© 2026 SIBioC
Online version at https://www.minervamedica.it

Biochimica Clinica 2026 Sep 29
DOI: 10.23736/S0393-0564.26.00223-2

SIBIOC DOCUMENT

SIBioC-Medicina di Laboratorio vision and strategy for promoting sustainability and the green transition of clinical laboratories

Paola GALOZZI [1] *, Martina MONTAGNANA [1, 2], Laura SCIACOVELLI [2], Laura ROLI [3], Rita MANCINI [4, 5], Umberto BASILE [6], Sergio BERNARDINI [7, 8], Massimo PIERI [7, 8], Tommaso TRENTI [9], on behalf of the SIBioC-Medicina di Laboratorio, Division of Innovation, Sustainability and Green Transition of Clinical Laboratories

[1]Department of Medicine (DIMED), University of Padua, Padua, Italy; [2]Laboratory Medicine Unit, University Hospital of Padova, Padua, Italy; [3]Department of Laboratory Medicine and Pathology, Azienda USL of Modena, Modena, Italy; [4]Department of Molecular and Clinical Medicine, Sant'Andrea University Hospital, Rome, Italy; [5]School for Advanced Studies Sapienza (SSAS), Sapienza University of Rome, Rome, Italy; [6]Clinical Pathology Unit, Level II Medical Department, Santa Maria Goretti Hospital, Latina Local Health Authority, Latina, Italy; [7]Department of Laboratory Medicine, Tor Vergata University Hospital, Rome, Italy; [8]Department of Experimental Medicine, University of Rome Tor Vergata, Rome, Italy; [9]Bianalisi Healthcare Group, Carate Brianza, Italy

*Corresponding author: Paola Galozzi, Department of Medicine (DIMED), University of Padua, Via Giustiniani 2, 35128 Padua, Italy. E-mail: paola.galozzi@unipd.it

ABSTRACT

The Italian Society of Clinical Biochemistry and Clinical Molecuar Biology (SIBioC-Medicina di Laboratorio) recognizes sustainability as a fundamental component of quality, professional responsibility, and governance in clinical laboratories. In alignment with European Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (EFLM) initiatives and international sustainability principles, this document proposes a national framework to support the transition of Italian laboratories toward Green & Sustainable Laboratory models through measurable indicators, operational tools, and integration within quality management systems. The strategy includes the incorporation of sustainability into laboratory quality systems, the adoption of environmental policies and shared Key Performance Indicators (KPIs), and the introduction of green procurement criteria for technologies, reagents, consumables, and services. ISO 9001 and ISO 15189 standards are identified as suitable organizational frameworks to integrate environmental requirements, audits, risk analysis, and continuous improvement processes, while the EFLM Green & Sustainable Laboratories certification represents a specific pathway for structured sustainability implementation. Results from a SIBioC survey conducted in 2025 showed limited awareness of sustainability initiatives but strong professional interest in active participation, highlighting the need for dedicated governance, education, and practical support. This document therefore proposes the establishment of a national SIBioC Green Labs network, pilot projects, multicenter data collection, and progressive benchmarking activities. Key environmental and organizational KPIs include energy and water consumption per test, waste generation, single-use plastic use, expired reagents, environmental procurement criteria, environmental audits, trained personnel, and indicators of diagnostic appropriateness. Green

procurement and diagnostic appropriateness are recognized as essential strategies to reduce environmental impact while maintaining analytical quality, patient safety, service continuity, and clinical effectiveness. SIBioC-Medicina di Laboratorio aims to promote a measurable and sustainable transition of Laboratory Medicine in Italy through standardized indicators, professional networks, institutional collaboration, and alignment with European standards.

(*Cite this article as:* Galozzi P, Montagnana M, Sciacovelli L, Roli L, Mancini R, Basile U, *et al.*; SIBioC-Medicina di Laboratorio, Division of Innovation, Sustainability and Green Transition of Clinical Laboratories. SIBioC-Medicina di Laboratorio vision and strategy for promoting sustainability and the green transition of clinical laboratories. Biochim Clin 2026 Sep 29. DOI: 10.23736/S0393-0564.26.00223-2)

Key words: Program development; Laboratories; Diagnostics.

The Italian version of this document is available in Supplementary Digital Material 1 (Supplementary Text File 1).

Introduction

The concept of sustainable development was formally defined in 1987 in the report Our Common Future by the World Commission on Environment and Development as development that meets the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their own needs.[1] This principle was subsequently further developed in the 2030 Agenda for Sustainable Development, adopted in 2015 by the United Nations General Assembly and endorsed by all 193 Member States, including Italy. The 2030 Agenda identifies 17 Sustainable Development Goals (SDGs) intended to promote long-term systemic transformation across environmental, social, economic, and institutional domains.[2] At European level, the principles of the 2030 Agenda were incorporated and expanded through the European Green Deal, adopted by the European Commission in 2019, which sets out a comprehensive strategy for environmental sustainability, greenhouse-gas emission reduction, and sustainable economic growth decoupled from intensive consumption of non-renewable resources. The stated targets include a 55% reduction in net greenhouse-gas emissions by 2030 and climate neutrality by 2050.[3] More recently, an even more ambitious proposal has been advanced at European level to reduce net emissions by up to 90% by 2040, although this will require the progressive definition of regulatory and operational instruments by individual Member States.[4] Within this framework, healthcare has a strategic role: it protects both public and individual health, but it also generates a substantial environmental burden through energy consumption, waste production, complex supply chains, and extensive use of technologies, materials, and single-use devices. Healthcare systems are estimated to account for approximately 4.4% of global greenhouse-gas emissions, arising both from the direct activities of healthcare facilities and from the production, transport, use, and disposal of healthcare goods and services.[5-7]

Laboratory Medicine is a core pillar of modern healthcare, providing a decisive contribution to diagnosis, prognosis, therapeutic decision-making, and clinical monitoring. However, the highly technological, automated, and continuous nature of laboratory operations makes this field particularly important from an environmental sustainability perspective. The high energy demand of laboratory equipment, extensive use of single-use plastics, reagents, water, and consumables, and generation of healthcare and biological waste underscore the need to assess carefully the role of clinical laboratories in the ecological transition of healthcare systems.[8]

SIBioC-Medicina di Laboratorio recognizes environmental, economic, and social sustainability as an integral component of diagnostic service quality and of the professional responsibility of clinical laboratories. In line with European Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (EFLM) initiatives, SIBioC-Medicina di Laboratorio identifies the transition towards Green & Sustainable Laboratory models as a strategic priority. Sustainability should not be regarded as an additional requirement or operational constraint, but as a natural evolution of quality management systems aimed at optimizing resources, reducing waste, improving diagnostic appropriateness, and generating value for patients and society.

