deficit di attenzione e di iperattività (ADHD) e il disturbo dello spettro autistico che hanno una ampia diffusione (25). Inoltre, vi è un numero sempre crescente di sostanze chimiche pericolose presenti contemporaneamente nei tessuti umani e nel sangue (26), che possono indurre effetti tossici dovuti alla loro sinergia, effetti superiori agli effetti di ciascuna singola sostanza chimica valutata separatamente (25). L'esposizione combinata di sostanze chimiche pericolose è stata associata a tassi di natalità inferiori e a una ridotta crescita fetale (26). Vi è un notevole impatto sulla salute e anche economico dovuto all'esposizione del sistema endocrino a nuove sostanze chimiche dannose, con 157 miliardi di euro spesi ogni anno e circa 1,5 euro miliardi dovuti alle sole malattie della riproduzione femminile (25).

D'altra parte, le sostanze chimiche dannose possono causare la riduzione dell'ozono della stratosfera e così influenzare gli ecosistemi, la flora e la fauna (19,28).

Ancora, le sostanze chimiche tossiche possono peggiorare la qualità dell'acqua e dell'aria, contaminare il suolo e influenzare la presenza e attività degli insetti impollinatori, soprattutto quando utilizzati e/o eliminati senza tener conto di corrette linee guida d'indirizzo normativo, scientifiche e tecniche (27,28). Inoltre, l'inquinamento chimico sta contribuendo in modo importante all'attuale problema del cambiamento climatico globale e della perdita di biodiversità (29). Nel settore sanitario, lo smaltimento dei rifiuti quando non trattati adeguatamente può favorire la contaminazione dell'acqua potabile, delle acque sotterranee

e delle acque superficiali se le la raccolta dei reflui e i processi di scarica non sono adeguatamente funzionanti; l'incenerimento inappropriato dei rifiuti può provocare inquinamento atmosferico con residui di ceneri, generazione di diossine cancerogene, presenza furani da sostanze contenenti cloro e diffusione di metalli tossici da materiali contenenti piombo, mercurio e cadmio (21). Recenti dati indicano la presenza di oltre 2,5 milioni di siti potenzialmente contaminati in Europa, di cui il 14% risulta sicuramente contaminato e necessita di misure di controllo e riduzione dei danni (27). Pertanto, i nuovi processi e le tecnologie di produzione, nonché le nuove sostanze chimiche, debbono essere sostenibili per l'intero ciclo di vita del prodotto (29).

Il costo economico relativo alla contaminazione dell'ambiente è importante, in quanto vi sono costi molto elevati di bonifica legati alla perdita di acqua potabile, terra e stock ittici (25). Il costo dello smaltimento dei rifiuti sanitari corrisponde al 25% della spesa globale del complessivo settore sanitario negli Stati Uniti (USA) (30). Inoltre, la decontaminazione delle risorse naturali, degli edifici e delle infrastrutture è estremamente costosa: la contaminazione da bifenili policlorurati (PBC) ha richiesto una spesa di 15 miliardi di Euro tra il 1971 e il 2018 nell'UE (25).

L'idea della Green Chemistry è nata alla fine del XX secolo come risposta all'impatto sanitario, ambientale ed economico causato da sostanze chimiche pericolose, comprendendo gli incidenti con emissione di sostanze tossiche. Può essere definita come "la progettazione di prodotti e processi chimici che riducono e/o eliminano l'uso o la generazione di sostanze pericolose" (25). Le sostanze chimiche dovrebbero essere utilizzate e prodotte in modo da massimizzare il loro contributo al benessere della società e minimizzare i danni all'ambiente e alla società (26). La chimica verde e i principi su cui si fonda possono offrire una buona strategia per ridurre l'inquinamento, processi produttivi pericolosi e la prevenzione degli incidenti, valutando l'impatto complessivo nel ciclo di vita di una specifica sostanza chimica (25). È importante sottolineare che l'efficace gestione ambientale del laboratorio clinico porterà a prestazioni di qualità migliori, poiché le due questioni (uso e generazione di tossici) sono intrecciate.

Il 14 ottobre 2020 la Commissione Europea ha definito la strategia dell'UE in materia di sostanze chimiche per la sostenibilità ambientale con il documento EU Chemicals Strategy for Sustainability. Il documento è il primo passo per promuovere l'obiettivo di "inquinamento zero" per un ambiente privo di sostanze tossiche come annunciato nel Green Deal europeo. L'EU Chemicals Strategy promuoverà l'innovazione produttiva finalizzata all'utilizzo di sostanze chimiche sicure e sostenibili aumentando la protezione della salute umana e dell'ambiente dalle sostanze chimiche tossiche. L'EU Chemicals Strategy propone una precisa tabella di marcia e roadmap per la trasformazione dell'industria con l'obiettivo di attrarre investimenti per avere a disposizione prodotti chimici caratterizzati da sicurezza e sostenibilità anche nel processo di produzione.

[https://ec.europa.eu/environment/strategy/chemicals-strategy\\_en](https://ec.europa.eu/environment/strategy/chemicals-strategy_en)

In linea con il Green Deal europeo, la strategia definita punta a un ambiente libero da sostanze tossiche, in cui le sostanze chimiche siano prodotte e utilizzate in modo da ottimizzare il contributo offerto alla società, comprendendo il raggiungimento dell'obiettivo della transizione verde e digitale, evitando nel contempo danni a tutto il pianeta e alle attuali e future generazioni. Si considera l'industria chimica dell'UE un attore di livello mondiale competitivo nella produzione e nell'uso di sostanze chimiche sicure e sostenibili.

L'EU Chemicals Strategy propone una precisa tabella di marcia per la trasformazione dell'industria con l'obiettivo di attrarre investimenti per avere a disposizione prodotti chimici caratterizzati da sicurezza e sostenibilità anche nel processo di produzione.

L'EU Chemicals Strategy per un ambiente privo di sostanze tossiche vuole

- Garantire una migliore protezione della salute umana e dell'ambiente dalle sostanze chimiche pericolose
- Stimolare l'innovazione per sostanze chimiche verso sicure e sostenibili
- Consentire la transizione verso sostanze chimiche sicure e sostenibili fin dalla progettazione

È un primo passo verso l'ambizioso obiettivo di "inquinamento zero" per un ambiente privo di sostanze tossiche come annunciata nel Green Deal europeo.

Esistono prove che avvalorano gli effetti benefici di una migliore regolamentazione nella gestione dei rifiuti. Uno studio recente ha riportato i possibili risparmi sui costi dei rifiuti per oltre 700 milioni di dollari in cinque anni se tutti gli ospedali negli Stati Uniti istituissero strategie di gestione dei rifiuti più efficienti e di 2,7 miliardi di dollari in cinque anni se fosse implementato il ritrattamento dei dispositivi medici monouso (21) (31). L'UE chemicals acquis, si è rivelato efficace nel ridurre l'esposizione umana e ambientale alle sostanze chimiche pericolose contemplate dalla legislazione dell'UE nei precedenti 3-4 decenni, con alcuni dati preliminari che indicano l'avvenuta sostituzione delle sostanze chimiche tossiche (21). Il regolamento dell'UE in materia di registrazione, valutazione, autorizzazione e restrizione delle sostanze chimiche (REACH) ha stimato un risparmio di 100 miliardi di euro in 25-30 anni sui costi dovuti alle sostanze tossiche e per i possibili benefici per l'ambiente e la salute umana (32). Pertanto, la regolamentazione finalizzata a implementare una gestione sicura e sostenibile dei rifiuti sanitari può prevenire la spesa dovuta ai danni per la salute e per l'ambiente dovuti all'impatto per il rilascio di pericoli chimici (21).

Sebbene l'84% e il 90% degli europei siano preoccupati per l'impatto delle sostanze chimiche sulla salute e sull'ambiente (26), la mancanza di formazione e di conoscenza dei prodotti chimici e della loro pericolosità può comportare problemi di sicurezza sul lavoro e in generale sull'ambiente. Pertanto, è fondamentale che i professionisti come pure gli studenti impegnati in attività che coinvolgono l'uso di sostanze chimiche pericolose ricevano una formazione adeguata sul tema (28). Per quanto riguarda l'ambito sanitario, la mancanza di conoscenza e/o consapevolezza nelle azioni finalizzate alla sostenibilità ambientale da parte degli operatori dei laboratori clinici è l'ostacolo più comune e frequente quando si voglia operare per la sostenibilità ambientale nel settore sanitario (33).

Partendo da questo presupposto, le società scientifiche che rappresentano i laboratori hanno un ruolo chiave nell'offrire competenze e formazione continua, determinando un orientamento a un'attività finalizzata a una migliore sostenibilità. Se le metodologie e le prassi professionali e le norme per creare un sistema sanitario sostenibile siano ormai ben definite per quanto riguarda gli obiettivi in campo sociale, economico ed ecologico, manca un consenso sulle strategie da attuare nei laboratori clinici (33). In effetti, un sondaggio condotto dalla Federazione Internazionale di Chimica Clinica e Medicina di Laboratorio ha evidenziato come la maggior parte dei laboratori intervistati non avesse affrontato le

problematiche inerenti alla sostenibilità e pertanto si rendevano necessarie linee guida formalizzate su come ridurre il proprio carbon footprint (34).

### 3.2. CHE COS'È LA CHIMICA VERDE?

Il concetto di chimica verde introduce soluzioni scientifiche innovative per risolvere i problemi ambientali posti nel contesto delle attività specifiche di laboratorio. Il concetto di Green Chemistry è stato introdotto alla fine degli anni '90 da Paul Anastas e John Warner che hanno sviluppato i Dodici Principi della Chimica Verde (35). Questi principi possono essere raggruppati in sintesi come "Riduzione del rischio" e "Minimizzazione dell'impronta ambientale" proponendo la riduzione sia della quantità di sostanze chimiche pericolose nei rifiuti sia della tossicità di tali sostanze. Altri elementi sono il miglioramento dell'efficienza del processo produttivo; la diminuzione dell'uso delle risorse e delle emissioni di gas a effetto serra; la maggiore sicurezza; e gli aspetti economici e sociali delle sostanze chimiche (25)

L'obiettivo di Green Chemistry è ridurre l'impatto delle sostanze chimiche sulla salute umana ed eliminare la contaminazione dell'ambiente attraverso programmi di prevenzione a ciò finalizzati e sostenibili per i processi considerati.

La chimica verde cerca di introdurre nuovi composti alternativi e più rispettosi dell'ambiente e nel contempo cerca di aumentare le velocità di reazione chimica e di abbassare le temperature di reazione necessarie.

DOZN™ Quantitative Green Chemistry Evaluator di Merck Sigma Aldrich è un primo strumento quantitativo del settore che utilizzando i 12 principi della chimica verde cerca di confrontare sostanze chimiche simili, percorsi sintetici e processi chimici in termini di sostenibilità green.

(<https://www.sigmaaldrich.com/TR/it/servizi/piattaforme-software-e-digitali/dozntool>).

<https://www.sigmaaldrich.com/TR/it/documenti-tecnici/articolo-tecnico/chimicaanalitica/principi-di-chimica-verde>

La società Merck Sigma Aldrich dispone di 4 categorie di prodotti alternativi più ecologici che soddisfano uno dei quattro criteri seguenti:

1. Prodotti riprogettati per migliorare il loro impatto ambientale.
2. Allineamento ai 12 principi della chimica verde.
3. I prodotti progettati per rendere possibili alternative più ecologiche attraverso le tecnologie progettate.
4. Design per la sostenibilità (DfS) I nuovi prodotti sviluppati dimostrano significative caratteristiche di sostenibilità.

L'idea di chimica verde, insieme alla strategia dell'UE per un ambiente non contaminato, può essere visto come parte degli obiettivi globali di sostenibilità ambientale. Inoltre nuove sostanze chimiche, sicure e sostenibili fin dalla progettazione, sono un approccio che inizia prima della commercializzazione per fornire sostanze chimiche che possano ridurre al minimo il loro impatto sulla salute e sull'ambiente (26).

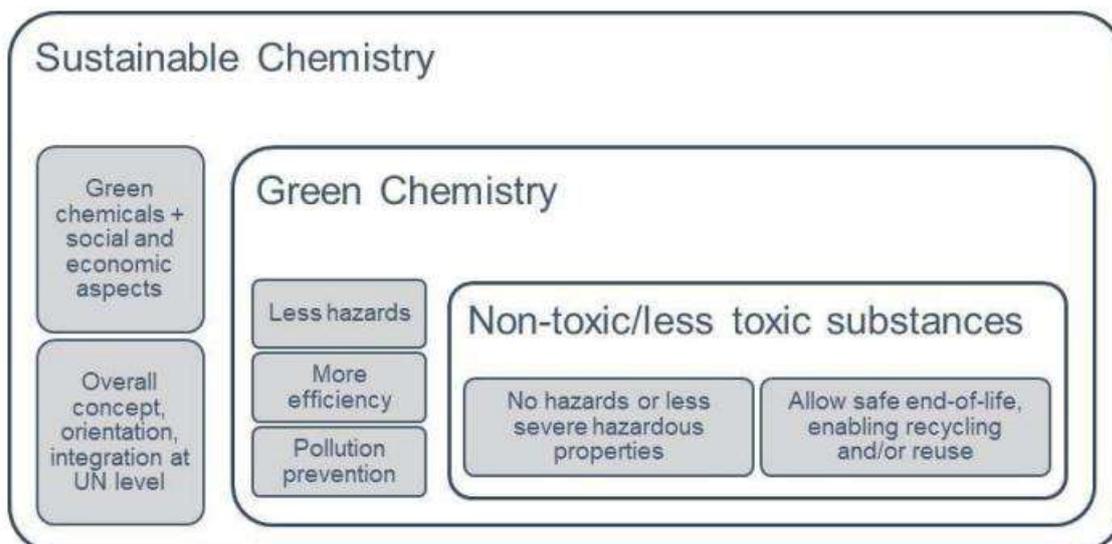


Figura 2. Relazione tra i concetti di chimica sostenibile, chimica verde e sostanze non tossiche/meno tossiche (26).

Per quanto riguarda le strategie per promuovere la chimica sostenibile nei laboratori clinici, esistono approcci generali sia nella gestione dei rifiuti che nella selezione e gestione delle sostanze chimiche, come mostrato nella Figura 2 e nella Figura 3.

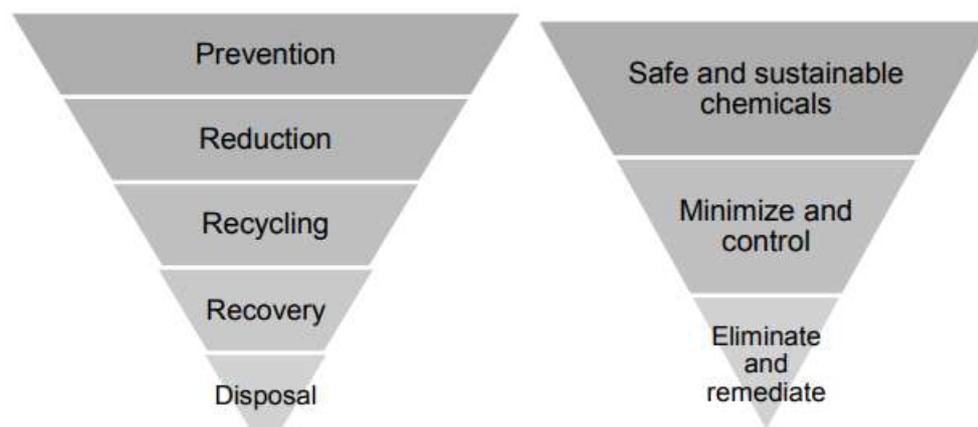


Figura 3. Gerarchia della gestione dei rifiuti chimici pericolosi (26).