Sustainability and the environmental impact of Laboratory Medicine

Clinical laboratories consume substantial amounts of energy and water and generate significant quantities of waste, including hazardous biological waste requiring specific and often environmentally intensive treatment, compared with most other workplaces.[9] Although the environmental impact of an individual test may be limited, the cumulative effect of the overall testing volume is considerable. For example, the energy consumption associated with a complete blood count has been estimated to be equivalent to driving approximately 800 meters in a medium-sized petrol-powered car.[10] Although modest for a single test, this impact becomes relevant when millions of tests are performed annually. Reporting and monitoring the energy consumption of technologies may reduce costs and requires staff training in energy-saving procedures. Inappropriate test requesting is another critical issue: overuse of laboratory tests causes unnecessary resource consumption, higher costs, increased workload, greater waste generation, and potentially further investigations that are not clinically required. Conversely, underuse may lead to diagnostic delays, poorer clinical outcomes, and additional healthcare resource use. Sustainability in Laboratory Medicine should therefore encompass not only reduced material consumption but also diagnostic appropriateness, rationalization of pathways, optimization of test panels, appropriate use of diagnostic algorithms such as reflex testing, and full use of laboratory professionals' expertise.

In recent years, operational tools have progressively been introduced to facilitate the transition towards laboratories that are more sustainable environmentally, organizationally, and socially. International literature emphasizes the importance of embedding sustainability into routine operations, professional education, quality management systems, purchasing procedures, and measurable performance indicators.[11-13] From this perspective, sustainability should be treated as an integrated component of laboratory governance rather than an accessory requirement separate from quality.

European and international initiatives

The EFLM, the reference organization for the European laboratory professional community and particularly relevant to SIBioC-Medicina di Laboratorio as an EFLM member society, established the Task Force on Green & Sustainable Laboratories (TF-GSL) in 2021. Its goal is to promote and support the transition of clinical laboratories towards practices that reduce carbon emissions, improve energy and water efficiency, and ensure responsible management of waste and chemicals while preserving the quality and reliability of analytical results. The Task Force developed guidelines for Laboratory Medicine professionals, available in several languages including Italian, that provide operational recommendations for improving the sustainability of clinical laboratories.[14] The main areas of action include optimization of energy and water consumption, chemical management, waste minimization, appropriate organizational practices, continuing education, and staff engagement. Modular checklists have also been developed to facilitate self-assessment and the planning of gradual improvement measures. In addition, educational resources and dissemination materials available through the EFLM Green Labs portal provide further support for the uptake of skills and good practices.[15]

Among the most important EFLM initiatives is the Green & Sustainable Laboratories certification program, intended for public and private laboratories seeking formal assessment against environmental sustainability criteria. The program evaluates waste management, energy consumption, water use, hazardous chemical management, and implementation of sustainable organizational practices. EFLM certification therefore provides an operational means of translating sustainability principles into concrete action within clinical laboratories. Alongside EFLM's European activities, My Green Lab is an international nonprofit organization originating in the United States and now recognized globally for laboratory sustainability, including in clinical and biomedical settings.[16] My Green Lab has developed certification programs and assessment methodologies covering energy, materials, waste, sustainable chemistry, and organizational practices. Of particular relevance is the ACT program (Accountability, Consistency, Transparency), which provides transparent information on the environmental impact of laboratory products and supports informed, responsible procurement decisions.[17]

Overall, the initiatives developed by EFLM and My Green Lab demonstrate that laboratory sustainability requires standards, metrics, certification systems, education, and structured governance, moving beyond isolated individual actions.

Role of SIBioC-Medicina di Laboratorio

Within the Italian context, SIBioC-Medicina di Laboratorio is committed to promoting structured initiatives that support the transition towards sustainable clinical laboratory models in accordance with European and international guidance. As a national scientific society affiliated

with EFLM, SIBioC-Medicina di Laboratorio recognizes the EFLM Green Labs program as the principal European reference for developing national laboratory sustainability initiatives. The documentation available through the EFLM portal, including Italian translation, constitutes a key operational resource whose dissemination can be substantially supported by SIBioC-Medicina di Laboratorio.

The establishment of the Division of Innovation and Sustainability and Green Transition of Clinical Laboratories in 2026 represents a strategic step in this direction. The Division's priority objectives are organized around four main actions:

- integrate sustainability principles into clinical and diagnostic processes;
- promote informed and sustainable adoption of technological innovation;
- ensure responsible use of resources;
- enhance the contribution of healthcare professionals to environmental and organizational policies.

The role of SIBioC-Medicina di Laboratorio extends beyond cultural awareness, although this remains essential, to the development of implementation tools, definition of indicators, promotion of educational programs, creation of multispecialty professional networks, and active dialogue with institutions, healthcare management, regional authorities, procurement bodies, and *in vitro* diagnostics manufacturers. Artificial intelligence may add considerable value to the Green Lab strategy by optimizing processes, reducing waste, and improving test-requesting appropriateness, while strengthening the link between environmental sustainability, health protection, and institutional healthcare policies in the dissemination of increasingly sustainable clinical laboratory models.

SIBioC survey on the green transition of clinical laboratories

Between June and September 2025, SIBioC-Medicina di Laboratorio conducted a survey among its members to investigate Italian Laboratory Medicine professionals' awareness, attitudes, internal organization, and willingness to engage with sustainability issues.

The survey assessed familiarity with SIBioC and EFLM sustainability initiatives; awareness of the EFLM Green & Sustainable Laboratories certification; the presence of dedicated sustainability professionals within laboratories; interest in certification pathways; willingness to participate actively in initiatives; adoption of sustainable procurement policies; use of renewable energy sources; and perceived support from healthcare management. The anonymous, voluntary national survey collected 134 responses, mainly from public laboratories, followed by private facilities and research centers. The main findings are reported in Table I.

The analysis showed limited awareness of respondents about SIBioC and EFLM sustainability initiatives: only 20.9% of them reported being informed, whereas

TABLE I.—*Main findings of the national SIBioC survey on the green transition of clinical laboratories, conducted between June and September 2025 and completed anonymously by 134 respondents.*

Domain assessed	Main finding	Interpretation
Respondents from public laboratories	80.6%	Public-sector settings predominated among respondents
Respondents from private facilities	16.4%	Minority but meaningful representation of the private sector
Respondents from research settings	3.0%	Limited participation from predominantly research-based settings
Awareness of SIBioC/EFLM sustainability initiatives	20.9%	Awareness of national society and European initiatives remains limited
No or only superficial awareness of SIBioC/EFLM initiatives	>79%	Need for structured information and education programs
Awareness of EFLM Green & Sustainable Laboratories certification	16.4%	Limited awareness of the certification pathway
Absence of staff specifically responsible for environmental policies	77.6%	Lack of formalized environmental governance in most laboratories
Interest in EFLM certification	60.5%	Strong potential for uptake of structured certification pathways
Willingness to become actively involved	>68%	Good willingness among professionals to participate
Regular adoption of sustainable procurement policies	Approximately 25%	Green procurement remains infrequently implemented
Rare or no use of sustainable procurement policies	>74%	Need for shared tools and tender criteria
Reported use of renewable energy sources	7.5%	Limited perceived integration of renewable energy
Unawareness of the facility's energy arrangements	24.6%	Need for greater institutional transparency
Possible interest or support from healthcare management	44.8%	Potential opportunity for institutional dialogue
Unable to assess institutional support	>50%	Need for greater involvement of decision-making levels

more than 79% indicated no or only superficial knowledge. Similarly, only 16.4% were aware of the EFLM Green & Sustainable Laboratories certification program. Importantly, most laboratories lacked dedicated personnel responsible for environmental policies, with 77.6% of respondents reporting that no specific sustainability lead had been appointed. Nevertheless, substantial potential for development was identified: 60.5% of participants expressed interest in EFLM certification and more than 68% indicated willingness to collaborate actively. Sustainable procurement policies were infrequently adopted: approximately one quarter of laboratories applied them regularly, whereas 74% did so rarely or never. Renewable energy use was also limited, reported by 7.5% of respondents, and a considerable proportion were unaware of their organization's energy arrangements. Regarding management support, 44.8% considered institutional interest or support likely, whereas more than 50% were unable to provide an assessment, underscoring the need for greater engagement of decision-making levels.

The findings indicate limited awareness of national and European sustainability initiatives but considerable professional interest. A marked mismatch exists between the absence of structured laboratory governance and professionals' willingness to engage actively, suggesting that the transition towards sustainability is hindered not only by cultural factors but also by the lack of practical tools, defined roles, pathways, and operational reference points. The survey findings should be interpreted in light of several methodological limitations, including voluntary participation, the limited number of respondents, possible over-representation of individuals already sensitized to the topic, and the absence of an objective assessment of laboratory environmental performance. Nevertheless, the survey provides a useful starting point for guiding SIBioC-Medicina di Laboratorio initiatives and developing a shared national roadmap.

Strategic and operational framework for the green transition

Environmental management systems and integration with existing quality systems

Environmental management comprises the policies, procedures, tools, and responsibilities through which an organization identifies, controls, and improves its environmental performance. A structured Environmental Management System (EMS) enables identification and assessment of significant environmental aspects, including energy and water consumption, emissions, waste, chemical use, and impacts associated with operational processes. It also enables measurable objectives to be established, improvement actions to be planned, performance to be monitored, and corrective action to be implemented when deviations occur. The international reference standard is ISO 14001:2015, which applies to any organization seeking to improve environmental performance through a systematic, continuous-improvement approach.[18] Although not developed specifically for medical laboratories, it is fully applicable to this setting. Adoption of an ISO 14001-compliant EMS integrates environmental considerations into decision-making and operations, promoting pollution prevention, impact reduction, and responsible resource use.

At European level, instruments such as the Eco-Management and Audit Scheme (EMAS) reinforce environmental transparency by requiring publication of a validated environmental statement and promoting clear dialogue with stakeholders. The ISO 14000 family provides additional tools for environmental performance assessment and communication, supporting management based on measurement and reporting. In Italian clinical laboratories, quality assurance systems operate at several levels: regional requirements for authorization and institutional accreditation, voluntary certification under ISO 9001, and accreditation under ISO 15189. ISO 9001:2015 provides a process-based management model focused on customer needs, nonconformity management, corrective action, and continuous improvement.[19] ISO 15189 is the specific standard for medical laboratories and integrates requirements for quality and staff technical competence.[20]

Growing attention to patient safety and diagnostic error highlights the need to strengthen the laboratory's professional role across the entire testing process, including test-request appropriateness, result interpretation, and integration within diagnostic and therapeutic pathways. In this context, sustainability represents a natural extension of quality: a sustainable laboratory uses resources responsibly, reduces waste, optimizes processes, and maintains high standards of safety and reliability.

Integration of ISO 14001 into quality systems already based on ISO 9001 and ISO 15189 should not be regarded as bureaucratic duplication, but as organizational development. Many elements are shared, including context analysis, leadership, risk management, planning, competence, documentation, internal audits, nonconformity management, and continuous improvement. Environmental aspects can therefore be incorporated into processes already governed by the quality system, including procurement, reagent management, use of consumables, waste control,

energy and water consumption, equipment maintenance, and sample storage and transport.

EFLM Green Labs certification

The operational guidance promoted by the EFLM Green Labs program can be readily incorporated into existing quality systems. ISO 9001 and ISO 15189 may be viewed as organizational and managerial frameworks capable of accommodating and systematizing EFLM recommendations by translating them into formalized, monitored, and reviewed processes. EFLM Green & Sustainable Laboratories certification is, in this sense, a laboratory-specific operational complement that translates general sustainability principles into concrete and measurable action. The EFLM Committee on Green & Sustainable Laboratories (C-GSL; formerly TF-GSL) and the Green Labs program provide operational guidance and reference criteria for promoting environmental sustainability in medical laboratories. Established to support Laboratory Medicine in the transition towards sustainable healthcare, the Committee promotes ecologically, socially, and economically efficient use of resources while maintaining high standards of quality for patients and clinicians. Green & Sustainable Laboratory certification is a recognized tool for demonstrating the adoption of sustainable laboratory practices, including recommendations on chemical management, energy efficiency, water consumption, waste management, and emission reduction, with particular attention to measurable interventions.

A growing number of European laboratories have obtained and successfully renewed EFLM Green Labs certification, demonstrating that innovation and concrete measures can reduce carbon emissions and promote responsible management. The program's operational guidance integrates naturally with existing quality systems, converting recommendations and best practices into monitorable requirements subject to continuous improvement. In this context, ISO 9001 and ISO 15189 provide suitable organizational frameworks for formalizing EFLM Green Labs certification requirements within management processes and integrating them as operational requirements consistent with quality governance.

The EFLM approach also emphasizes continuing education and engagement of laboratory professionals, the use of environmental performance indicators, and the integration of sustainability into professional culture. EFLM environmental sustainability initiatives, particularly Green & Sustainable Laboratory certification, therefore complement ISO-based management systems by providing laboratory-specific implementation criteria that translate general sustainability principles into measurable actions consistent with diagnostic quality. Environmental aspects can be incorporated into quality-system processes such as procurement, management of reagents and consumables, waste control, energy and water consumption, equipment maintenance, and sample transport. Core Laboratory Medicine competencies — including test-requesting appropriateness, reflex testing, reduction of unnecessary blood collection, optimization of analytical runs, rational inventory management, and minimization of expired reagents — contribute directly to sustainability objectives.