### **Eliminare/ridurre o sostituire le sostanze chimiche pericolose:**

- Eliminare le sostanze chimiche quando possibile:
  - o Sostituire i termometri a mercurio e interrompere l'uso di gel con bromuro di etidio.
  - o Considerare lo sviluppo di reazioni chimiche senza solventi.
  - o Utilizzare simulazioni al computer come sostituto degli esperimenti.

- Ridurre le quantità di sostanze chimiche nocive, reagenti e precursori se non possono essere esclusi:
  - o Utilizzare reazioni chimiche più efficienti.
- Usare la chimica verde per sostituire le sostanze chimiche con alternative meno tossiche:
  - o Catsub – 300 esempi di sostituzione di sostanze chimiche pericolose.
  - o Toolbox Cefic LRI – Valutazione del rischio e test di tossicità.
  - o CLEANTOOL – Database di prodotti chimici per la pulizia alternativi.
  - o EC (2012) Guidance – Identificare le sostanze chimiche che potrebbero o dovrebbero esserlo;
- valutare le alternative in termini di rischio, requisiti tecnici e considerazioni pratiche e di costo.
  - o EPA- Design for the Environment Alternatives Assessments o German Column Model (Spaltenmodell) – Confronto dei pericoli e dei rischi di diverse sostanze chimiche.
  - o Procedura guidata per le alternative verdi: potenziali sostituti di sostanze chimiche pericolose.
  - o INRS – Identifica le potenziali aree di esposizione sul posto di lavoro e confronta le sostanze chimiche.
  - o Keki-Arvi – Valutazione e prevenzione del rischio. o Toolbox dell'OCSE – Valutazione delle alternative e regolamentazione generale, elenchi e metodologia.
  - o Stoffenmanager – Valutazione dell'esposizione chimica e possibili misure di controllo, inclusa la sostituzione.
  - o SUBSPORT – Sostanze e tecnologie alternative

### 3.3. ASPETTI LEGISLATIVI

L'attuale quadro giuridico presente nell' UE in materia di sostanze chimiche, in particolare i regolamenti REACH e di classificazione, etichettatura e imballaggio (CLP), propone la legislazione più restrittiva esistente al mondo disciplinando le sostanze chimiche e interessando l'industria chimica non solo europea ma di tutto il mondo. Il documento Chemical Strategy suggerisce di rafforzare entrambi i documenti con revisioni focalizzate per garantire che vi siano informazioni adeguate sulle sostanze chimiche fabbricate o importate nell'UE.

L'attuazione e l'applicazione della legislazione europea sulle sostanze chimiche è necessaria per garantire la conformità alla normativa per l'intero ciclo di vita delle sostanze chimiche: produzione, immissione sul mercato, rilascio e smaltimento. Attualmente quasi il 30% delle segnalazioni relative alla presenza di prodotti pericolosi sul mercato riguarda rischi dovuti a sostanze chimiche. Inoltre, solo un terzo dei fascicoli di registrazione delle sostanze chimiche registrate dall'industria chimica ai sensi del regolamento REACH, è pienamente conforme ai requisiti in materia di informazione.

La Commissione effettuerà audit sulle modalità di applicazione della regolamentazione negli Stati membri e presenterà proposte per rafforzare ulteriormente il principio "nessun dato, nessun mercato" e "chi inquina paga".

Le sostanze identificate come estremamente allarmanti ai sensi del regolamento REACH nonché quelle elencate nel regolamento di classificazione, etichettatura e imballaggio (CLP) possono avere effetti protratti nel tempo sulla salute e sull'ambiente.

Per evitare effetti dannosi a lungo termine, l'esposizione dell'uomo e dell'ambiente a queste sostanze tossiche dovrebbe essere ridotta al minimo e queste sostanze sostituite per quanto possibile. Quelle più dannose dovrebbero essere vietate in particolare quando presenti nei prodotti di accesso diretto ai consumatori, consentiti solo per un comprovato e indispensabile uso sociale, se non esistano alternative accettabili.

La legislazione relative ai prodotti chimici si compone di più di 100 direttive e regolamenti.

Questa sezione propone solo i documenti più importanti.

- **Obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite (ONU):**

1. Eliminare la povertà
2. Eliminare la fame
3. Garantire una vita sana e promuovere il benessere per tutti e a tutte le età.
4. Istruzione di qualità
5. parità dei sessi
6. Garantire una disponibilità e una gestione sostenibile dell'acqua e dei servizi igienico-sanitari per tutti.
7. Energia sostenibile e pulita
8. Lavoro dignitoso e crescita economica
9. Costruire infrastrutture resilienti, promuovere un'industrializzazione inclusiva e sostenibile e promuovere l'innovazione.
10. Ridurre le ineguaglianze
11. Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resilienti e sostenibili.
12. Garantire modelli di consumo e produzione sostenibili.
13. Azioni sul clima
14. Conservare e utilizzare in modo durevole gli oceani, i mari e le risorse marine
15. Proteggere, ripristinare e promuovere l'uso sostenibile dell'ecosistema, la gestione sostenibile delle foreste, combattere la desertificazione, bloccare e ripristinare la degradazione ambientale e bloccare la perdita di biodiversità
16. Pace, giustizia e istituzioni autorevoli
17. Collaborazione per il raggiungimento degli obiettivi.

- **World Summit on Sustainable Development (WSSD)** raggiungere una gestione ecocompatibile delle sostanze chimiche e di tutti i rifiuti durante il loro ciclo di vita.

- **European Green Deal** Accordo Verde Europeo
- **European List of Wastes (LoW)** Elenco europeo dei rifiuti (LoW)
- **EU Waste Framework Directive** Direttiva quadro UE sui rifiuti
- **Convenzione di Basilea** sul controllo dei movimenti transfrontalieri di rifiuti pericolosi e del loro smaltimento.
- **Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS)** Sistema globale armonizzato di classificazione ed etichettatura delle sostanze chimiche, formalmente adottato nel luglio 2003 dal Comitato economico e sociale delle Nazioni Unite.
- **EU Regulation on the registration, evaluation, authorization, and restriction of chemicals (REACH)** Regolamento UE sulla registrazione, valutazione, autorizzazione e restrizione delle sostanze chimiche (REACH)
- **Regulation on the Classification, Labelling and Packaging of hazardous substances (CLP)** Regolamento sulla classificazione, l'etichettatura e l'imballaggio delle sostanze pericolose (CLP)
- **UN Environment Program on Mercury** Programma ambientale delle Nazioni Unite sul mercurio

- **Organizzazione internazionale per la standardizzazione (ISO):**

- o ISO 14000
- o SO 14001:2015
- o ISO 9000
- o ISO 15189
- o ISO 19011

- **Environmental, health and safety guidelines (EHS) from the International Finance Corporation (IFC)** Linee guida per l'ambiente, la salute e la sicurezza (EHS) dell'International Finance Corporation (IFC) sulla salute e sicurezza sul lavoro.

- **Altri documenti UE:**

- o Direttiva 91/157/CEE1 sulla limitazione del mercurio nelle batterie.
- o Direttiva 67/548/CEE sulla classificazione e l'etichettatura di una sostanza pericolosa per l'ambiente.
- o Comunicazione della Commissione sugli orientamenti tecnici sulla classificazione dei rifiuti (2018/C 124/01)
- o Direttiva UE 2018/851 sulla gestione dei rifiuti che modifica la direttiva 2008/98/CE
- o **Directive 2011/65/EU** on restrictions in Electrical and Electronic Equipment (EEE).

### **3.4. PRODOTTI CHIMICI PERICOLOSI: IN CHE MODO I LABORATORI POSSONO RIDURRE L'USO DI PRODOTTI CHIMICI PERICOLOSI.**

La produzione chimica è uno dei settori più inquinanti per l'ambiente, ad alta richiesta energetica e di risorse ed è strettamente integrata con altri settori e processi che richiedono ugualmente un elevato consumo energetico. L'industria chimica europea ha già investito in impianti di produzione più performanti, la transizione verde e digitale richiede investimenti ancor più significativi per il settore. Processi e tecnologie industriali nuove e più pulite aiuterebbero non solo a ridurre l'impatto ambientale nella produzione di sostanze chimiche, ma anche a ridurre i costi, migliorare le competenze di mercato e creare nuovi mercati per l'industria chimica europea divenuta più sostenibile per l'ambiente.

L'efficienza energetica nella produzione industriale deve avere la priorità in linea con l'ambizione del Green Deal europeo con combustibili come l'idrogeno rinnovabile e il biometano che, prodotti in modo sostenibile, potrebbero svolgere un ruolo decisivo per la sostenibilità delle fonti energetiche utilizzate. Anche le tecnologie digitali, come internet, i big data, l'intelligenza artificiale, i sensori intelligenti e la robotica, possono svolgere un ruolo importante nell'ecologia dei processi di produzione. Inoltre, l'innovazione nella chimica può portare a soluzioni sostenibili in tutti i settori di riferimento per ridurre l'impronta ambientale complessiva dei processi di produzione.

Le sostanze chimiche sono onnipresenti nella nostra società e sono state la causa del miglioramento della salute umana e dell'aspettativa di vita, in particolare in Medicina e nei laboratori clinici. Tuttavia, rappresentano possibili cause di danni per la salute umana e per l'ambiente a causa della loro potenziale pericolosità (24,36). Pertanto, la definizione e la classificazione delle sostanze chimiche pericolose è fondamentale per identificare e prevenire l'esposizione a queste sostanze, che può essere effettuata tramite etichette e schede dati di sicurezza.

Le definizioni di rifiuto pericoloso differiscono a seconda del paese, anche se in generale si definisce rifiuto pericoloso un materiale dannoso per la salute umana o per l'ambiente che non più utilizzabile per il suo scopo originario e destinato allo smaltimento, è ancora pericoloso (19,29). Il rischio può aumentare al variare della composizione dei rifiuti (19). Nell'UE, i rifiuti pericolosi si basano su quanto descritto nel "Decision on List" dei rifiuti in combinato disposto con l'allegato III (Annex III) della direttiva quadro sui rifiuti. Nei laboratori

clinici, i rifiuti chimici comprendono solventi e reagenti, sterilizzanti, disinfettanti, batterie, metalli pesanti da dispositivi medici, materiale diagnostico radioattivo e miscele chimiche (21).

Esistono diverse proprietà che possono rendere pericolose le sostanze chimiche, come l'essere esplosive, ossidanti, altamente infiammabili, infiammabili, irritanti, nocive, tossiche, cancerogene, corrosive, infettive, tossiche per la riproduzione, mutagene, sensibilizzanti, ecotossiche o in grado di rilasciare sostanze tossiche o gas molto tossici quando a contatto con acqua, aria o un acido, nonché sostanze chimiche che producono un'altra sostanza da loro derivata con le caratteristiche sopra elencate dopo lo smaltimento (37).

Quando si affronta il potenziale pericoloso di una sostanza chimica, occorre considerare diversi aspetti (38):

- Le sue proprietà fisico-chimiche.
- La quantità prodotta/importata e utilizzata in ciascuna applicazione del prodotto.
- Durata e frequenza dell'esposizione.
- Prodotti di trasformazione e degradazione.
- Principali impurità e additivi.
- Probabili percorsi verso l'ambiente, distribuzione ambientale e degrado o trasformazione.
- Durata e frequenza delle emissioni nei diversi ambienti e relativa diluizione.
- Probabili vie di esposizione e assorbimento nell'uomo.
- Scala geografica dell'esposizione.
- Rilascio dipendente dalla matrice della sostanza chimica.
- Accurata disponibilità dei dati sull'esposizione.
- Politiche di gestione del rischio attuate o raccomandate.

Per quanto riguarda l'impatto ambientale delle sostanze chimiche pericolose, esse possono penetrare gli ecosistemi naturali durante l'estrazione, la fabbricazione, l'uso a valle (ad esempio, nei laboratori clinici) o attraverso lo smaltimento/riciclaggio//riutilizzo della sostanza (27). La valutazione sul rischio chimico dovrebbe includere i potenziali effetti sul comparto delle acque, terrestre e atmosferico, nonché sull'attività microbiologica prodotto dai sistemi di trattamento delle acque reflue e gli impatti dovuti all'accumulo nella catena alimentare (38). L'impatto varia, inoltre, a seconda del tipo e del volume/concentrazione della sostanza chimica specifica; il comparto ambientale interessato (aria, acqua, suolo); la durata dell'esposizione (acuta o cronica); la tempistica del rilascio nell'ecosistema e i recettori (ad esempio le specie) esposti e la loro sensibilità alla sostanza chimica (27). Queste valutazioni aiutano a classificare una sostanza chimica pericolosa e a definire la concentrazione al di sotto della quale non si prevede che si verifichino effetti negativi nella sfera ambientale - Concentrazione Prevedibile Senza Effetto (PNEC) (38). Vi sono aspetti riguardanti le sostanze chimiche riutilizzate in un'economia circolare, in quanto ciò può aumentare la circolazione di sostanze chimiche pericolose. Un'importante classe di sostanze chimiche è quella definita come sostanze chimiche molto persistenti (resistenti alla degradazione) poiché la loro stabilità favorisce l'accumulo a livelli nocivi (25). Recentemente, hanno acquisito rilevanza gli effetti combinati delle diverse sostanze chimiche, che consistono nell'esposizione a basse concentrazioni di diverse sostanze chimiche potenzialmente pericolose, anche se tutte le sostanze sono al di sotto della PNEC (39).

L'elenco con classificazione delle sostanze e dei prodotti chimici pericolosi è disponibile nel documento UE "Regolamento sulla classificazione, etichettatura e imballaggio delle sostanze pericolose (CLP)" (40) e nel Regolamento UE sulla Registrazione, Valutazione,

Autorizzazione e Restrizione delle sostanze chimiche (REACH). Il catalogo europeo dei rifiuti, European Waste Catalogue, classifica i rifiuti derivanti delle attività sanitarie umane o animali e/o della ricerca correlata e li suddivide ulteriormente in sezioni applicabili alle sostanze chimiche nei laboratori clinici (41):

- 18 01 Rifiuti derivanti dall'assistenza al parto, dalla diagnosi, dal trattamento o dalla prevenzione di malattie nell'uomo
- 18 01 06 Sostanze chimiche costituite da o contenenti sostanze pericolose
- 18 01 07 Sostanze chimiche diverse da quelle menzionate

Secondo l'inventario ECHA/CLP, esistono oltre 120000 sostanze chimiche registrate e 2327 sostanze pericolose su 4231 che hanno una classificazione codificata di "dannoso per l'ambiente acquatico" (27). In Europa, i contaminanti del suolo più comuni includono metalli pesanti, oli minerali e idrocarburi poliaromatici (PAH) (27).

La seguente tabella include le sostanze chimiche più comunemente registrate in REACH (29):

<b>Sostanza</b>	<b>Numero di immatricolazioni</b>
Etanolo	707
Diidrossido di calcio	577
Ferro	535
Ossido di etilene	526
Etilene	450
Carbone	413
Ossido di alluminio	412
Alluminio	385
Stirene	358
Metilossirano	355
biossido di silicio	339
Propene	335
Solfato di calcio	325
Diossido di titanio	316
Idrossido di sodio	310
Etan-1,2-diolo	306
Silicio	301
Metanolo	284
Ossido di calcio	278
Propano-1,2-diolo	276

Tabella 1. Sostanze più comunemente registrate in REACH.