Indicators and Key Performance Indicators for the green transition

Defining performance indicators is essential for converting sustainability principles into measurable and verifiable activities. Current literature emphasizes the value of objective tools for assessing the environmental impact of laboratory operations, identifying improvement opportunities, supporting organizational decisions, and enabling benchmarking across institutions.[21-25]

The identification of Key Performance Indicators (KPIs) is closely linked to green certification pathways, including EFLM requirements, and to the organization of quality systems. Methodologically, sustainability indicators should be integrated into the Plan-Do-Check-Act (PDCA) cycle and management-system review processes. Indicators should be relevant, measurable, reproducible, and comparable and, whenever possible, normalized to laboratory activity volumes.

When expressed per test performed, sample analysed, analytical line, or analytical run, such indicators allow comparison among laboratories of different sizes and complexity. At present, no universally accepted targets are applicable across all laboratory settings. A gradual approach is therefore recommended: assessment of baseline performance, identification of priority areas, establishment of realistic local objectives, monitoring of progress, and subsequent development of regional or national benchmarking.

Table II provides an example set of indicators and KPIs for clinical laboratories, to be adapted to each laboratory's organizational, technological, and operational characteristics. Adoption of a shared minimum indicator set could be one of the first operational initiatives undertaken by SIBioC-Medicina di Laboratorio. During the initial phase, the priority should not be to define rigid, uniform thresholds, but to promote measurement, awareness, and continuous improvement. Subsequently, multicentre data collection

TABLE II.—*Proposed indicators and Key Performance Indicators (KPIs) for monitoring sustainability in clinical laboratories within the framework of the laboratory green-transition strategy.*

Area	Indicator	Unit of measurement	Data source	Suggested frequency	Operational KPI / improvement objective
Energy	Total energy consumption	kWh/year	Bills, meters, facility management	Annual/quarterly	Progressive reduction in total consumption
Energy	Energy consumption per test	kWh/test	Energy data + LIS	Quarterly	Annual reduction in energy consumption per test
Energy	Proportion of energy from renewable sources	%	Technical management/ energy supplier	Annual	Progressive increase in renewable-energy share
Carbon footprint	Carbon footprint per analytical line	kg CO_2eq/test or per line	Instrument data, consumption, activity volumes	Annual	Identify the highest-impact analytical lines
Waste	Total healthcare waste generation	kg/year	Waste register, environmental service	Annual/quarterly	Progressive reduction in waste generation
Waste	Waste per test	g/test	Waste register + LIS	Quarterly	Reduce waste normalized to activity
Waste	Proportion of hazardous/non-hazardous waste	%	Waste register	Quarterly	Improve waste segregation
Materials	Single-use plastic consumption	items/test or kg/test	Inventory, purchasing	Six-monthly	Reduce single-use plastics where feasible
Reagents	Reagent volume or quantity per test	mL/test or units/test	Inventory, analytical systems	Quarterly	Optimize reagent use
Reagents	Expired or unused reagents	% or economic value	Inventory, management accounting	Six-monthly	Reduce discarded reagents
Reagents	Critical or excessive stock levels	number/events	Inventory	Six-monthly	Improve procurement planning
Water	Total water consumption	m^3/year	Bills, meters	Annual/quarterly	Progressive reduction in water consumption
Water	Water consumption per test	L/test	Water-use data + LIS	Quarterly	Reduce normalized water consumption
Water	Presence of recirculation/ recovery systems	yes/no; % implementation	Technical management	Annual	Progressively introduce recovery systems
Procurement	Suppliers with environmental certification	%	Procurement office, supplier documentation	Annual	Increase the proportion of certified suppliers
Procurement	Tenders including environmental criteria	%	Tender documents, procurement office	Annual	Systematically include green criteria
Procurement	Products with sustainable packaging	%	Product datasheets, suppliers	Annual	Reduce non-recyclable packaging
Procurement	Instruments with available energy-consumption data	%	Technical datasheets, manufacturers	Annual	Systematically request kWh/ test data
Digitalization	Digital laboratory reports	%	LIS, information systems	Annual	Progressively eliminate avoidable paper reporting
Digitalization	Paper consumption	reams/year or sheets/test	Inventory	Annual	Annual reduction in paper use
Waste	Proportion of waste recycled	%	Environmental service	Annual	Increase the recyclable/ recycled fraction
Process	Avoidable duplicate tests	number or %	LIS, test-requesting audits	Quarterly	Reduce inappropriate duplication
Appropriateness	Tests blocked or flagged by requesting rules	number or %	CPOE, LIS	Quarterly	Monitor the effectiveness of appropriateness rules
Governance	Green Lab lead appointed	yes/no	Organizational chart	Annual	Appoint a Green Lab lead or team
Governance	Internal environmental audits	number/year	Quality system	Annual	Include sustainability in internal audits
Education	Staff trained in sustainability	%	Education office	Annual	Progressively increase the proportion of trained staff
Organizational culture	Green improvement proposals	number/year	Quality system, internal reporting	Annual	Increase the number of proposals assessed and implemented
Management review	Environmental objectives discussed during management review	yes/no; number of objectives	Quality system	Annual	Stable integration into management review

CPOE: Computerized Physician Order Entry; LIS: Laboratory Information System.

could support the development of national benchmarks and more robust standards.

Green procurement and sustainable purchasing

Procurement plays a crucial role in promoting sustainability by enabling preventive action across the life cycle of technologies, reagents, materials, and services. In accordance with EFLM guidance, integrating environmental criteria into purchasing procedures can guide the market towards lower-impact solutions and support choices consistent with decarbonization targets. European legislation currently does not provide a specific energy-labelling scheme for medical equipment comparable to that used for household appliances. Nevertheless, requirements relating to safety, performance, life cycle, disposal, and efficiency are increasingly incorporated into medical-device and ecodesign legislation. Regulation (EU) 2017/745 on medical devices primarily addresses safety and performance but also includes aspects relevant to life-cycle and disposal management.[26] The EN 60601 series governs electrical safety of medical electrical equipment. More recently, Regulation (EU) 2024/1781 on ecodesign introduced product sustainability criteria, including the Digital Product Passport, which may potentially apply to technologies used in laboratories.[27]

A current critical limitation is the scarcity of objective, comparable data on the actual energy consumption of equipment. Technology assessment during procurement generally prioritizes throughput, reliability, unit cost, and organizational integration, whereas energy use, material impact, packaging, maintenance, durability, upgradeability, disposal, and take-back programs receive less attention. In the future, productivity should be expressed not only as samples per hour but also as samples per kWh, thereby incorporating energy and environmental costs into decision-making. Green procurement should address supplier environmental certification, such as ISO 14001; packaging reduction; use of recyclable materials; availability of energy-consumption data; maintenance and upgrading programs; extension of equipment life cycles; sustainable take-back and disposal; and life-cycle assessment of products and technologies. International evidence confirms that procurement decisions substantially affect the environmental impact of healthcare systems and that life-cycle assessment is essential for supporting more responsible and sustainable choices.

In Italy, where procurement procedures are frequently centralized at institutional, multi-institutional, or regional level, Laboratory Medicine professionals have a key role in defining technical and quality requirements in tender specifications. Sustainability criteria must be integrated without compromising safety, analytical quality, service continuity, traceability, or clinical appropriateness. Effective collaboration among laboratory professionals, procurement offices, clinical engineering departments, healthcare management, purchasing bodies, and the *in vitro* diagnostics industry is therefore indispensable for implementing green procurement. Even apparently simple infrastructure measures, such as installing high-efficiency LED lighting, can meaningfully reduce energy consumption. However, such interventions should also be assessed in relation to staff well-being, considering light intensity, color temperature, visual comfort, and potential effects on work in complex environments.[28-32]

Diagnostic appropriateness as a driver of sustainability

Appropriate test requesting is essential to sustainability in Laboratory Medicine, where clinical effectiveness and appropriateness have been described as the field's 'Holy Grail'. Reducing unnecessary tests, duplication, and inefficient diagnostic pathways can simultaneously improve clinical quality, patient safety, operational efficiency, economic sustainability, and environmental protection.

Potential strategies include minimum retesting intervals; alerts or hard stops for duplicate requests; review of diagnostic profiles; reflex and reflective testing algorithms; test-requesting audits; consultation by Laboratory Medicine professionals; collaboration with clinicians; and integration into computerized test-ordering systems. The purpose is not to reduce testing indiscriminately, but to ensure that each test is clinically appropriate, timely, and relevant to the patient's care pathway.

Achieving laboratory sustainability also requires effective governance of diagnostic demand. Laboratory professionals' expertise is central because it integrates analytical knowledge, clinical interpretation, process assessment, and responsible resource management.

SIBioC-Medicina di Laboratorio operational recommendations

On the basis of available evidence, European initiatives, and the findings of the SIBioC survey, several operational priorities can be identified to support the transition of Italian clinical laboratories towards more sustainable organizational models. The roadmap presented in Table III proposes a progressive pathway structured around objectives, actions, and implementation timelines. The establishment

TABLE III.—*SIBioC-Medicina di Laboratorio roadmap for the transition towards sustainable clinical laboratories, in line with EFLM guidance within Green & Sustainable Laboratory models.*

Time horizon	Main objectives	Priority actions	Expected outcomes
Short term 1-2 years	Raise awareness across the professional community and define the operational foundations for initiating sustainability pathways in clinical laboratories.	Launch national training programs; disseminate the EFLM Green Labs initiatives; identify regional and local leads; establish the SIBioC Green Labs network; define a minimum set of KPIs; initiate pilot projects and self-assessment activities.	Greater professional awareness; availability of shared initial tools; implementation of the first pilot experiences; identification of laboratories interested in structured sustainability pathways.
Medium term 3-5 years	Integrate sustainability on a stable basis into management systems, quality processes, and laboratory organizational policies.	Implement KPIs within quality systems; introduce environmental audits and improvement plans; incorporate green criteria into tender specifications; promote diagnostic appropriateness as a sustainability lever; support and encourage laboratories in EFLM Green Labs certification pathways; develop benchmarking activities.	Sustainability integrated into quality systems; comparable data across laboratories; wider dissemination of green practices; first certifications or recognitions according to European models; greater involvement of hospital management and the IVD industry.
Long term >5 years	Consolidate and standardize nationwide the transition of clinical laboratories towards sustainable, measurable models aligned with European standards.	Nationwide dissemination of Green & Sustainable Laboratory models; progressive integration of sustainability policies into accreditation and assessment processes; definition of national standards; consolidation of the SIBioC Green Labs network; periodic updating of KPIs; systematic dissemination of operational experiences, case studies, and best practices.	Widespread adoption of sustainable clinical laboratory models; national harmonization of green practices; consolidation of shared standards; documented improvement in environmental impact, organizational efficiency, and diagnostic appropriateness.

KPIs: Key Performance Indicators.

of the Division in 2026 represents a strategic step for coordinating and strengthening these initiatives. The Division can provide scientific, educational, and operational leadership, supporting the integration of sustainability into diagnostic processes, quality systems, appropriateness policies, and procurement strategies.

The operational priorities can be summarized in the following recommendations.

Recommendation 1. Develop national education programs on sustainability in Laboratory Medicine

Sustainability should be included as a priority in education and continuing professional development programs for laboratory directors, biomedical laboratory scientists, quality managers, and other professionals involved in diagnostic processes. Education should move beyond a purely theoretical approach to environmental issues and promote an integrated culture in which sustainability, quality, appropriateness, safety, innovation, and clinical value are regarded as complementary components of good laboratory practice.

Recommendation 2. Establish a national SIBioC Green Labs network

SIBioC-Medicina di Laboratorio should establish a national network of laboratories engaged in sustainability pathways, involving regional representatives and institutions already active in local initiatives. The SIBioC Green Labs network should facilitate experience sharing, data collection, benchmarking, dissemination of operational tools, and support for laboratories wishing to undertake self-assessment or certification according to European models, including those promoted by EFLM.

Recommendation 3. Integrate sustainability into quality systems

Laboratories certified to ISO 9001 or accredited to ISO 15189 already have a management infrastructure suitable for integrating environmental requirements, performance indicators, internal audits, risk analyses, and improvement plans. Embedding sustainability within quality systems prevents fragmented or episodic initiatives and converts green actions into structured, documented, verifiable, and longitudinally monitored processes.

Recommendation 4. Define a core national Key Performance Iindicators set for Green Lab projects

Simple, progressive, and comparable indicators are essential for assessing baseline laboratory performance, identifying critical areas, and monitoring the effectiveness of implemented interventions. SIBioC-Medicina di Laboratorio could promote a minimum national set of KPIs, initially for self-assessment and subsequently for inter-laboratory benchmarking. These indicators should address, for example, energy and water consumption, waste generation, rationalization of consumables, test-requesting

appropriateness, and the impact of pre-analytical, analytical, and post-analytical processes.

Recommendation 5. Incorporate sustainability criteria into tender specifications

Laboratory sustainability cannot depend solely on the commitment of individual staff members; it requires organizational choices, investment, availability of consumption data, updated tender specifications, and collaboration with the *in vitro* diagnostics industry. Healthcare management, regional and national institutions, purchasing bodies, and *in vitro* diagnostic manufacturers should therefore be involved so that environmental sustainability, energy efficiency, waste reduction, and logistical optimization criteria are progressively included in the procurement of technologies, reagents, materials, and services.