Inoltre, secondo la Direttiva 2011/65/UE relativa ai dispositivi medici, esistono sostanze soggette a restrizioni che hanno una concentrazione massima tollerata espressa in peso in materiali omogenei, ovvero piombo (0,1%), mercurio (0,1%), cadmio (0,01%) , cromo esavalente (0,1%), bifenili polibromurati (PBB) (0,1%), eteri di difenile polibromurato (PBDE) (0,1%), bis(2-etilesil) ftalato (DEHP) (0,1%), butilbenzilftalato (BBP) (0,1%), dibutilftalato (DBP) (0,1%) e diisobutilftalato (DIBP) (0,1%) (42). Il mercurio ha un alto potenziale tossico sia per l'uomo che per la fauna selvatica, specialmente sotto forma di metilmercurio; tuttavia, l'uso di questo metallo pesante sta diminuendo a livello globale e, soprattutto nella UE, per la disponibilità di alternative prive di mercurio e delle crescenti restrizioni normative nel suo utilizzo (43). In Europa, il mercurio è utilizzato nel settore chimico, illuminazione, interruttori

e comandi elettrici, apparecchiature di misurazione e controllo, amalgami dentali, batterie e negli impianti cloro-soda (43).

Il team Ambiente, Salute e Sicurezza (EHS) di Pfizer Global Research and Development ha avviato un progetto per valutare l'idoneità dei comuni solventi sulla base di criteri di (i) sicurezza dei lavoratori, (ii) sicurezza dei processi e (iii) considerazioni ambientali e normative. Le raccomandazioni sono state pubblicate in *Green Chem.*, 2008,10, 31-36 (DOI: 10.1039/B711717E).

### **3.5. OBIETTIVI**

Lo scopo del modulo sulla "Chimica verde" è istruire e informare sulle sostanze chimiche pericolose e sui modi più efficaci per ridurre la presenza nei laboratori.

- Standardizzazione dei processi di sostenibilità della chimica verde e delle sostanze chimiche pericolose nei laboratori clinici.
- Sostegno ai professionisti della medicina di laboratorio ad attuare misure di sostenibilità
- Promuovere l'approfondimento di dati provenienti dai laboratori clinici, inclusi nuovi approfondimenti e risultati.
- Sostenere i cambiamenti negli atteggiamenti e nei comportamenti della comunità riguardo alle sostanze chimiche, in particolare tra gli operatori sanitari.
- Promuovere programmi educativi sulla chimica verde.
- Impegno a raggiungere un numero significativo di paesi europei e laboratori clinici per quanto riguarda le azioni di sostenibilità relative alla chimica.
- Prevenire la contaminazione dell'aria, dell'acqua e del suolo con sostanze chimiche pericolose e il relativo impatto ambientale, sanitario ed economico.
- Migliorare la salute sul lavoro.
- Aumentare l'efficienza nell'uso delle risorse.
- Ridurre le spese per la raccolta, il trattamento e lo smaltimento dei rifiuti chimici pericolosi.
- Promuovere sistemi di approvvigionamento sostenibili.
- Aumentare indirettamente la domanda e l'innovazione per prodotti chimici sicuri e sostenibili

### **Appalti**

La sanità rappresenta circa la metà della spesa pubblica dell'UE, con oltre 15 000 ospedali (44). I laboratori clinici, Pertanto, possono svolgere un ruolo nel modificare l'offerta e la domanda di prodotti chimici promuovendo alternative verdi adottando una politica di acquisto verde, che include la selezione e l'acquisizione di prodotti che riducono al minimo gli impatti ambientali durante il loro intero ciclo di vita: utilizzare riciclabili, meno sostanze chimiche tossiche e prodotte localmente quando possibile.

### **Gestione e conservazione dell'inventario dei prodotti chimici**

- Non conservare i prodotti chimici nella cappa aspirante, soprattutto senza un sistema sigillante adeguato.
- Mantenere e rivedere l'inventario dei prodotti chimici per evitare acquisti eccessivi e garantire che i prodotti chimici scaduti vengano smaltiti in modo adeguato.
- Riportare data e utilizzo di prodotti chimici e reagenti con la strategia primo a entrare, primo a uscire
- Acquistare la quantità minima di prodotti chimici richiesta.
- Condividere prodotti chimici e reagenti:

- o Aumentare la collaborazione tra laboratori clinici.
- o Promuovere occasioni di condivisione/scambio di prodotti chimici.
- Leasing di prodotti chimici o prodotti chimici come servizio: un nuovo modello di business in cui il fornitore si impegna a fornire solo la quantità di prodotti chimici necessari, con conseguenti benefici per la salute, l'ambiente e l'economia per entrambe le parti (19).

### **Ridurre e riciclare i solventi**

Ridurre l'uso di solventi organici riciclandoli, il che riduce la presenza e i rifiuti chimici: molti solventi (acetone, acetonitrile, xilene, alcol, formalina) possono essere distillati in modo efficiente riportandoli a una purezza del +99% tramite riciclatori in loco e fornitori (34):

- Xilene, alcool e formalina possono essere riciclati mediante l'uso di un CBG Biotech Supreme Solvent Recycler (Thermo-Fisher Scientific).

Piccoli volumi di reagenti devono essere acquistati in modo intermittente per sostituire il volume perso durante il processo di riciclaggio, riciclaggio che è anche economicamente vantaggioso.

### **Gestione dei rifiuti chimici**

- Nei casi in cui non è possibile escludere le sostanze chimiche pericolose, è fondamentale disporre di una gestione dedicata e di una separazione sicura ed efficiente dei rifiuti (19).
- Lo smaltimento dei rifiuti chimici deve essere il più sicuro possibile, assicurando che sia trattato il più vicino possibile alla fonte (20).
- Etichettare, conservare e smaltire le sostanze chimiche pericolose secondo le procedure e tenendo conto dei rifiuti di laboratori clinici specializzati; preferibilmente, scrivere procedure operative standard (SOP) per la gestione di rifiuti chimici/sostanze chimiche pericolose.

### **Numero razionale di test**

Il costo dei test di laboratorio clinico rappresenta circa il 3% di tutti i costi sanitari, con una strategia generica finalizzata a ridurre la spesa sanitaria che consiste in una riduzione non approfondita dei budget di laboratorio e dei test non necessari (45). Pertanto, le richieste finalizzate a migliorare l'appropriatezza dei test di laboratorio per identificare la ridondanza nella richiesta dei test possono ridurre il numero di reagenti e sostanze chimiche pericolose utilizzate. L'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) ha pubblicato un elenco di diagnostica in vitro considerata (IVD), che ha identificato 35 categorie di test diagnostici IVD generalisti che possono essere utilizzate per la diagnosi di molte comuni malattie e 27 categorie di test di IVD per la gestione dell'infezione da HIV, tubercolosi, malaria, epatite B e C, sifilide e infezione da HPV (46).

### **Politica e pianificazione strategica**

- Pianificare una politica ambientale, fornire la documentazione e un programma di formazione del personale sui temi ambientali e sulle buone pratiche.
- Promuovere audit per valutare i progressi prima e dopo l'applicazione di misure finalizzate alla sostenibilità ambientale.
- Nominare un responsabile ambientale e ottenere il supporto dell'alta dirigenza promuovendo la responsabilità aziendale, i vantaggi finanziari e una maggiore reputazione del laboratorio tra i clienti e la comunità.

- Dare l'esempio sulla necessità e valore delle iniziative coinvolgendo i membri senior e fornire feedback ai dipendenti.
- Attuare misure di controllo per evitare o ridurre al minimo il rilascio di sostanze pericolose nell'ambiente di lavoro e il numero di dipendenti esposti. Formare i lavoratori all'uso di sostanze chimiche pericolose, alle pratiche di lavoro sicure e all'uso appropriato dei dispositivi di protezione individuale (DPI).

### **Advocacy:**

La comunità sociale in generale sostiene le iniziative ambientali. Promuovere il coinvolgimento di gruppi associati al laboratorio clinico, come pazienti, utenti, fornitori, colleghi, istituzioni e direzioni aziendali.

### **3.6. AZIONI**

- Pubblicazione di piani d'azione e linee guida riguardanti le sostanze chimiche pericolose e la chimica verde, che includono surveys e checklist.
- Formazione dei 49 Rappresentanti delle Società Nazionali per diventare Delegati/Ambasciatori del Green Lab sul tema della chimica verde e delle sostanze chimiche pericolose.
- Promuovere incontri con le Società Nazionali in materia di prodotti chimici pericolosi e misure di sostenibilità.
- Creare workshop sulla chimica verde per l'intera comunità EFLM.
- Creare una certificazione per Green Labs, comprendendo la chimica sostenibile.

## 4. STRATEGIE PER IL RISPARMIO ENERGETICO E SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

A cura di:

### **Wendy Brennan**

Componente della EFLM Task Force-Green Labs  
Virology Department, Medical Microbiology Division, Galway University Hospital, Galway, Irlanda W

### **Snežana Jovicic**

Componente della EFLM Task Force-Green Labs  
Medical Biochemistry Department, University of Belgrad, Faculty of Pharmacy, Belgrad, Serbia

### 4.1. INTRODUZIONE

I laboratori clinici utilizzano da 3 a 6 volte più energia per m<sup>2</sup> rispetto a un tipico edificio per uffici. Ciò è dovuto al funzionamento in continuo delle tecnologie specialistiche di laboratorio, e anche ai sistemi di ventilazione (circa il 50-80% del consumo energetico), nonché alla necessità del controllo della temperatura e dell'umidità (10).

Il trasporto dei campioni, le fasi pre-pre-analitiche e pre-analitiche sono altri ambiti di riflessione per ridurre la produzione di CO<sub>2</sub> dei laboratori clinici (47,48).

Per attuare buone pratiche ambientali, è importante introdurre un Sistema di Gestione Ambientale e definire un'adeguata politica di eco-sostenibilità ambientale. Il data mining e l'intelligenza artificiale possono contribuire a massimizzare l'efficienza energetica, misurare e controllare l'emissione di CO<sub>2</sub>. Queste azioni offrono soluzioni sostenibili e riducono i costi (49). Tuttavia, la trasformazione verso un laboratorio eco-sostenibile inizia già con riduzioni di consumi semplici e facili da attuare effettuate dal personale di laboratorio, dove l'alta dirigenza può utilmente assumere un ruolo di primo piano e dando l'esempio.

Il miglioramento ambientale dovrebbe essere basato sul concetto delle 3R per ridurre (ridurre il consumo di energia, risorse naturali e prodotti non sicuri), riutilizzare (riutilizzare i materiali il più possibile prima di sostituirli) e riciclare (trasformare i materiali usati in nuovi prodotti, quindi prevenire gli sprechi, ridurre il consumo di nuove materie, il consumo di energia, l'inquinamento dell'aria e dell'acqua) (9).

Quando si stima l'emissione di CO<sub>2</sub> del laboratorio clinico prodotta dal consumo di energia, e considerando a parte gli strumenti propri del laboratorio, si dovrebbe considerare anche le infrastrutture del laboratorio, come il sistema di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria (HVAC), il sistema di illuminazione/ombreggiatura e il sistema dell'elaborazione informatica dei dati (computer). Queste quattro aree di consumo di energia determinano il loro impatto ambientale non solo consumando energia (ovvero elettricità e gas), ma anche acqua e producendo rifiuti, come illustrato nella figura 4 sottostante (50).

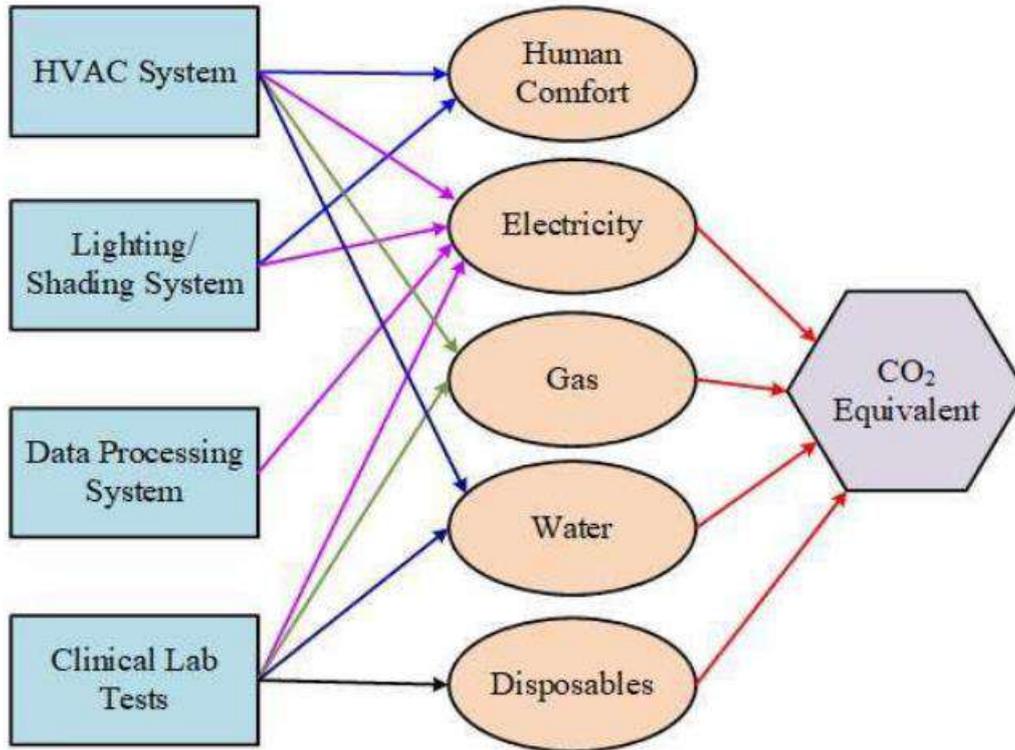


Figura 4. Consumatori di energia all'interno del laboratorio clinico e impatto sulla produzione di CO<sub>2</sub> (50)

#### 4.2. IMPLEMENTAZIONE DI BUONE PRATICHE AMBIENTALI PRATICA IN MATERIA DI CONSUMO ENERGETICO

Gli obiettivi per implementare azioni di sostenibilità ambientale nei laboratori clinici per la gestione dei consumi energetici, possono essere sintetizzati come segue (10,49):

- Riduzione del consumo energetico nel flusso dei processi di lavoro del laboratorio.
- Riduzione del consumo di carburanti da parte della logistica e del personale del laboratorio:
  - impatto ambientale non solo consumando energia (ovvero elettricità e gas), ma anche acqua e producendo rifiuti, come illustrato nella figura 4 sottostante (50).
  - Se si utilizzano veicoli per il trasporto dei campioni, selezionare i veicoli a basso consumo di carburante e i loro percorsi e rivederne regolarmente l'utilizzo
  - Motivare il personale di laboratorio a utilizzare i mezzi pubblici, i car pooling o le biciclette quando si reca al lavoro, al fine di ridurre la riduzione di CO<sub>2</sub> individuale.
  - Invitare i fornitori a unirsi agli sforzi del laboratorio per introdurre buone pratiche ambientali.
- Progettazione efficiente dal punto di vista energetico e rispettosa dell'ambiente del laboratorio/ospedale edifici:
 

Applicare buone pratiche ambientali durante la ristrutturazione o la costruzione di un nuovo edificio del laboratorio. Coinvolgere LEED (Leadership in Energy and Environmental

Design) o equivalenti come architetti certificati per garantire che vengano implementate le migliori strategie e pratiche di costruzione green (51).

- Utilizzo di fonti energetiche rinnovabili quando e dove possibile (eolico, solare, fotovoltaico e solare termico).
- Collaborazione tra edifici ospedalieri e reti di laboratori per la condivisione delle risorse.