Recommendation 6. Promote diagnostic appropriateness as a sustainability tool

Reducing unnecessary tests, duplication, inappropriate repeat testing, and inefficient diagnostic pathways is a strategic driver of sustainability. Appropriate test requesting can simultaneously improve clinical quality, patient safety, economic efficiency, and environmental performance. It should therefore be regarded as an integral component of clinical laboratory green policy rather than as a separate area from environmental initiatives.

Recommendation 7. Promote the generation and sharing of implementation experiences

Systematic collection of existing experiences, case studies, environmental audits, consumption-reduction projects, sustainable procurement initiatives, and certification pathways can facilitate dissemination of good practices at regional and national level. SIBioC-Medicina di Laboratorio can coordinate the collection, assessment, validation, and dissemination of such experiences, contributing to a shared repository of tools and models applicable across different clinical laboratory settings.

Recommendation 8. Facilitate access to high-quality, scientifically authoritative educational materials supporting Green Laboratory development

Through the Division website, guidance, operational tools, and good practices should be disseminated to support the development of Green Lab policies, drawing on internationally available technical-scientific resources and educational materials of demonstrated quality and scientific authority.

Conclusions

Sustainability is one of the principal strategic challenges facing contemporary Laboratory Medicine. Clinical laboratories must provide reliable, timely, and clinically relevant results while contributing to the reduction of the healthcare system's environmental impact. This transformation should not be regarded as a limitation on quality, but as an evolutionary process that enhances professional expertise, diagnostic appropriateness, and organizational responsibility.

Integrating sustainability principles into established management systems based on ISO 9001 and ISO 15189, together with the adoption of specific instruments such as ISO 14001 and EFLM Green & Sustainable Laboratories certification, provides a concrete opportunity to develop organizational models with improved environmental performance. Analytical quality, professional competence, diagnostic appropriateness, and environmental protection should be regarded as synergistic factors in generating value for patients, healthcare systems, and society.

SIBioC-Medicina di Laboratorio intends to play a leading role in guiding this pathway in Italy by promoting education, standardization, shared indicators, professional networks, dialogue with industry, and support for laboratories undertaking improvement or certification programs. Italian Laboratory Medicine is called upon to assume a central role in the ecological transition of healthcare while strengthening its scientific, professional, and societal value.

References

1. World Commission on Environment and Development. Our Common Future. Oxford: Oxford University Press; 1987 [Internet]. Available from: https://www.brundtland.co.za/wp-content/uploads/2022/08/Brundtland-Report-1987-Our-Common-Future.pdf [cited 2026, Sep 14].

2. United Nations. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. New York: United Nations; 2015 [Internet]. Available from: https://sdgs.un.org/2030agenda [cited 2026, Sep 14].

3. European Commission. The European Green Deal. Brussels: European Commission; 2019 [Internet]. Available from: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it [cited 2026, Sep 14].

4. United Nations. The Sustainable Development Goals Report 2025. New York: United Nations; 2025 [Internet]. Available from: https://unstats.un.org/sdgs/report/2025/ [cited 2026, Sep 14].

5. Sörme P, Weitze S. Improving the environmental impact paradox of clinical medical laboratories. Clin Biochem 2026;141:111063.

6. Health Care Without Harm. ARUP. Health care's climate footprint: how the health sector contributes to the global climate crisis and opportunities for action, 2019 [Internet]. Available from: https://global.noharm.org/sites/default/files/documents-files/5961/HealthCaresClimateFootprint_092319.pdf [cited 2026, Sep 14].

7. Singh H, Weisz U, Andrew T, Blom IM, Kittipongvises S, Nansai K, *et al.* The Lancet Commission on Sustainable Health Care measurement

framework for advancing sustainable health care transformation. Lancet Planet Health 2026;10:101398.

8. Glover RT, Connelly J, Gammie A, Kilcoyne J, Ozben T, Santos A, *et al.* Sustainability in laboratory medicine. Clin Chem 2023;69:1212–9.

9. Keil M, Frehse L, Hagemeister M, Knieß M, Lange O, Kronenberg T, *et al.* Carbon footprint of healthcare systems: a systematic review of evidence and methods. BMJ Open 2024;14:e078464.

10. McAlister S, Grant T, McGain F. An LCA of hospital pathology testing. Int J Life Cycle Assess 2021;26:1753–63.

11. Galozzi P, Sciacovelli L, Basso D. A call-to-action for energy conservation and sustainability in the clinical laboratory: experiences from the University of Padova. Clin Biochem 2024;125:110727.

12. Scott S. Embedding education into clinical laboratory professional training to foster sustainable development and greener practice. Clin Chem Lab Med 2022;61:638–41.

13. Badrick T, Aykal G, Mannisto T, Anetor J; IFCC Task Force on the Environmental Impact of Laboratory Medicine. Practical sustainable laboratory medicine. Clin Chim Acta 2025;577:120452.

14. European Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. EFLM guidelines for green and sustainable medical laboratories. Milan: EFLM; 2022 [Internet]. Available from: https://www.eflm.eu/upload/docs/EFLM-GREEN-LAB-BOOKLET.pdf [cited 2026, Sep 14].

15. European Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. Green Labs educational resources; 2026 [Internet]. Available from: https://greenlabs.eflm.eu/educational-resources [cited 2026, Sep 14].

16. My Green Lab. 2026 [Internet]. Available from: https://mygreenlab.org/ [cited 2026, Sep 14].

17. Shell BR, Bruns N. Lab sustainability programs LEAF and My Green Lab®: impact, user experience & suitability. RSC Sustain 2024;2:3383–96.

18. UNI EN ISO 14001:2015. Environmental management systems—Requirements with guidance for use. Milan: UNI; 2015.

19. UNI EN ISO 9001:2015. Quality management systems—Requirements. Milan: UNI; 2015.

20. UNI EN ISO 15189:2024. Medical laboratories—Requirements for quality and competence. Milan: UNI; 2024.

21. Mattman A, Simons J. Laboratory medicine and sustainability: towards a green lab. Clin Biochem 2026;142:111072.

22. Ahmed S, Fatimi AS, Siddiqui I, Abbas G, Iqbal S, Shafi M, *et al.* Sustainability practices and green lab initiatives in clinical laboratories in Pakistan: a national e-survey-based analysis. EJIFCC 2026;37:84–96.

23. Shorten RJ, Sanders A, Farley M, Josse S, Shafiq S, Harris C, *et al.* Environmental sustainability of clinical laboratories: A scoping review. Ann Clin Biochem 2026;63:208–27.

24. Plebani M. Clinical laboratories: production industry or medical services? Clin Chem Lab Med 2015;53:995–1004.

25. Valdenassi L, Bjørklund G, Tirelli U, Chirumbolo S. The environmental impact of inappropriate clinical laboratory testing: what's new? J Appl Lab Med 2025;10:1072–4.

26. European Parliament and Council of the European Union. Regulation (EU) 2017/745 of 5 April 2017 on medical devices; 2017 [Internet]. Available from: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2017/745/oj/eng [cited 2026, Sep 15].

27. International Electrotechnical Commission. IEC 60601. Medical electrical equipment – General requirements for basic safety and essential performance; 2026 [Internet]. Available from: https://webstore.iec.ch/en/publication/2603 [cited 2026, Sep 15].

28. European Parliament and Council of the European Union. Regulation (EU) 2024/1781 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for sustainable products; 2024 [Internet]. Available from: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1781/oj/eng [cited 2026, Sep 15].

29. Sherman JD, Thiel C, MacNeill A, Eckelman MJ, Dubrow R, Hopf H, *et al.* The green print: advancement of environmental sustainability in healthcare. Resour Conserv Recycling 2020;161:104882.

30. Eckelman MJ, Huang K, Lagasse R, Senay E, Dubrow R, Sherman JD. Health care pollution and public health damage in the United States: an update. Health Aff (Millwood) 2020;39:2071–9.

31. Ozben T, Fragão-Marques M. Chemical strategies for sustainable medical laboratories. Clin Chem Lab Med 2022;61:642–50.

32. Rapp-Wright H, Pollard C. A three-pillar approach to laboratory sustainability in environmental analysis. ACS Sustainable Resource Management. ACS Publications; 2025.

Conflicts of interest
The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Funding
The authors did not receive any external funding for conducting this study.

Data availability
The data associated with the paper are available from the corresponding author upon reasonable request.

Ethical approval
The authors confirm that this article does not report any studies involving human participants conducted by the authors. The authors confirm that this article does not report any studies involving embryos, gametes, and human embryonic stem cells conducted by the authors. The authors confirm that this article does not report any studies involving animals conducted by the authors.

Authors' contributions
All authors read and approved the final version of the manuscript.

History
Article first published online: September 29, 2026. - Manuscript accepted: August 4, 2026. - Manuscript received: July 24, 2026.

© 2026 SIBioC
Versione online su https://www.minervamedica.it

Biochimica Clinica 2026;50
DOI: 10.23736/S0393-0564.26.00223-2

DOCUMENTO SIBIOC

Visione e strategia di SIBioC-Medicina di Laboratorio per promuovere la sostenibilità e la transizione green dei laboratori clinici

Paola GALOZZI [1] *, Martina MONTAGNANA [1, 2], Laura SCIACOVELLI [2], Laura ROLI [3], Rita MANCINI [4, 5], Umberto BASILE [6], Sergio BERNARDINI [7, 8], Massimo PIERI [7, 8], Tommaso TRENTI [9], a nome della Divisione Innovazione, Sostenibilità e Transizione Green dei Laboratori clinici di SIBioC-Medicina di Laboratorio

[1]Dipartimento di Medicina DIMED, Università degli Studi di Padova, Padova, Italy; [2]UOC Medicina di Laboratorio, Azienda Ospedale - Università di Padova, Padova, Italy; [3]Dipartimento di Medicina di Laboratorio e Patologia, Azienda USL di Modena, Modena, Italy; [4]Dipartimento di Medicina Molecolare e Clinica, Ospedale Sant'Andrea, Roma, Italy; [5]Scuola Superiore di Studi Avanzati Sapienza (SSAS), Università Sapienza di Roma, Roma, Italy; [6]UOC Patologia Clinica, Dipartimento Area Medica II livello, Ospedale Santa Maria Goretti, ASL Latina, Latina, Italy; [7]Dipartimento di Medicina di Laboratorio, Ospedale Universitario Tor Vergata, Roma, Italy; [8]Dipartimento di Medicina Sperimentale, Università Tor Vergata di Roma, Roma, Italy; [9]Bianalisi Healthcare Group, Carate Brianza, Italy

*Autore di contatto: Paola Galozzi, Dipartimento di Medicina DIMED, Università degli Studi di Padova, via Giustiniani 2, 35128 Padova, Italy. E-mail: paola.galozzi@unipd.it

Introduzione

Il concetto di sviluppo sostenibile è stato definito formalmente nel 1987 dal rapporto Our Common Future della World Commission on Environment and Development, con l'obiettivo di soddisfare i bisogni della generazione attuale senza compromettere la capacità delle generazioni future di avere risorse per le proprie esigenze.[1] Successivamente, tale principio ha trovato un'ulteriore articolazione nell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile, adottata nel 2015 dall'Assemblea Generale delle Nazioni Unite e sottoscritta dai 193 Stati membri, tra cui l'Italia. L'Agenda 2030 identifica 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (*sustainable development goals*, SDGs) volti a promuovere trasformazioni sistemiche di lungo periodo nei settori ambientale, sociale, economico e istituzionale.[2] A livello europeo, i principi dell'Agenda 2030 sono stati recepiti e sviluppati attraverso lo European Green Deal, adottato dalla Commissione Europea nel 2019, che definisce una strategia globale per la sostenibilità ambientale, la riduzione delle emissioni di gas serra e la promozione di una crescita economica sostenibile, svincolata dal consumo intensivo di risorse non rinnovabili. Gli obiettivi delineati prevedono una diminuzione del 55% delle emissioni nette di gas serra entro il 2030 e il conseguimento della neutralità climatica entro il 2050.[3] Nell'ambito del recente dibattito europeo è stata avanzata una proposta ulteriormente ambiziosa, volta a ridurre le emissioni nette fino al 90% entro il 2040, pur richiedendo una progressiva definizione degli strumenti normativi e operativi da parte dei singoli Stati membri.[4] In tale quadro, il settore sanitario assume una funzione strategica: da un lato, è responsabile della tutela della salute pubblica e individuale; dall'altro, genera un impatto ambientale rilevante, correlato ai consumi energetici, alla produzione di rifiuti, alla complessità delle catene di approvvigionamento e all'utilizzo rilevante di tecnologie, materiali e dispositivi monouso. Si stima che i sistemi sanitari siano responsabili di circa il 4,4% delle emissioni globali di gas serra, originate sia dalle attività dirette delle strutture sanitarie sia dai processi di produzione, trasporto, utilizzo e smaltimento di beni e servizi sanitari.[5-7]