#### **4.2.1. IN CHE MODO I LABORATORI POSSONO RIDURRE IL CONSUMO ENERGETICO?**

##### **SPEGNERE, SWITCH OFF**

Uno dei metodi più semplici per ridurre i consumi energetici è quello di spegnere luci, computer, strumentazione e apparecchiature a fine giornata o quando non vengono utilizzate. Questo aspetto è particolarmente importante nelle strumentazioni che hanno elementi di riscaldamento o raffreddamento in quanto consumano intrinsecamente molta energia. Può essere implementato più facilmente introducendo un "sistema di adesivi a semaforo" sulle apparecchiature elettriche. La condivisione di regole tra la direzione e il personale senior su quale apparecchiatura può essere spenta incoraggerà tutti gli utenti. Ad esempio, Verde: spegni l'attrezzatura quando hai finito di usarla; Arancione: verifica con il personale senior se può essere spento dopo l'uso/alla fine della giornata; Rosso: deve rimanere acceso (52–55).

##### **TECNOLOGIA INTELLIGENTE, SMART TECHONOLY**

- Installazione di luci a sensore lungo i corridoi e le aree poco frequentate o i magazzini.
- Sostituire gli apparecchi di illuminazione con altri più efficienti quando e dove possibile e passare dalle lampade fluorescenti a quelle a LED. I LED forniscono la stessa intensità luminosa, hanno una durata maggiore e consumano il 50% in meno di energia, il che avrà anche un impatto come risparmio sui costi.
- Utilizzare la luce naturale il più possibile, scoraggiare l'uso abituale di luce artificiale quando c'è luce naturale sufficiente. Dovrebbero essere prese in considerazione, inoltre, la modalità di illuminazione delle aree di attività, la necessità di illuminare aree di lavoro specifiche e l'illuminazione modulare inserita in arredi modulari da laboratorio, banchi, armadi di biosicurezza ecc. (53,54,56).
- Utilizzare l'energia solare, i biocarburanti sostenibili, il calore combinato ove i sistemi di alimentazione potrebbero essere utilizzati per integrare il fabbisogno di elettricità e calore (57).
- Assicurarsi che la modalità di risparmio energetico o sospensione sia attiva su computer, stampanti e scanner in modo da aumentare il risparmio energetico durante la giornata lavorativa. Non utilizzare screensaver poiché questi richiedono elaborazione strumentale e memoria, che a loro volta consumano energia (53,58).

##### **THINK TWICE**

- **S**stampare solo dove necessario.
- Ridurre il numero di e-mail inviate, in particolare quelle con allegati. In molti non sanno che un'e-mail media determina un valore compreso tra 4 e 50 g di CO<sub>2</sub> a seconda degli allegati. Annulla l'iscrizione a liste di email senza valore o interesse (59,60).

## **TIMER**

- Installare timer sulle apparecchiature, ad esempio bagni e blocchi riscaldanti. I timer assicurano sia che l'attrezzatura sia pronta per l'uso quando necessario sia che non rimanga inutilmente accesa a lungo dopo che l'attrezzatura è stata utilizzata.

## **CAPPE ASPIRANTI E ARMADI DI SICUREZZA BIOLOGICA (BSC)**

- Chiusura dell'anta delle cappe chimiche quando non utilizzate in quanto il ventilatore presente su queste aspira continuamente aria calda o condizionata dall'ambiente. Questa tipologia di cappe chimiche può consumare la stessa energia di più case al giorno (56,58).
- Le cappe di sicurezza biologica (BSC) possono essere spente quando non è necessaria la loro attività o alla fine della giornata lavorativa, a seconda dei casi. Si tratta di apparecchiature ad alto consumo energetico che utilizzano circa la metà dell'energia consumata da una casa al giorno. Assicurarsi che tutte le piccole strumentazioni utilizzate all'interno di cappe aspiranti o BSC siano spente anche quando non sono in uso. Se si utilizza la luce UV come metodo di decontaminazione, installare un timer e farlo funzionare solo quando il laboratorio è vuoto per evitare danni UV al personale. Il funzionamento a lungo termine può degradare i reattivi nel tempo, di conseguenza la prassi migliore nell'eseguire la decontaminazione per 30 minuti, poiché questa scelta è sufficiente per decontaminare lo strumento e, nella maggior parte dei casi, non è richiesta la decontaminazione UV (53,61-63).

## **FRIGORIFERI E CONGELATORI**

- Mantieni un'organizzazione ove siano ridotti i tempi di apertura risparmiando energia e tempo.
- Controlla regolarmente ciò che viene immagazzinato per prevenire l'accumulo di materiali non più necessari.
- Sbrinare regolarmente i congelatori e ripulire regolarmente i materiali immagazzinati per garantire che funzionino in modo efficiente e per ridurre il consumo di energia. Riempi gli spazi vuoti con contenitori vuoti o contenitori pieni di ghiaccio per prevenire il congelamento eccessivo.
- Sostituire regolarmente i filtri che devono essere cambiati, pulire le serpentine di refrigerazione esposte di frigoriferi e congelatori e pulire la guarnizione della porta.
- Dove possibile i congelatori a -80°C possono essere aumentati a -70°C senza rischi negativi o compromissione degli articoli immagazzinati. Questa modifica ha dimostrato di avere un risparmio energetico fino al 30% (52,53,58).

## **RIFIUTI**

- Le autoclavi dovrebbero funzionare nel modo più efficiente possibile. Ciò potrebbe includere un percorso a due flussi in cui gli articoli vengono inviati per l'autoclave o il lavaggio delle stoviglie, a seconda dei casi. Le autoclavi dovrebbero funzionare solo quando sono piene; questo può significare condividere i carichi all'interno di diversi reparti. L'impostazione di un programma potrebbe aiutare a coordinare le corse da eseguirsi. Assicurarsi che i rifiuti clinici o di laboratorio inviati per l'autoclave siano effettivamente da essere posti in autoclave. Questa prassi dovrebbe essere rivista periodicamente per garantire che le attività in essere siano aggiornate.

## **ARIA CONDIZIONATA**

- Assicurarsi che le finestre non siano aperte o che non vengano utilizzate strumenti di riscaldamento mentre le unità di condizionamento dell'aria sono in funzione. Il controllo della temperatura e umidità deve essere regolato in base alle esigenze stagionali. Chiudere le porte nelle stanze in cui viene utilizzata l'aria condizionata (56).

## **ATTREZZATURE E STRUMENTAZIONE**

- Durante le procedure di gara, scegliere attrezzature e strumentazione con una classificazione energetica in stelle adeguata e requisiti sia di condizionamento che di riscaldamento non significativi. Un acquisto efficiente dal punto di vista energetico (apparecchi a stelle) di nuove attrezzature e strumentazione è essenziale.
- I dirigenti dovrebbero insistere affinché i fornitori ritirino i materiali di imballaggio per il riutilizzo o il riciclaggio dopo la fornitura di strumenti e attrezzature. Sono inoltre obbligati a ritirare i vecchi apparecchi per il loro riciclaggio ai sensi delle normative UE sui rifiuti elettronici (RAEE). Assicurarsi che tutte le attrezzature siano rese sicure e decontaminate ove necessario.
- Ove possibile, le nuove attrezzature dovrebbero essere acquistate localmente per la produzione di CO<sub>2</sub> associata alla consegna e alla fornitura.
- Se possibile, includere elementi di politica verde nell'approvvigionamento (53,58,64).

## **REAGENTI E MATERIALI DI CONSUMO**

- I reagenti e i materiali di consumo dovrebbero essere acquistati e prodotti il più localmente possibile per ridurre la produzione di CO<sub>2</sub> associata al trasporto.
- I prodotti dovrebbero essere acquistati all'ingrosso, in particolare gli articoli di uso comune tra i reparti. Questo può avere sia un risparmio di costi che di energia.
- Concordare con i fornitori per ridurre l'uso degli imballaggi, in particolare gli imballaggi difficili da riciclare o non riciclabili come il polistirene (10,52).

## **“CONDIVIDERE È CURA”**

- I dipartimenti o i laboratori più piccoli potrebbero prendere in considerazione la condivisione delle apparecchiature invece di acquistarne di proprie. Esempi in cui ciò può essere efficace sono autoclavi, congelatori, stampanti, cappe aspiranti, termociclatori, filtri/deionizzatori.

Tutti questi strumenti possono essere facilmente condivisi con una pianificazione e turnazione (52,54).

## **. TRASPORTO DEL CAMPIONE, FASI PRE-PRE-ANALITICA E PRE-ANALITICA**

- Quando possibile, è auspicabile l'utilizzo di alternative quali la bicicletta o piccole automobili per il trasporto di campioni e materiali di laboratorio su brevi distanze.
- Se possibile, utilizzare veicoli ibridi o elettrici per trasportare campioni e materiali di laboratorio.
- Esplorare alternative possibili nel futuro come il trasporto on droni, una soluzione prevista in diversi settori dell'assistenza sanitaria (65).

## 5. STRATEGIE DI GESTIONE DEI RIFIUTI

Preparato da:

**Giuseppe Lopez**

Componente della EFLM Task Force-Green Labs,  
Department of Biomedical Sciences MAHSA University and Institute for  
Medical Research  
Kuala Lumpur, Malaysia.

**Alistair Gammie**

Componente EFLM Task Force-Green Labs,  
Senior Global Director and Head of ValuMetrix, Ortho Clinical Diagnostics,  
Regno Unito

Del totale dei rifiuti generati dalle attività sanitarie, circa l'85% di tutti i rifiuti generati delle attività sanitarie è classificato come rifiuti non pericolosi mentre il restante 15% è considerato pericoloso in quanto i materiali possono essere infettivi, tossici o radioattivi. È essenziale disporre di misure capaci di garantire una gestione sicura ed ecocompatibile dei rifiuti sanitari per prevenire danni alla salute e all'ambiente dovuti a tali rifiuti (66).

### 5.1. STRATEGIE NELLA GESTIONE DEI RIFIUTI

I rifiuti di laboratorio sono i rifiuti che hanno avuto un contatto diretto con organismi patogeni, o fluidi corporei e altri materiali che vengono utilizzati nel laboratorio.

I rifiuti sanitari vengono solitamente inviati alle discariche o inceneriti. Le discariche rilasciano sostanze chimiche nocive nel terreno e nelle falde idriche. L'emissione dopo combustione di rifiuti sanitari può generare inquinanti atmosferici come diossine, furani e particolati. I laboratori hanno l'obbligo sociale di ridurre e migliorare lo smaltimento dei propri rifiuti. Per raggiungere questo obiettivo, è necessario proporre un'azione sinergica del laboratorio sia sull'industria della diagnostica in vitro (IVD) sia verso gli organismi professionali e le autorità di regolamentazione. Il nostro scopo è quello di incoraggiare la riduzione dell'impatto ambientale per riconosciute motivazioni etiche che vadano oltre gli obblighi di conformità normativa e delle regole da seguire come costrizione.

La corretta gestione dei rifiuti dei laboratori clinici dovrebbe basarsi su tre fondamentali buone pratiche ambientali, ovvero Ridurre, Riutilizzare e Riciclare. La migliore strategia per la gestione dei rifiuti di laboratorio dovrebbe iniziare e essere considerata fin dal momento dell'acquisto. Il principio imperativo che regola la proattiva accorta gestione dei rifiuti di laboratorio è che nessuna attività di produzione dovrebbe iniziare prima di avere formulato un preciso piano per lo smaltimento dei rifiuti pericolosi e non pericolosi. L'applicazione di questo semplice principio assicura che siano soddisfatti i requisiti normativi sia di carattere locale e che nazionale nella gestione dei rifiuti anche valutando la possibile evenienza di rischi imprevisti con la possibile formazione di nuovi rifiuti inattesi (ad esempio, biologico, chimiche, radioattive) che la normativa istituzionale istituzione non aveva previsto e normato (66-68).

Se l'impatto della singola fonte di rifiuti può sembrare relativamente minore, l'insieme dei rifiuti generati con il loro potenziale effetto cumulativo sull'ambiente può essere significativo e importante. La produzione di rifiuti deve essere conosciuta in termini quantitativi e gestita. Il ridurre al minimo la quantità di rifiuti prodotti nel proprio laboratorio

può aiutare a governare al meglio la gestione dei rifiuti. La produzione di rifiuti deve essere stimata e gestita. I laboratori dovrebbero puntare a gestire i propri rifiuti con le azioni seguenti:

- (I) Ridurre la quantità
- (II) Riutilizzare o ridistribuire i materiali indesiderati e in eccesso.
- (III) Trattare e/o riciclare i materiali all'interno dei rifiuti;
- (IV) Smaltire mediante incenerimento, trattamento o interrimento.

Un modo con cui è possibile ridurre al minimo lo spreco e la conseguente produzione di rifiuti è garantire che vengano eseguiti solo i test necessari. Questa è anche ragionevole in termini economici. Le richieste di test dovrebbero essere esaminate anche in questa prospettiva. La riduzione dei test ha anche una corretta finalità economica.

## 5.2. CATEGORIE DI RIFIUTI E LORO GESTIONE

I rifiuti dei laboratori clinici possono essere classificati in diversi modi. Si desidera proporre una classificazione secondo le seguenti categorie:

- **Solidi non biologici** come plastica, imballaggi, rifiuti elettronici (rifiuti elettrici ed elettronici) e rifiuti solidi vari come carta.
- **Rifiuti biologici:** rientrano in questa categoria vetro, aghi, ecc.
- **Sostanze chimiche:** liquide, organiche, solide; includono disinfettanti, solventi, detergenti utilizzati per finalità di laboratorio, batterie e metalli pesanti da apparecchiature mediche come il mercurio di termometri rotti.

La gestione dei rifiuti chimici è discussa nella sezione sui prodotti chimici di questo documento.

### 5.2.1. GESTIONE DEI SOLIDI NON BIOLOGICI

#### 5.2.1.1. PLASTICA (69–76)

L'inquinamento da sostanze plastiche è diventato uno dei problemi ambientali più urgenti e importanti. A livello globale, si stima che la produzione e l'incenerimento della plastica abbiano immesso nell'atmosfera più di 850 milioni di tonnellate di gas serra nel 2019. Entro il 2050, tali emissioni potrebbero salire a 2,8 miliardi di tonnellate, parte delle quali potrebbe essere evitata attraverso un migliore riciclaggio (69).

**Le plastiche monouso** rappresentano circa il 40% della plastica prodotta ogni anno. Molti di questi prodotti possono persistere nell'ambiente per centinaia di anni. Oltre ai rifiuti, la plastica inquina anche per il rilascio di composti utilizzati nella fabbricazione. Le aree biomediche sono un consumatore particolarmente elevato di plastica monouso. In effetti, alcune aree come la biologia molecolare sono cresciute nell'era delle plastiche monouso (72).

**Le microplastiche**, ovvero minuscole particelle di plastica, provengono da molte fonti e sono onnipresenti. Entrano negli esseri umani attraverso il cibo e l'acqua, oltre che respirandoli. È stato dimostrato che le microplastiche danneggiano la fauna selvatica e danneggiano le cellule umane in laboratorio (71).

#### RIDURRE l'Uso delle Plastiche:

*Sostituti della Plastica:* i laboratori possono ridurre il consumo di plastica scegliendo sostituti della plastica, ove possibile. Con il vetro. La sostituzione delle plastiche con il vetro si è rivelata efficace per materiali in plastica come capsule di Petri, flaconi di varie forme e dimensioni, pipette e puntali per pipette (con quelli in metallo), provette per campioni, fiale, cestelli, provette Falcon, provette e contenitori di pesatura.

*Attrezzature e reagenti:* l'uso ridotto di materie plastiche può essere ottenuto anche dalla assegnazione al momento della gara d'appalto per attrezzature e reagenti. Scegli apparecchiature di aziende IVD che:

- Producono apparecchiature con contenuto di plastica ridotto.
- Forniscono prodotti con imballaggi ridotti e/o ecologici, ad es. acquistare provette in sacchi.
- Sono disposti a riprendere gli involucri delle attrezzature usate per un loro uso futuro.
- Prevedere l'utilizzo di accessori in plastica riutilizzabili, ad esempio riutilizzare i rack per cuvette originali.

Al momento della gara d'appalto per reagenti e diagnostici richiedere la disponibilità a ritirare gli imballaggi e i contenitori di reagenti in plastica usati. Inoltre, ridurre il numero di fornitori o acquistare tramite commesse condivise, riducendo così il numero di consegne, in modo da aiutare l'ambiente.

## **RIUTILIZZO della plastica**

- I laboratori dovrebbero riutilizzare il maggior numero possibile di materiali. Gli articoli riutilizzabili possono avere prestazioni paragonabili ai materiali degli articoli monouso.
- Ove possibile, considerare i seguenti beni per il riutilizzo: contenitori per puntali e per pipette, pipette e puntali per pipette durante l'aliquotazione, contenitori di pesatura, guanti (decontaminare con etanolo), provette e cuvette (con un risciacquo), beaker o contenitore per la raccolta dei puntali.
- I laboratori dovrebbero sostituire la plastica usa e getta anche nelle procedure sterili, ad es. scegliendo piatti di coltura di vetro invece di piatti di plastica usa e getta. Tuttavia, in caso di necessità, prendere in considerazione il riutilizzo solo per situazioni in cui la procedura sterile non è necessaria, come il lavoro al banco.

## **RICICLAGGIO della plastica**

In Europa il recupero energetico è il modo più utilizzato per smaltire i rifiuti di plastica, seguito dal riciclo. Circa il 25% di tutti i rifiuti di plastica prodotti finisce in discarica. La metà della plastica raccolta per il riciclaggio viene esportata per essere trattata nei paesi al di fuori dell'UE. A livello globale, i ricercatori stimano che la produzione e l'incenerimento della plastica abbiano immesso nell'atmosfera più di 850 milioni di tonnellate di gas serra nel 2019. Entro il 2050, si stima che tali emissioni potrebbero salire a 2,8 miliardi di tonnellate, una parte delle quali potrebbe essere evitata attraverso migliore riciclaggio (69).

Di solito, i rifiuti di laboratorio delle plastiche sono insaccati e "autoclavate" - un processo di sterilizzazione ad alta intensità energetica e idrica che spesso utilizza vapore pressurizzato - e quindi inviata in discarica. Ma non tutti i rifiuti di plastica sono così contaminati da non poter essere riciclati (72,75). Kuntin (75) e i suoi colleghi hanno sviluppato una "stazione di decontaminazione" con un bagno della durata di 24 ore in un disinfettante ad alte prestazioni, seguito da un risciacquo per la decontaminazione chimica. Gli stessi acquisiscono materie plastiche potenzialmente più facili da riciclare. Come risultato hanno ridotto di circa una tonnellata all'anno la plastica che prima veniva mandata in discarica.

Hanno verificato la possibilità di acquisti all'ingrosso quando possibile, per ridurre i rifiuti di imballaggio.

Le materie plastiche che più comunemente possono essere riciclate sono il polistirene (PS), il polipropilene (PP) e il polietilene ad alta o bassa densità (HDPE/LDPE). I materiali di consumo comunemente usati come le provette da centrifuga sono realizzati in PP, mentre i piatti di coltura e le beute sono solitamente realizzati in PS. HDPE e LDPE si trovano più comunemente nei coperchi.

Anche il riciclaggio dei rifiuti plastici non pericolosi sta diventando un'opzione percorribile per i laboratori. Molti trasportatori di rifiuti stanno iniziando ad accettare rifiuti di plastica non pericolosi dai laboratori. Diversi fornitori offrono programmi di riciclaggio per i loro prodotti. (EUROPEAN RECYCLERS (77). Polycarbin (78) ha sviluppato il concetto di circolarità per i laboratori per il riciclo della plastica ed è pertanto importante che i laboratori diagnostici inizino a valutare la fattibilità del riciclaggio della plastica utilizzata.

### **Alternative all'uso attuale di plastica**

Diverse aziende hanno sviluppato materie plastiche che sono prodotte da fonti rinnovabili e biodegradabili, tra cui BASF e NatureWorks (Innetonka, Minnesota, USA). BASF ha sviluppato un film in poliestere compostabile chiamato "Ecoflex®" e sta producendo e commercializzando sacchetti completamente biodegradabili, "Ecovio®", realizzati con questa pellicola insieme all'amido di manioca e al carbonato di calcio. Nessuno di questi, tuttavia, è comunemente utilizzato.

#### **5.2.1.2. IMBALLAGGIO**

I materiali di imballaggio sono prodotti a base di polistirolo, cartone, carta. Contribuiscono in gran parte allo spreco presente eccessivo. I laboratori possono quindi:

- Negoziare con i fornitori per ritirare e riutilizzare i materiali di imballaggio
- Inoltre, i laboratori possono anche negoziare con i fornitori per ridurre il volume di rifiuti di cartone e plastica utilizzati nel confezionamento dei propri prodotti. Tuttavia, questo non può essere modificato senza essere approvato nel dovuto processo normativo.
- Investire in un compressore Styrofoam (di polistirolo). Il prodotto compresso può essere utilizzato per altri scopi.

**RACCOMANDAZIONE:** Il gruppo di lavoro Task Force Green Lab ritiene utile un periodo di esonero da sanzioni concordato da tutte le autorità di regolamentazione a livello globale per consentire alle aziende di rivedere e perfezionare le proprie strategie di imballaggio per ridurre al minimo i rifiuti attraverso un processo semplificato di documentazione. Ciò consentirebbe a tutti i produttori di contribuire a questo sforzo.

#### **5.2.1.3. E-WASTE (RIFIUTI ELETTRICI ED ELETTRONICI) (79,80)**

Si stima che 57,4 Mt (milioni di metri cubi) di rifiuti elettronici siano stati generati a livello globale nel 2021. L'Europa ha di gran lunga il più alto tasso di raccolta e riciclaggio pari al 42,5%. Ci sono stati oltre 347 Mt di rifiuti elettronici non riciclati sulla terra nel 2022 (79). I rifiuti elettronici non si biodegradano e quindi si accumuleranno ovunque vengano scaricati. La messa in discarica dei rifiuti elettronici è dannosa per l'ambiente perché le tossine come mercurio, piombo, cadmio, nichel, berillio e arsenico possono infiltrare il suolo e i corsi d'acqua e diventare dannose per la salute umana.

Le apparecchiature mediche non più in uso, i tubi fluorescenti, le batterie, i telefoni, i computer, ecc. devono essere riciclati o smaltiti in conformità alle normative locali e nazionali. Un documento che esamina le azioni utili sia per il laboratorio che per i produttori delineando un piano in 10 punti è stato pubblicato da Cambridge Design (80). I laboratori dovrebbero impegnarsi a acquistare elettronica rispettosa dell'ambiente: cercare prodotti etichettati Energy Star o certificati dall'Electronic Product Environmental Assessment Tool (EPEAT).

#### 5.2.1.4. MISURE RACCOMANDATE PER I PRODUTTORI DI IVD

- **Beni con etichettatura ecologica** (chiamati anche etichette ambientali, etichette ecologiche): i prodotti ecologici possono essere definiti come prodotti che contengono materiali riciclati, riducono i rifiuti, risparmiano energia o acqua, utilizzano meno imballaggi e riducono la quantità di sostanze tossiche da smaltire o consumate. I produttori dovrebbero sottoscrivere un modello di etichettatura verde come quello introdotto nell'UE dove gli elettrodomestici hanno una rappresentazione della tecnologia elettrica energetica con una classificazione da A a E basata su criteri concordati.

- **Hardware:** dal punto di vista dell'hardware dovrebbe essere dato maggior peso alla durata della vita delle apparecchiature, sia con un modello di ricondizionamento/riciclo in loco con tempi di sostituzione delle apparecchiature più lunghi e/o attraverso iniziative di cannibalizzazione.

- **Software:** l'obsolescenza del software porta spesso all'introduzione di nuovo hardware. Invitiamo i produttori a creare le condizioni perché i loro prodotti consentano di utilizzare nuovi software con Intelligenza Artificiale (AI, machine learning) senza sostituire l'intero strumento.

- **Chimica su micro-quantità:** modificare le procedure analitiche di test al minimo possibile di utilizzo dei reattivi riduce la quantità totale di rifiuti generati. Questo comporta anche vantaggi in termini di sicurezza e costi.

#### 5.2.2. GESTIONE DEI RIFIUTI DI LABORATORIO BIOLOGICO (81,82)

Adattato dai protocolli dell'Università del Connecticut e dell'Università del North Carolina a Chapel Hill:

##### 5.2.2.1. DEFINIZIONE E DESCRIZIONE DEI RIFIUTI BIOLOGICI

I rifiuti biologici di laboratorio possono essere definiti come rifiuti a rischio infettivo o potenzialmente infettivo, così come i contenitori e i materiali generati durante la loro manipolazione e/o stoccaggio.

I rifiuti biologici includono:

- **Liquidi:** mezzi di coltura cellulare, surnatante, sangue o frazioni del sangue (siero), ecc. che contengono agenti biologici attivi.

- **Qualsiasi parte del corpo umano,** tessuti e fluidi corporei, compresi quelli non infettivi.

- **Qualsiasi parte di un animale infetto o potenzialmente infetto da una malattia trasmissibile.**

- **Rifiuti di laboratorio solidi e non appuntiti** (provette di plastica per colture cellulari e piastre di Petri vuote, provette di plastica vuote, guanti, involucri, tessuti assorbenti, ecc.) che possono essere contaminati da agenti biologici vitali.

- Tutti gli oggetti affilati e taglienti utilizzati per le cure mediche, nella diagnosi e nella ricerca.
- Vetreria da laboratorio ritenuta contaminata da agenti biologici pericolosi.
- Qualsiasi materiale raccolto da rifiuti infettivi o chemioterapici.
- Rifiuti misti a rifiuti infettivi che non possono essere considerati rifiuti chimici pericolosi o rifiuti radioattivi.

### 5.2.2.2. PROCEDURE DI SMALTIMENTO

#### Rifiuti liquidi

I rifiuti liquidi biologici possono essere smaltiti nello scarico (fogna sanitaria), in acqua corrente **dopo essere stati decontaminati** con autoclave o prodotti chimici. Il lavello deve essere risciacquato bene e disinfettato dopo la procedura di smaltimento.

Decontaminazione chimica: può essere ottenuta utilizzando PRESEPT™, un disinfettante biocida basato sull'azione del NaDCC (troclosene sodico). È utile nella decontaminazione di tutti i microrganismi inclusi i virus MRSA, HIV, epatite B e herpes. Il sangue denaturato può essere eliminato tramite una conduttura o un lavandino da laboratorio con abbondante acqua. Eventuali solidi troppo grandi per il lavello del laboratorio possono essere smaltiti come rifiuti biologici.

#### Rifiuti quali aghi e oggetti taglienti

- Alcuni contenitori di aghi o oggetti taglienti possono decomporsi se sterilizzati in autoclave, nel qual caso è necessario utilizzare la decontaminazione chimica del contenuto. Per la decontaminazione chimica, il disinfettante deve essere un composto equivalente a una sostanza tubercolicida registrato dall'EPA statunitense come la candeggina domestica standard diluita alla concentrazione finale del 10%. Riempire con la diluizione appropriata di disinfettante e lasciare riposare tutta la notte. Svuotare il liquido dal contenitore, sigillarlo ed etichettarlo e metterlo nel dispositivo sacchetto-scatola.
- In alternativa, i contenitori sigillati utilizzabili per aghi o oggetti taglienti non trattati possono essere collocati nelle unità adeguate box-bag insieme ad altri rifiuti biologici non trattati. Su ogni contenitore di aghi o oggetti taglienti deve essere apposto l'indirizzo dell'istituzione, con l'indicazione se trattata o non trattata, posta nell'unità box-bag.

#### Non aghi o taglienti

I metodi accettabili per lo smaltimento sono i seguenti:

- I rifiuti biologici decontaminati mediante autoclave, disinfezione chimica o altro metodo di decontaminazione appropriato possono essere etichettati e smaltiti come rifiuti non a rischio biologico/non infettivi nella normale spazzatura.
- Se l'autoclave è disponibile, autoclavare i rifiuti in un sacchetto per autoclave, applicare l'indicazione dell'autoclave e collocarlo in un contenitore sicuro per autoclave. Dopo la sterilizzazione in autoclave e il raffreddamento, drenare l'eventuale liquido residuo e posizionare i rifiuti sigillati nell'unità sacchetto-scatola. Non versare i terreni di agar liquefatti nello scarico. Non sterilizzare in autoclave contenitori o altri recipienti contenenti candeggina. La combinazione di candeggina e cotone residuo e olio (autoclavi pulite in modo improprio) può provocare una combustione esplosiva all'interno dell'autoclave.

Rifiuti misti: seguire la formula seguente per determinare quale il flusso di rifiuti. Biologico + Sostanza chimica pericolosa = Rifiuti chimici

### 5.2.2.3. STOCCAGGIO, ETICHETTATURA E TRASPORTO DEI RIFIUTI BIOLOGICI

**Stoccaggio:** I rifiuti biologici non devono essere accumulati. Dovrebbero essere decontaminati e smaltiti giornalmente o regolarmente. Se lo stoccaggio del materiale contaminato è comunque necessario, questo deve essere effettuato in un contenitore rigido lontano dalle attività più frequentate e preferibilmente in un'area protetta. I rifiuti biologici trattati, esclusi gli oggetti taglienti già usati, possono essere conservati a temperatura ambiente fino a quando il contenitore di stoccaggio o l'unità box-bag è piena, ma non oltre 48 ore. Possono essere refrigerati fino a 1 settimana dalla data di produzione. I rifiuti biologici devono essere datati se refrigerati per lo stoccaggio. Se i rifiuti biologici diventano putrescenti durante lo stoccaggio, devono essere posti all'esterno entro 24 ore per il trattamento e lo smaltimento. I contenitori per aghi e oggetti taglienti possono essere utilizzati solo fino a 2/3 o 3/4 del contenitore stesso, momento in cui debbono essere decontaminati, preferibilmente in autoclave, e smaltiti come rifiuti sanitari secondo il regolamento locale.

Etichettatura dei rifiuti biomedici:

- Ogni singola contenitore per aghi e oggetti taglienti deve essere etichettato con l'indirizzo dell'istituto, l'edificio nel quale sono stati prodotti e il numero della stanza. Indicare se i rifiuti presenti nella cassetta sono trattati o non trattati.
- I rifiuti non a rischio biologico/non infettivi devono essere individuabili con etichette.
- L'indicatore dell'autoclave deve essere utilizzato come prova della decontaminazione.

**Trasporto:** il trasporto di rifiuti biologici al di fuori del laboratorio, a scopo di decontaminazione o stoccaggio fino al ritiro, deve essere effettuato in contenitori chiusi a tenuta stagna etichettati come "rischio biologico". Il trasporto di rifiuti sanitari regolamentati o di rifiuti biologici a rischio biologico su strade pubbliche deve essere conforme alle normative governative sui trasporti

### 5.2.2.4. DECONTAMINAZIONE MEDIANTE AUTOCLAVAGGIO

L'autoclave a vapore è generalmente considerata il metodo di scelta per la decontaminazione di colture, vetreria da laboratorio e altri piccoli oggetti riconosciuti per essere contaminati da agenti infettivi. La presenza dell'autoclave all'interno del laboratorio riduce al minimo i problemi di stoccaggio e trasporto. I rifiuti autoclavati possono essere smaltiti come rifiuti generici. I protocolli per la sterilizzazione a vapore possono variare a seconda dei laboratori.

La procedura operativa scritta dovrebbe contenere, come minimo:

- L'insieme dei parametri, determinati dai test, che forniscono un trattamento coerente come tempo di esposizione, temperatura e pressione.
- Identificare i contenitori per il trattamento standard e il posizionamento del materiale nell'unità di trattamento a vapore.
- Prevedere e attivare un programma continuo di formazione per tutti gli utenti.
- Predisporre un programma di controllo della qualità per assicurare il rispetto del piano di gestione dei rifiuti biologici.
- Deve essere mantenuto un registro scritto per la registrazione delle attività di ciascuna unità di trattamento in autoclave a vapore.

I rifiuti biologici dovrebbero essere sottoposti a trattamento con vapore con temperatura, pressione e tempo sufficienti per assicurare un'uccisione minima al Log 4 delle spore di *Bacillus stearothermophilus* poste al centro dei materiali di rifiuto caricati. I rifiuti non devono essere considerati trattati se un indicatore non dimostra che durante il processo è stata raggiunta una temperatura di almeno 250 gradi F (121 gradi C). L'efficacia della sterilizzazione deve essere testata con spore di *Bacillus stearothermophilus* almeno ogni 40 ore di funzionamento.

## 6. STRATEGIE L'USO SOSTENIBILE DELLE RISORSE IDRICHE

Preparato da:

### **Ferhan Sagin**

Componente EFLM Task Force-Green Labs

Ege University, Faculty of Medicine, Medical Biochemistry Department, Bornova, Izmir, Turchia.

### **Sanja Stankovic**

Componente della EFLM Task Force-Green Labs

University of Kragujevac, Serbia, Faculty of Medical Science, Department of Biochemistry and University Clinical Center of Serbia, Center for Medical Biochemistry, Belgrade, Serbia.

### 6.1. INTRODUZIONE

La crisi idrica è individuata come un importante rischio per il pianeta per il prossimo decennio (83). Il sesto obiettivo relativo alle politiche finalizzate a rendere possibile uno sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite riguarda l'acqua e ne sottolinea l'importanza per proteggere l'umanità (84) con una adeguata gestione. In tutto il mondo, i laboratori clinici sono grandi consumatori di acqua (da quattro a cinque volte più acqua rispetto agli edifici e attività genericamente commerciali di dimensioni simili) sia per soddisfare le necessità derivanti dal processo necessario a soddisfare le attività analitiche svolte sia per il condizionamento generale (10,85,86). Sebbene l'uso razionale e sostenibile dell'acqua sia sottovalutato, trascurato e spesso si consideri la disponibilità d'acqua come illimitata senza costi importanti, questo rappresenta l'aspetto chiave delle politiche per sviluppare un laboratorio sostenibile. La salvaguardia della risorsa idrica è individuata come l'implementazione di qualsiasi azione capace di ridurre la quantità di acqua prelevata dalle fonti di approvvigionamento idrico, il consumo, la perdita o lo spreco di acqua, migliorando l'efficienza nell'uso dell'acqua, aumentando il riciclaggio e riutilizzando quando possibile l'acqua prevenendo l'inquinamento dell'acqua stessa (87).

Perché il salvaguardare l'uso dell'acqua dovrebbe essere una priorità operativa nei laboratori? Prima di tutto, c'è un'ampia gamma di apparecchiature che utilizzano l'acqua nei laboratori e con piccole azioni introdotte è relativamente facile migliorare l'efficienza nell'uso dell'acqua generando un eccellente potenziale risparmio. Un risparmio anche finanziario può essere ottenuto introducendo misure di efficienza idrica, senza ingenti spese di investimenti o di capitali necessari. Molti possibili risparmi possono essere realizzati in breve tempo con piccoli accorgimenti e manutenzioni dell'infrastruttura esistente e con un idoneo comportamento del personale, altri aspetti di miglioramento del consumo idrico possono richiedere un investimento e risorse iniziali che può essere tuttavia recuperato entro un periodo di ammortamento pianificato. D'altra parte, ridurre la quantità di acqua utilizzata nei laboratori sarà un contributo per garantire all'umanità un accesso sicuro nel presente e sicuro anche nel futuro. Inoltre, le azioni volte alla conservazione dell'acqua consente anche di risparmiare energia. Aumentando l'efficienza nell'utilizzo d'acqua con buone pratiche di risparmio e riciclaggio, le strutture di laboratorio possono ridurre ulteriormente anche il consumo di energia e quindi l'inquinamento complessivo dovuto all'effetto serra.

Per progettare e definire di una utile strategia per l'uso consapevole dell'acqua, il tema del governo dell'acqua dovrebbe essere considerato strategico dalle direzioni con garanzia di un adeguato sostegno. L'alta dirigenza dovrebbe anche discutere la possibilità di integrare

gli obiettivi di efficienza idrica negli indicatori chiave dei risultati gestionali e delle performances (88).

Anche se i laboratori non saranno mai in grado di ridurre il loro consumo idrico riducendolo alle quantità degli edifici ad uso generico d'ufficio, nondimeno è importante lavorare per realizzare e implementare strategie per ottimale utilizzo della risorsa idrica con piena efficienza per mantenere il consumo idrico il più ridotto possibile. I laboratori non dovrebbero, inizialmente, essere troppo ambiziosi e dovrebbero fissare obiettivi sicuramente raggiungibili per l'introduzione di buone pratiche eco-ambientali e iniziare il percorso orientato al risparmio idrico con azioni e pratiche fattibili. Questo è orientato alla riduzione del consumo di acqua (49). Tutte le attività in sviluppo dovrebbero essere viste come un processo di miglioramento continuo.

Gli obiettivi da proporsi per implementare pratiche sostenibili nei laboratori clinici riguardanti la gestione del consumo di acqua possono essere definiti come sintetizzato di seguito (9,51,58,89):

- Valutare la qualità dell'acqua necessaria in ogni processo di laboratorio.
- Riduzione del consumo di acqua nel flusso di lavoro del laboratorio.
- Adozione di una politica di acquisti di materiali "green".
- Miglioramento dell'efficienza delle tecnologie strumentali presenti che definiscono il processo del laboratorio (raffreddamento delle apparecchiature, risciacquo e controllo del flusso).
- Progettazione efficiente dal punto di vista del consumo idrico e rispettosa dell'ambiente per edifici quali i laboratorio/ospedali - Utilizzo di LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) su sviluppare progetti di laboratorio (efficienza idrica come una delle sette categorie di riferimento).
- Utilizzo di fonti idriche alternative quando e dove possibile (recupero della condensa degli impianti di climatizzazione e raccolta dell'acqua piovana).
- Collaborazione tra strutture ospedaliere e reti di laboratori per la condivisione comune delle risorse quando possibile.

## **6.2. IN CHE MODO I LABORATORI POSSONO RIDURRE IL CONSUMO DI ACQUA?**

### **6.2.1. CONTATORE/MONITOR PER IL CONSUMO ACQUA (53,58,61,90–95)**

- Acqua di rubinetto

Chiudi sempre il rubinetto quando non lo usi.

Usa rubinetti elettronici che si chiudono automaticamente quando non utilizzati.

Diffondere una segnaletica con promemoria per chiudere l'acqua.

- Utilizzare i timer

Installare o utilizzare timer per usi idrici critici o continui.

- Installare aeratori a basso flusso

Installare aeratori a basso flusso su rubinetti del laboratorio quando possibile. Gli aeratori a basso flusso sono piccoli dispositivi molto economici che si avvitano semplicemente al rubinetto, riducono il flusso da 1,5 a 0,5 galloni/minuto e mescolano il flusso con l'aria, riducendo lo spreco di acqua senza disturbare la produttività nell'utilizzo. Si consiglia ai laboratori senza aeratori o con aeratori obsoleti di installare nuovi aeratori.

- Installare limitatori di flusso

Un certo numero di attrezzature o arredi (per esempio lavandini) hanno flussi d'acqua non calibrati o non regolati che possono comportare un maggiore utilizzo di acqua del

necessario. L'installazione di limitatori di flusso con pressione bilanciata è generalmente un modo molto economico per ridurre il consumo di acqua senza influire sui requisiti funzionali delle apparecchiature.

- Installare aeratori di livello

In laboratorio, ciò significa rimuovere qualsiasi tubo e raccordo a innesto dai rubinetti, avvitare un aeratore e sostituire il tubo (utilizzato per riempire i contenitori ed eliminare gli schizzi) e fissarlo con una fascetta. L'apparecchiatura è molto economica, l'installazione può essere completata in cinque minuti e il risultato è una riduzione fino al 50% del consumo di acqua.

- Installare sistemi per il recupero d'acqua per ridurre il consumo (l'installazione di sistemi di riutilizzo d'acqua su autoclavi e sterilizzatori riduce il consumo d'acqua del 50 %)

- Condurre un audit sul consumo dell'acqua (identificare gli usi, modelli di utilizzo e quantificare le potenziali opportunità di risparmio idrico)

- Installare contatori dell'acqua con registrazione dei dati sull'acqua in entrata consentendo il monitoraggio continuo. Questo aiuta a identificare le tendenze in aumento o meno del consumo, le modalità di utilizzo dell'acqua e le perdite ingiustificate. La registrazione dei dati anche nei tempi di minore attività lavorativa sono utili perché i dati fuori dagli orari di picco lavorativo (quando si prevede che l'uso dell'acqua sia molto basso) diventano prontamente disponibili. I data logger possono essere acquisiti solitamente dal fornitore di acqua nell'edificio o laboratorio.

- Installare le misurazioni secondarie nel sistema idrico: la misurazione in edifici separati e in processi chiave consente di monitorare l'utilizzo e le tendenze in tutto il sito e di tutta l'area. L'uso di contatori collegati a un sistema di gestione integrato degli edifici (BMS) consente una facile raccolta dei dati.

- Manutenzione e controllo regolare dell'impianto idraulico (in conformità con le procedure operative standard di laboratorio esistenti)

- Verificare la presenza di perdite dal rubinetto e segnalarle tempestivamente al reparto tecnico o impiantistico o al responsabile tecnico dell'edificio per la riparazione immediata. Rubinetti che hanno una perdita anche di una goccia una volta al secondo possono sprecare 3.000 litri d'acqua all'anno.

- Verificare la presenza di perdite su autoclavi, macchine per il ghiaccio e apparecchiature raffreddate ad acqua (ovunque sia presente una linea che mantiene costantemente presente e disponibile l'acqua) e segnalarle tempestivamente al reparto tecnico o al responsabile dell'edificio per la riparazione immediata.

## **6.2.2. ATTREZZATURE E STRUMENTAZIONE**

Selezione attrezzature e strumentazione (9)

- Nella valutazione pre-acquisto di apparecchiature/strumenti, dovrebbe essere introdotta la valutazione prevista del consumo di acqua. La priorità nell'acquisto dovrebbe essere data alle strumentazioni a basso consumo di acqua, ai produttori che utilizzano processi di produzione dei loro strumenti rispettosi dell'ambiente e/o a coloro che hanno la certificazione ISO per le buone pratiche ambientali, sostenendo in tal modo l'impegno del laboratorio per l'ambiente.

- Se possibile, includere un elemento di priorità "green" nell'approvvigionamento. L'approvvigionamento sostenibile, a volte chiamato "Acquisto Preferenziale per il rispetto

dell'ambiente", può svolgere un ruolo importante nel raggiungimento delle strategie di sostenibilità ambientale proprie di un ospedale.

- La sostituzione di un sistema analitico di laboratorio automatizzato può offrire l'opportunità di apportare miglioramenti significativi orientati alle buone pratiche ambientali, per i pazienti e il laboratorio (riduzione delle provette di sangue prelevate a ciascun paziente, riduzione dei costi dei materiali, diminuzione del consumo di acqua e degli sprechi).

### **6.2.3. TORRI E TECNOLOGIE DI RAFFREDDAMENTO/REFRIGERAZIONE DA LABORATORIO (89)**

Le torri e più in generale le tecnologie di refrigerazione/raffreddamento, che fanno parte di molte tecnologie presenti in edifici che ospitano il laboratorio, potrebbero rappresentare una grande se non la più grande opportunità per una maggiore efficienza nell'utilizzo dell'acqua prodotta da una singola iniziativa:

- L'aumento del tasso di riciclo della torre riduce il consumo di acqua di reintegro
- Migliore monitoraggio e gestione della composizione chimica dell'acqua
- Utilizzo di misuratori di portata e conducibilità
- Progettare per una maggiore efficienza idrica utilizzando design e tecnologie a torre ibrida
- Utilizzare filtrazioni a flusso laterale, coperture solari, sistemi alternativi di trattamento dell'acqua e sistemi di alimentazione chimica automatizzati
- Risparmio conseguente sui costi dell'acqua utilizzate e dello sversamento nelle fognature, i risparmi derivano anche dal dover acquistare meno prodotti chimici per trattare l'acqua.

### **6.2.4. APPARECCHIATURE DI PROCESSO DI LABORATORIO**

Apparecchiature di Raffreddamento, apparecchiature utilizzate nel ripristino dei volumi e controllo del flusso (53,89–91)

Ancora, l'efficienza nell'uso dell'acqua può esplicarsi nel raffreddamento delle apparecchiature, nel ripristino e nel controllo del flusso:

- Ridurre/eliminare il raffreddamento/refrigerazione a passaggio singolo (in genere consuma più acqua rispetto a qualsiasi altro metodo di nei laboratori). Il modo migliore per combattere lo spreco d'acqua associato al raffreddamento/ refrigerazione a passaggio singolo consiste nell'utilizzare un processo di ricircolo o un circuito di raffreddamento attraverso un bagno di acqua fredda. L'eliminazione di questa necessità dal tuo operativo può far risparmiare centinaia di migliaia di litri d'acqua ogni anno e prevenire il rischio di allagamento. Se possibile, spostare il processo/ i processi in una stanza più fresca.
- Utilizzare piccoli refrigeratori compatti per un maggiore controllo dell'acqua e un ridotto consumo di acqua
- Risciacquo controcorrente per utilizzare l'acqua più pulita solo per le fasi finali o terminali di un'operazione di risciacquo e consumo batch
- Utilizzo di una valvola di controllo o solenoide per consentire all'acqua di fluire solo quando l'unità è in uso

### **6.2.5. ATTREZZATURE COMUNI**

Anche le attrezzature non specialistiche e comuni come quelle utilizzate per il trattamento delle acque di laboratorio, la sterilizzazione, i sistemi fotografici, a raggi X e a vuoto possono trarre vantaggio dall'implementazione di processi di efficienza idrica:

#### **6.2.5.1. APPARECCHIATURE PER IL TRATTAMENTO DELL'ACQUA (53,86,91,92,96–98)**

- Utilizzare la depurazione dell'acqua solo quando necessario e adattare il processo alla qualità effettiva dell'acqua richiesta.
- Sciacquare la vetreria o l'attrezzatura più voluminosa con normale acqua di rubinetto prima di utilizzare acqua deionizzata per l'ultima fase del risciacquo.
- Determinare la qualità dell'acqua richiesta in ogni applicazione; utilizzare il livello di qualità più basso ma appropriato per definire la progettazione operativa del sistema/processo (FEMP 2004).

Limitare l'uso di acqua deionizzata. Il College of American Pathologists (CAP) raccomanda che tutta l'acqua utilizzata per qualsiasi applicazione nei test di laboratorio soddisfi almeno lo standard Clinical Laboratory Reagent Water (CLRW) specificato dal Clinical Laboratory Standards Institute (CLSI). Inoltre, l'acqua di alimentazione della strumentazione deve soddisfare le specifiche del produttore delle strumentazioni stesse, che possono essere più rigorose degli standard CLRW, per garantire risultati accurati e riproducibili.

- Scegliere un processo di filtrazione che corrisponda ai requisiti del laboratorio per l'acqua di alta qualità, compreso il volume totale necessario e la velocità necessaria, perché il sistema possa essere progettato e dimensionato correttamente.

Il processo di trattamento principale è solitamente basato su un sistema a membrana ad osmosi inversa, che rimuove fino al 99% delle impurità dell'acqua. Altre tecnologie di supporto nel trattamento includono moduli e cartucce specifici, lampade ultraviolette e ultrafiltrazione per garantire ulteriormente che la qualità dell'acqua CLRW sia soddisfatta in modo coerente e affidabile, riducendo al minimo i costi operativi e la necessità di intervento dell'utente.

- Prendere in considerazione l'utilizzo di sistemi utili a migliorare l'efficienza del sistema; l'utilizzo di una modalità utile a ridurre le sostanze chimiche in eccesso in pellicola riduce del 95% il trascinarsi chimico e riduce la quantità di acqua necessaria nel ciclo di lavaggio.

#### **6.2.5.2. SISTEMI DI DISINFEZIONE/STERILIZZAZIONE (89,91,92,98)**

- Focalizzazione sul consumo di acqua per autoclavi e sterilizzatori che possono consumare grandi quantità di acqua
- Funzionare a piena potenzialità
- Impostarli in modalità stand-by o spegnere le unità che non sono in attivamente in funzione, installare modalità di spegnimento automatico quando non interferisca con il normale funzionamento dell'unità.
- Scegliere l'autoclave della dimensione giusta per il numero di cicli eseguiti
- Considerare l'efficienza nel consumo d'acqua quando si acquistano le autoclavi
- Regolare le portate di lavoro su quelle minime consigliate dal produttore e rivederle e regolarle periodicamente.
- Installare dispositivi finalizzate al risparmio dell'acqua sulle autoclavi esistenti quando possibile. Considerare l'acquisto di kit per il riutilizzo dell'acqua; molti kit sono ora disponibili anche per le strumentazioni più vecchie.

Riducono il consumo di acqua controllando il flusso dell'acqua tiepida (si risparmiano circa 2900 galloni al giorno) o sostituendo il meccanismo Venturi per creare un vuoto (risparmiando circa 90 galloni per ciclo).

- Sono disponibili modelli più recenti che utilizzano meno acqua (ed energia) ottimizzando il processo.

#### **6.2.5.3. SISTEMI FOTOGRAFICI E A RAGGI X (9)**

- Passare ai raggi X e fotografia digitale e alla stampa computerizzata per eliminare la necessità di sostanze chimiche e acqua per la stampa

#### **6.2.5.4. SISTEMA DI ASPIRAZIONE (9,92,97,98)**

- Eliminare gli aspiratori. Utilizzare invece pompe a vuoto. Ciò può far risparmiare circa 238 galloni (900 litri) di acqua per ora di utilizzo.
- Installare un sistema per il vuoto o utilizzare piccole pompe per creare il vuoto elettriche anche per creare i differenziali di pressione necessari per le applicazioni per il vuoto.
- Spegnerle sempre le pompe per vuoto quando non vengono utilizzate. Lasciare le pompe per vuoto in funzione continuamente porta sia al guasto della pompa che all'uso eccessivo di acqua per il raffreddamento.

#### **6.2.5.5. BAGNOMARIA (54,95,96,98)**

- Quando si lavora con un bagnomaria, coprirlo sempre. Ciò consente di mantenere la temperatura richiesta utilizzando meno energia riducendo l'evaporazione.
- Utilizzare ghiaccio sciolto per procedure non sterili come il riempimento del bagnomaria.
- Utilizzare un "bagnomaria" senza acqua o un bagno a sfere come alternativa al tradizionale bagnomaria per ridurre il consumo di acqua e di energia, riducendo il rischio di crescita microbica e contaminazione del campione.

#### **6.2.5.6. MACCHINE PRODUTTORICI DI GHIACCIO (98)**

- Utilizzare MACCHINE produttrici di ghiaccio raffreddati ad aria anziché ad acqua (a circuito aperto) o collegarli a un circuito di raffreddamento del processo per tutto l'anno, se disponibile.
- Specificare produttori di ghiaccio ENERGY STAR che utilizzano in media il 15% di energia in meno e 10 % di acqua in meno
- Spegnerli di notte e nei fine settimana

#### **6.2.5.7. LAVAGGIO E LAVASTOVIGLIE (9)**

- Considerare l'ammollo piuttosto che lo scarico continuo per risparmiare acqua.
- Azionare la lavastoviglie solo quando è a pieno carico.
- Utilizzare lavastoviglie di produzione recente che utilizzano meno acqua rispetto ai modelli più vecchi.
- Utilizzare detersivi di risciacquo più recenti e più puliti.
- Ridurre il numero di cicli di risciacquo quando possibile e utilizzare il flusso minimo possibile (50).

#### **6.2.5.8. USO DELLA CARTA (98–100)**

- Acquistare carta senza cloro
- Riciclare e riutilizzare la carta quando possibile
- Acquistando carta a contenuto riciclato, il consumo di acqua per produrre la carta si riduce di quasi il 60%.
- Ridurre e scoraggiare il personale dalla stampa.
- Riduzione dell'uso della carta creando un ambiente paper-less con l'implementazione e l'uso della prescrizione elettronica e della trasmissione elettronica dei risultati.

- Stimolare gli scambi informatici laboratorio-laboratorio per le richieste e la trasmissione dei risultati.
- Integrazione dei servizi di laboratorio con cartelle cliniche elettroniche e hub di dati sanitari.

## 6.2.6. FONTI D'ACQUA ALTERNATIVE (89)

Gli edifici che ospitano i laboratori possono aumentare la percentuale totale necessaria utilizzando fonti d'acqua alternative per l'acqua non potabile:

- Recuperare l'acqua di condensa, che è relativamente priva di minerali e altri solidi.
- Raccogliere l'acqua piovana come ulteriore fonte per l'uso dell'acqua non potabile.
- Recuperare le acque reflue per alcune applicazioni non potabili, come il reintegro delle torri di raffreddamento/refrigerazione.

## 7. ASPETTI GENERALI

### 7.1. POLITICA, ISTRUZIONE E ADVOCACY

- Istituire una politica ambientale, fornire la documentazione e un programma di formazione del personale sulle questioni ambientali e sulle migliori pratiche possibile per realizzarla.
- Pubblicazione di piani d'azione, linee guida e documenti di indirizzo politico riguardanti le pratiche per la sostenibilità ambientale.
- Promuovere audit per valutare i progressi prima e dopo misure sostenibili.
- Nominare un responsabile ambientale e ottenere il sostegno del senior management promuovendo la responsabilità aziendale, i vantaggi finanziari e l'aumento della reputazione del laboratorio tra i clienti e la comunità.
- Dare l'esempio attraverso i membri senior e fornire feedback ai dipendenti.
- Implementare misure di controllo per evitare o ridurre al minimo il rilascio di sostanze pericolose nell'ambiente di lavoro e il numero di dipendenti esposti. Formare i lavoratori sull'uso di sostanze chimiche pericolose, pratiche di lavoro sicure e uso appropriato dei dispositivi di protezione individuale (DPI).
- Educare e comunicare la politica orientata alla sostenibilità ambientale ai diversi stakeholder coinvolti nelle diverse fasi del ciclo analitico (pre-pre-analitico, pre-analitico, analitico, post-analitico), comprese le attività ospedaliere e di assistenza primaria (se rilevanti).
- Advocacy: la comunità in generale sostiene le iniziative ambientali. Coinvolgere gruppi associati alla diagnostica clinica come pazienti, clienti, colleghi e istituzioni.

### 7.2. STEWARDSHIP DELLE RISORSE

I costi economici dei test di laboratorio costituiscono circa il 3% di tutti i costi dei processi clinici, con una strategia condivisa utile a ridurre la spesa sanitaria che consiste in una riduzione basata sull'appropriatezza dei budget di laboratorio e dei test non necessari (101). Pertanto, il controllo delle richieste di test di laboratorio per identificare la ridondanza dei test può ridurre il numero di reagenti e sostanze chimiche pericolose utilizzate. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) ha pubblicato un elenco dei dispositivi diagnostici in vitro (IVD) essenziali, che identifica 35 categorie di test di IVD che possono essere utilizzate per la diagnosi di diverse malattie comuni e 27 categorie di test di IVD per la gestione dell'infezione da HIV, tubercolosi, malaria, epatite B e C, sifilide e infezione da HPV (102). **La riduzione dei test non necessari appare come uno degli approcci più efficaci per ridurre l'effetto serra e promuovere la sostenibilità ambientale (47).**

L'implementazione attività a funzione educativa per promuovere l'uso razionale dei test di laboratorio negli ospedali e nelle strutture di assistenza primaria. Il governo della revisione dei test urgenti nelle cure ambulatoriali potrebbe essere un'azione saggia poiché le analisi eseguite in emergenza richiedendo corrieri dedicati hanno un impatto sull'inquinamento (48). Effettuare test appropriati significa anche raccomandare test per la diagnosi e la prevenzione di fronte a una richiesta insufficiente situazione che potrebbe avere conseguenze sulla salute. L'esempio delle cure primarie in Spagna può essere utile per illustrare la possibile applicazione (103). La gestione responsabile delle risorse di laboratorio implica quindi interventi da entrambe le parti, sia riducendo le richieste eccessive e sia promuovendo le richieste quando insufficienti.

### **7.3. ACQUISTI VERDI**

L'assistenza sanitaria rappresenta circa la metà della spesa pubblica dell'UE, con oltre 15 000 ospedali (104). Pertanto, i laboratori clinici possono svolgere un ruolo fondamentale promuovendo una modulazione della domanda e dell'offerta di sostanze chimiche tradizionali verso alternative "green" adottando una politica di acquisto coerente, che si basi sulla selezione e acquisizione di prodotti che minimizzino l'impatto ambientale previsto durante il loro intero ciclo di vita: utilizzare materiali riciclabili, riciclati, meno sostanze chimiche tossiche e prodotte localmente quando possibile.

La Commissione Europea e diversi paesi europei hanno sviluppato linee guida per gli appalti pubblici verdi con l'inclusione di criteri ambientali espliciti e verificabili per prodotti e servizi nel processo di appalto (105).

## 8. REFERENCES

1. Sustainable health systems. *Nature Sustainability* 2022 5:8 [Internet]. 2022 Aug 17 [cited 2022 Aug 21];5(8):637–637. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41893-022-00951-3>
2. Home - United Nations Sustainable Development [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>
3. The European Green Deal Investment Plan and JTM explained [Internet]. [cited 2022 Aug 21]. Available from: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda\\_20\\_24](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_24)
4. Pennestrì F, Banfi G. Value-based healthcare: The role of laboratory medicine. *Clin Chem Lab Med* [Internet]. 2019 Jun 1 [cited 2022 Aug 13];57(6):798–801. Available from: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/cclm-2018-1245/html>
5. Price CP, St John A. The Role of Laboratory Medicine in Value-Based Healthcare. *J Appl Lab Med* [Internet]. 2020 Nov 1 [cited 2022 Aug 13];5(6):1408–10. Available from: <https://academic.oup.com/jalm/article/5/6/1408/5904439>
6. How Much Global Ill Health Is Attributable to Environmental... : *Epidemiology* [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: [https://journals.lww.com/epidem/Abstract/1999/09000/How\\_Much\\_Global\\_Ill\\_Health\\_Is\\_Attributable\\_to.27.aspx](https://journals.lww.com/epidem/Abstract/1999/09000/How_Much_Global_Ill_Health_Is_Attributable_to.27.aspx)
7. Münzel T, Hahad O, Sørensen M, Lelieveld J, Daniel Duerr G, Nieuwenhuijsen M, et al. Environmental risk factors and cardiovascular diseases: a comprehensive expert review. *Cardiovasc Res* [Internet]. 2021 Oct 5 [cited 2022 Aug 13];00:1–23. Available from: <https://academic.oup.com/cardiovascres/advance-article/doi/10.1093/cvr/cvab316/6381568>
8. Coleman CJ, Yeager RA, Riggs DW, Coleman NC, Garcia GR, Bhatnagar A, et al. Greenness, air pollution, and mortality risk: A U.S. cohort study of cancer patients and survivors. *Environ Int.* 2021 Dec 1;157:106797.
9. Lopez JB, Badrick T. Proposals for the mitigation of the environmental impact of clinical laboratories. *Clin Chem Lab Med* [Internet]. 2012 Sep 1 [cited 2022 Aug 13];50(9):1559–64. Available from: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/cclm-2011-0932/html>
10. Lopez JB, Jackson D, Gammie A, Badrick T. Reducing the Environmental Impact of Clinical Laboratories. *Clin Biochem Rev* [Internet]. 2017 [cited 2022 Aug 13];38(1):3. Available from: /pmc/articles/PMC5548370/
11. The Guardian view on plastics: a treaty could stem the tide | Editorial | The Guardian [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.theguardian.com/commentisfree/2022/mar/08/the-guardian-view-onplastics-a-treaty-could-stem-the-tide>

12. Ross J, Penesis J, Badrick T. Improving laboratory economic and environmental performance by the implementation of an environmental management system. Accreditation and Quality Assurance [Internet]. 2019 Oct 1 [cited 2022 Aug 13];5(24):319–27. Available from: [https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-doi-10\\_1007-S00769-019-01388-6](https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-doi-10_1007-S00769-019-01388-6)
13. Mahase E. New legislation places duty on NHS to tackle climate change. BMJ [Internet]. 2022 Jul 7 [cited 2022 Aug 13];378:o1681. Available from: <https://www.bmj.com/content/378/bmj.o1681>
14. EMAS – Environment - European Commission [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: [https://ec.europa.eu/environment/emas/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm)
15. Health Care Without Harm [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://noharm-uscanada.org/>
16. Marimuthu M, Paulose H. Emergence of Sustainability Based Approaches in Healthcare: Expanding Research and Practice. Procedia Soc Behav Sci. 2016;224:554–61.
17. Health Organization Regional Office for Europe W. Environmentally sustainable health systems: a strategic document [Internet]. 2017. Available from: <http://www.euro.who.int/pubrequest>
18. European Commission. European Green Deal [Internet]. 2019 [cited 2022 Aug 27]. Available from: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:208111e4-414e4da5-94c1-852f1c74f351.0004.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:208111e4-414e4da5-94c1-852f1c74f351.0004.02/DOC_1&format=PDF)
19. Hyman M, Turner B, Carpintero A. Guidelines for National Waste Management Strategies: Moving from Challenges to Opportunities. The Inter-Organisation Programme for the Sound Management of Chemicals (IOMC). 2013;112.
20. European Commission. Preparing a Waste Prevention Programme Guidance document. 2012;
21. World Health Organization. Healthcare waste [Internet]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>; [cited 2022 Aug 27]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthcare-waste>
22. Padmanabhan KK, Barik D. Health Hazards of Medical Waste and its Disposal. Energy from Toxic Organic Waste for Heat and Power Generation. 2019 Aug;99–118.
23. Klangsin P, Harding AK. Medical Waste Treatment and Disposal Methods Used by Hospitals in Oregon. J Air Waste Manage Assoc [Internet]. 1998;48(6):516–26. Available from: [https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=ua\\_wm20](https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=ua_wm20)

24. Amec Foster Wheeler. Study supporting the Fitness Check on the most relevant chemicals legislation (“Fitness Check +”) - Publications Office of the EU [Internet]. 2017. Available from: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/07ad8b92-dbca-11e7-a506-01aa75ed71a1/language-en>
25. Publications Office of the EU. Study for the strategy for a non-toxic environment of the 7th Environment Action Programme [Internet]. 2017 [cited 2022 Aug 27]. Available from: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/89fbbb74-969c-11e7-b92d-01aa75ed71a1>
26. tks | publisher, event organiser, media agency | The EU chemical strategy for sustainability towards a toxic-free environment - tks | publisher, event organiser, media agency [Internet]. Available from: [https://www.teknoscienze.com/tks\\_article/the-eu-chemical-strategy-for-sustainability-towards-a-toxic-free-environment/](https://www.teknoscienze.com/tks_article/the-eu-chemical-strategy-for-sustainability-towards-a-toxic-free-environment/)
27. Amec Foster Wheeler. Study on the cumulative health and environmental benefits of chemical legislation - [Internet]. Publications Office of the EU. 2017. Available from: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b43d720c-9db0-11e7-b92d01aa75ed71a1/language-en>
28. Giovanni C, Marques FLN, Günther WMR. Laboratory chemical waste: hazard classification by GHS and transport risk. Rev Saude Publica [Internet]. 2021;55:102. Available from: </pmc/articles/PMC8621485/>
29. ENVIRONMENTAL HAZARDOUS MATERIALS MANAGEMENT. Environmental, Health, and Safety (EHS) Guidelines GENERAL EHS GUIDELINES: [Internet]. 2007; Available from: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>;
30. Bauchner H, Fontanarosa PB. Waste in the US Health Care System. JAMA [Internet]. 2019;322(15):1463–4. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31589277/>
31. Kaplan S, Sadler B, Little K, Franz C, Orris P. Can sustainable hospitals help bend the health care cost curve? Issue Brief (Commonw Fund) [Internet]. 2012;29:1–14. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23214181>
32. EU Commission. The European Parliament the Council and the European Economic and Social Committee. Commission General Report on the operation of REACH and review of certain elements - Conclusions and Actions. . 2018;
33. Molero A, Calabrò M, Vignes M, Gouget B, Gruson D. Sustainability in Healthcare: Perspectives and Reflections Regarding Laboratory Medicine. Ann Lab Med [Internet]. 2021 Mar 3 [cited 2022 Aug 27];41(2):139. Available from: </pmc/articles/PMC7591295/>
34. Lopez JB, Badrick T. Proposals for the mitigation of the environmental impact of clinical laboratories. Clin Chem Lab Med [Internet]. 2012 Sep 1 [cited 2022 Aug 27];50(9):1559–64. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22962217/>
35. Anastas PT, Warner JC. Green chemistry : theory and practice | WorldCat.org [Internet]. 1998 [cited 2022 Aug 27]. Available from: <https://www.worldcat.org/title/green-chemistry-theory-and-practice/oclc/39523207>

36. United Nations. GHS Rev.9 | UNECE [Internet]. 2020 [cited 2022 Aug 27]. Available from: <https://unece.org/transport/documents/2021/09/standards/ghs-rev9>
37. European Parliament. DIRECTIVE 2008/98/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives (Text with EEA relevance). 2008;
38. Lewis B, Olivier Chamel, Mahsan Mohsenin, Enn Ots, Edward T. White. Sustainaspeak : a guide to sustainable design terms. 2018;
39. Commission to the Council. Communication from the Commission to the Council - The combination effects of chemicals. Chemical mixtures. 2012 [cited 2022 Aug 27];2012. Available from: <http://ec.europa.eu/environment/chemicals/effects.htm>
40. EP and EC. Regulation (EC) No 1272/2008 - classification, labelling and packaging of substances and mixtures (CLP) | Safety and health at work EU-OSHA [Internet]. 2008 [cited 2022 Aug 27]. Available from: <https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/regulation-ec-no-1272-2008-classification-labelling-and-packaging-of-substances-and-mixtures>
41. Fortunati GU, Belli G, Schmitt-Tegge J. The European Waste Catalogue. Technologies for Environmental Cleanup: Toxic and Hazardous Waste Management [Internet]. 1994 [cited 2022 Aug 27];191–215. Available from: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-3213-0\\_10](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-3213-0_10)
42. EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL. DIRECTIVE 2011/65/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 8 June 2011 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (recast) (Text with EEA relevance). 2011;
43. European Commission. Brussels Requirements for facilities and acceptance criteria for the disposal of metallic mercury. 2010;
44. European Commission. Indicators for Sustainable Cities Environment Science for Environment Policy. 2015 [cited 2022 Aug 27]; Available from: [www.urbanchinainitiative.typepad.com/files/usi.pdf](http://www.urbanchinainitiative.typepad.com/files/usi.pdf)
45. Verna R, Velazquez AB, Laposata M. Reducing Diagnostic Errors Worldwide Through Diagnostic Management Teams. Ann Lab Med [Internet]. 2019 [cited 2022 Aug 27];39(2):121–4. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30430773/>
46. World Health Organization. First WHO Model List of Essential In Vitro Diagnostics (WHO Technical Report Series, No. 1017). 2018;1–66.
47. McAlister S, Barratt AL, Bell KJL, McGain F. The carbon footprint of pathology testing. Medical Journal of Australia [Internet]. 2020 May 1 [cited 2022 Aug 13];212(8):377–82. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.5694/mja2.50583>
48. Nicolet J, Mueller Y, Paruta P, Boucher J, Senn N. What is the carbon footprint of primary care practices? A retrospective life-cycle analysis in Switzerland. Environ Health [Internet].

2022 Dec 1 [cited 2022 Aug 13];21(1):1–10. Available from: <https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12940-021-00814-y>

49. Molero A, Calabrò M, Vignes M, Gouget B, Gruson D. Sustainability in Healthcare: Perspectives and Reflections Regarding Laboratory Medicine. *Ann Lab Med* [Internet]. 2021 Mar 1 [cited 2022 Aug 13];41(2):139–44. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33063675/>

50. Ni K, Hu Y, Ye X, AlZubi HS, Goddard P, Alkahtani M. Carbon Footprint Modeling of a Clinical Lab. *Energies* 2018, Vol 11, Page 3105 [Internet]. 2018 Nov 9 [cited 2022 Aug 13];11(11):3105. Available from: <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/11/3105/htm>

51. LEED rating system | U.S. Green Building Council [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.usgbc.org/leed>

52. Green Labs | Sustainability at Harvard [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://green.harvard.edu/programs/green-labs>

53. Trinity Green Labs Guide. Trinity College Dublin Sustainability Guide for Researchers.

54. 10,000 Actions (The University of Manchester) [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.socialresponsibility.manchester.ac.uk/signatureprogrammes/10000-actions/>

55. My Green Lab [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.mygreenlab.org/>

56. UV Lights in Biosafety Cabinets | Office of Environmental Health and Safety [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://ehs.princeton.edu/laboratoryresearch/biological-safety/biological-safety-cabinets/uv-lights-biosafety-cabinets>

57. Creating sustainable clinical laboratories of the future [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.santosh.ac.in/blog/creating-sustainable-clinical-laboratories-of-the-future>

58. My Green Lab [Internet]. [cited 2022 Aug 16]. Available from: <https://www.mygreenlab.org/>

59. Do Emails Leave a Carbon Footprint? [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.greenmatters.com/p/do-emails-leave-carbon-footprint>

60. Email's Carbon Footprint - IT Services - Trinity College Dublin [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.tcd.ie/itservices/news/emails-carbonfootprint/>

61. Green Labs Guide.

62. UV Degradation Effects in Materials – An Elementary Overview » UV Solutions [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://uvsolutionsmag.com/articles/2019/uv-degradation-effects-in-materials-anelementary-overview/>

63. Biosafety Cabinet UV Light Pitfalls | Baker [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://bakerco.com/communication/latest/biosafety-cabinet-uvlight-pitfalls/>
64. Business Waste Management – Commercial Waste Collection [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.businesswaste.co.uk/>
65. Snouffer E. Six places where drones are delivering medicines. *Nat Med*. 2022 May 1;28(5):874–5.
66. Health-care waste [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>
67. Safe management of wastes from health-care activities / edited by A. Prüss, E. Giroult, P. Rushbrook [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42175>
68. Endris S, Tamir Z, Sisay A. Medical laboratory waste generation rate, management practices and associated factors in Addis Ababa, Ethiopia. *PLoS One* [Internet]. 2022 Apr 1 [cited 2022 Aug 13];17(4):e0266888. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0266888>
69. Plastic waste and recycling in the EU: facts and figures | News | European Parliament [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: [https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20181212ST\\_O21610/plastic-waste-and-recycling-in-the-eu-facts-and-figures](https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20181212ST_O21610/plastic-waste-and-recycling-in-the-eu-facts-and-figures)
70. Plastic pollution facts and information [Internet]. [cited 2022 Aug 16]. Available from: <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/plasticpollution>
71. Microplastics from European rivers spreading to Arctic seas, research shows | Plastics | The Guardian [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: [https://www.theguardian.com/environment/2022/mar/16/microplastics-from-european-rivers-spreading-to-arctic-seas-research-shows?CMP=Share\\_AndroidApp\\_Other&fbclid=IwAR0Q8CPtye2Xeh9G7Z1CL7OLvAbvSOs\\_D9kCgv9J9GR2eHJefHVb036RSY](https://www.theguardian.com/environment/2022/mar/16/microplastics-from-european-rivers-spreading-to-arctic-seas-research-shows?CMP=Share_AndroidApp_Other&fbclid=IwAR0Q8CPtye2Xeh9G7Z1CL7OLvAbvSOs_D9kCgv9J9GR2eHJefHVb036RSY)
72. Can laboratories curb their addiction to plastic? | Plastics | The Guardian [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.theguardian.com/environment/2019/nov/10/research-labs-plastic-waste>
73. 10 ways to reduce your throwaway plastics | Sustainable UCL - UCL – University College London [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.ucl.ac.uk/sustainable/10-ways-reduce-your-throwaway-plastics>
74. Reducing single-use laboratory plastics Background and description. [cited 2022 Aug 15]; Available from: <https://thebiologist.rsb.org.uk/biologist/158-biologist/features/2072->
75. How to... reduce your lab's plastic waste [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://thebiologist.rsb.org.uk/biologist-features/how-to-reduce-your-lab-splastic-waste>

76. Clinical Labs: Making the Switch to Green | AACC.org [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.aacc.org/cln/articles/2019/march/clinical-labsmaking-the-switch-to-green>
77. About | Plastics Recyclers Europe [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.plasticsrecyclers.eu/about>
78. Polycarbin [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://polycarbin.com/>
79. 17 Shocking E-Waste Statistics In 2022 - The Roundup [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: [https://theroundup.org/global-e-wastestatistics/?gclid=CjwKCAjwT7SWBhAnEiwAx8ZLapmMQQIVUbYqFyh3YMjoEZi8XqcAKwTqIOyGEPpN6HMI8G8BXxVYdxoCcXIQA\\_vD\\_BwE](https://theroundup.org/global-e-wastestatistics/?gclid=CjwKCAjwT7SWBhAnEiwAx8ZLapmMQQIVUbYqFyh3YMjoEZi8XqcAKwTqIOyGEPpN6HMI8G8BXxVYdxoCcXIQA_vD_BwE)
80. Ten ways to reduce E-waste in product development – Cambridge Design Partnership [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.cambridge-design.com/blog/ten-ways-to-reduce-e-waste-in-productdevelopment/>
81. Regulated Waste Management | Environmental Health and Safety [Internet]. [cited 2022 Aug 16]. Available from: <https://ehs.uconn.edu/regulated-waste-management/>
82. Biological Waste Disposal Policy - Environment, Health and Safety [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://ehs.unc.edu/biological/policy/>
83. The Global Risks Report 2022 17th Edition. 2022;
84. Refworld | Transforming our world : the 2030 Agenda for Sustainable Development [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.refworld.org/docid/57b6e3e44.html>
85. Sustainable Laboratory Design | WBDG - Whole Building Design Guide [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.wbdg.org/resources/sustainablelaboratory-design>
86. Tanner S. Water Efficiency Guide for Laboratories; Laboratories for the 21st Century: Best Practices (Brochure). [cited 2022 Aug 15]; Available from: [www.gc3.com/srvccntr/cycles.htm](http://www.gc3.com/srvccntr/cycles.htm).
87. Tate S. NEW MEXICO OFFICE OF THE A WATER CONSERVATION •GUIDE FOR• 1-8 0 0- WAT E R-N M. 2001;
88. Environment and sustainability Health Technical Memorandum 07-04: Water management and water efficiency-best practice advice for the healthcare sector. 2013 [cited 2022 Aug 15]; Available from: <http://www.nationalarchives.gov.uk/doc/opengovernment-licence/>
89. Tanner S. Water Efficiency Guide for Laboratories; Laboratories for the 21st Century: Best Practices (Brochure). [cited 2022 Aug 15]; Available from: [www.gc3.com/srvccntr/cycles.htm](http://www.gc3.com/srvccntr/cycles.htm).

90. Sustainability at NC State University [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://sustainability.ncsu.edu/>
91. 5 Tips for Reducing Water Usage in Your Lab - Total Water [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.total-water.com/blog/5-tips-reducing-waterusage-lab/>
92. Reducing water use at healthcare facilities [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.health.vic.gov.au/planning-infrastructure/reducingwater-use-at-healthcare-facilities>
93. S-Lab Environmental Good Practice Guide for Laboratories-A Reference Document for the S-Lab Laboratory Environmental Assessment Framework ©S-Lab Developed by the S-Lab (Safe, Successful and Sustainable Laboratories) initiative of HEEPI (Higher Education for Environmental Performance Improvement) See [www.goodcampus.org](http://www.goodcampus.org) Inspired by the pioneering work of the LabRATS (Laboratory Research and Technical Staff) programme at the Lab-CURE: Chemicals, Utilities, Resources and Environment in Laboratories. 2011 [cited 2022 Aug 15]; Available from: [www.goodcampus.org](http://www.goodcampus.org).
94. UC Irvine Sustainability - UCI Sustainability Resource Center [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://sustainability.uci.edu/>
95. Water Conservation - Green Labs - UCI Sustainability Resource Center [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://sustainability.uci.edu/water-conservationgreen-labs/>
96. Green Labs | Penn Sustainability [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://sustainability.upenn.edu/resources/guides-manuals/green-labs>
97. Pure Water Facilitates Fast and Accurate Results from Clinical Analyzers | Today's Clinical Lab [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.clinicallab.com/pure-water-facilitates-fast-and-accurate-results-fromclinical-analyzers-26440>
98. Klangsin P, Harding AK. Medical waste treatment and disposal methods used by hospitals in Oregon, Washington, and Idaho. *J Air Waste Manage Assoc.* 1998 Jun 1;48(6):516–26.
99. Fennelly O, Cunningham C, Grogan L, Cronin H, O'Shea C, Roche M, et al. Successfully implementing a national electronic health record: a rapid umbrella review. *Int J Med Inform.* 2020 Dec 1;144:104281.
100. Resolving the Ammonia Paradox | AACC.org [Internet]. [cited 2022 Aug 21]. Available from: <https://www.aacc.org/cln/articles/2022/julyaugust/resolving-theammonia-paradox>
101. Verna R, Velazquez AB, Laposata M. Reducing Diagnostic Errors Worldwide Through Diagnostic Management Teams. *Ann Lab Med* [Internet]. 2019 [cited 2022 Aug 13];39(2):121. Available from: [/pmc/articles/PMC6240519/](http://pmc/articles/PMC6240519/)
102. World Health Organization. First WHO Model List of Essential In Vitro Diagnostics (WHO Technical Report Series, No. 1017). 2018;1–66.

103. Salinas M, López-Garrigós M, Uris J, Leiva-Salinas C, Pérez-Martínez A, Miralles A, et al. A study of the differences in the request of glycated hemoglobin in primary care in Spain: A global, significant, and potentially dangerous under-request. *Clin Biochem*. 2014 Aug 1;47(12):1104–7.

104. Indicators for Sustainable Cities Environment Science for Environment Policy. 2015 [cited 2022 Aug 13]; Available from: [www.urbanchinainitiative.typepad.com/files/usi.pdf](http://www.urbanchinainitiative.typepad.com/files/usi.pdf) 105. Green Public Procurement - Environment - European Commission [Internet]. [cited 2022 Aug 13]