La Medicina di Laboratorio rappresenta un pilastro

essenziale all'interno del sistema sanitario moderno, fornendo un contributo determinante alle attività diagnostiche, prognostiche, terapeutiche e di monitoraggio clinico. Tuttavia, la natura altamente tecnologica, automatizzata e continuativa delle attività di laboratorio rende questa area particolarmente critica sotto il profilo della sostenibilità ambientale. L'elevato fabbisogno energetico delle apparecchiature, il consistente utilizzo di plastica monouso, reagenti, acqua e materiali di consumo, insieme alla produzione di rifiuti sanitari e biologici, sottolineano la necessità di un'attenta valutazione del ruolo del laboratorio clinico nella transizione ecologica del sistema sanitario.[8]

SIBioC-Medicina di laboratorio riconosce la sostenibilità ambientale, economica e sociale come componente integrante della qualità dei servizi diagnostici e della responsabilità professionale del laboratorio clinico. In coerenza con le iniziative promosse da EFLM, SIBioC identifica la transizione verso modelli di Green & Sustainable Laboratory come una priorità strategica. La sostenibilità non deve essere interpretata come un requisito aggiuntivo o un vincolo operativo, ma come un'evoluzione naturale dei sistemi di gestione della qualità, orientata all'ottimizzazione delle risorse, alla riduzione degli sprechi, al miglioramento dell'appropriatezza diagnostica e alla generazione di valore per il paziente e per la collettività.

Sostenibilità e impatto ambientale della Medicina di Laboratorio

I laboratori clinici presentano un elevato consumo di energia e acqua e producono quantità significative di rifiuti, tra cui quelli biologici pericolosi che richiedono trattamenti specifici e spesso ad alto impatto ambientale,[9] rispetto alla maggior parte degli altri ambienti lavorativi. Pur considerando che il singolo esame può presentare un impatto ambientale contenuto, il volume complessivo delle prestazioni determina un effetto cumulativo rilevante. Ad esempio, si stima che un emocromo completo comporti un consumo energetico pari a quello necessario per percorrere circa 800 metri con un'automobile a benzina di media cilindrata.[10] Il dato, seppur modesto per ogni test, diventa rilevante considerando i milioni di esami annuali nei laboratori clinici. Segnalare e monitorare il consumo energetico delle tecnologie può ridurre i costi richiedendo la formazione del personale sulle procedure di risparmio energetico. La prescrizione non appropriata rappresenta inoltre un elemento critico: il sovra utilizzo degli esami di laboratorio genera consumi non necessari di risorse, aumento dei costi, incremento del carico di lavoro, maggiore produzione di rifiuti ed eventuale esecuzione di ulteriori indagini non indispensabili. Il sottoutilizzo, viceversa, può causare ritardi diagnostici, peggioramento degli esiti clinici e ulteriore impiego di risorse sanitarie. Pertanto, la sostenibilità in Medicina di Laboratorio deve essere intesa non esclusivamente come riduzione dei consumi materiali, ma anche come appropriatezza diagnostica, razionalizzazione dei percorsi, ottimizzazione dei pannelli di esami, corretto utilizzo di algoritmi diagnostici (ad esempio nel reflex testing) e valorizzazione delle competenze professionali del laboratorista.

Negli ultimi anni sono stati progressivamente introdotti strumenti operativi volti a favorire la transizione verso laboratori più sostenibili dal punto di vista ambientale, organizzativo e sociale. La letteratura internazionale evidenzia l'importanza di integrare la sostenibilità nei processi operativi quotidiani, nella formazione dei professionisti, nei sistemi di gestione della qualità, nelle procedure di acquisto e nella definizione di indicatori misurabili.[11-13] In questa prospettiva, la sostenibilità deve essere considerata una componente integrata della governance del laboratorio, e non un requisito accessorio o separato dalla qualità.

Iniziative europee e internazionali

La European Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (EFLM), che riveste un ruolo di riferimento per la comunità europea dei professionisti di laboratorio in particolare per SiBiOC-Medicina di Laboratorio che ne fa parte, ha istituito nel 2021 la Task Force "Green & Sustainable Laboratories" (TF-GSL). L'obiettivo della TF-GSL consiste nel promuovere e sostenere la transizione dei laboratori clinici verso pratiche attente alla riduzione dell'impronta carbonica, all'efficientamento energetico e idrico, nonché alla gestione responsabile di rifiuti e sostanze chimiche, preservando al contempo la qualità e l'affidabilità dei risultati analitici. La Task Force ha redatto linee guida rivolte ai professionisti della Medicina di Laboratorio, disponibili in diverse lingue, tra cui l'italiano, che presentano raccomandazioni operative volte a migliorare la sostenibilità dei laboratori clinici.[14] Le principali aree di intervento includono l'ottimizzazione dei consumi energetici e idrici, la gestione delle sostanze chimiche, la minimizzazione della produzione di rifiuti, l'adozione di comportamenti organizzativi appropriati, la formazione continua e la sensibilizzazione del personale. Per agevolare l'implementazione delle raccomandazioni, sono state realizzate checklist modulari utili per l'autovalutazione e la pianificazione di interventi graduali di miglioramento. Inoltre, la disponibilità di risorse educative e materiali divulgativi sul portale EFLM Green Labs costituisce uno

strumento aggiuntivo per la diffusione di competenze e buone pratiche.[15]

Tra le iniziative di maggiore rilievo promosse da EFLM figura il programma di certificazione "Green & Sustainable Laboratories", destinato ai laboratori pubblici e privati che desiderano sottoporsi a una valutazione formale basata su criteri di sostenibilità ambientale. Il programma prende in esame aspetti quali la gestione dei rifiuti, il consumo energetico, l'impiego delle risorse idriche, la gestione delle sostanze chimiche pericolose e l'implementazione di pratiche organizzative sostenibili. In tal modo, la certificazione EFLM si configura come uno strumento operativo per tradurre concretamente i principi della sostenibilità nel contesto del laboratorio clinico. Oltre alle iniziative europee avviate da EFLM, vi è l'attività internazionale di My Green Lab, un'organizzazione non profit originaria degli Stati Uniti e oggi riconosciuta come riferimento globale per la sostenibilità nei laboratori scientifici, inclusi quelli clinici e biomedici.[16] My Green Lab ha sviluppato programmi di certificazione e metodologie di valutazione che prendono in considerazione energia, materiali, rifiuti, chimica sostenibile e pratiche organizzative. Di particolare rilevanza è il programma ACT (Accountability, Consistency, Transparency) concepito per offrire informazioni trasparenti sull'impatto ambientale dei prodotti destinati ai laboratori e favorire scelte di approvvigionamento informate e responsabili.[17]

Nel complesso, le progettualità di EFLM e My Green Lab dimostrano che la sostenibilità nei laboratori richiede l'adozione di standard, metriche, sistemi di certificazione, percorsi formativi e meccanismi di governance strutturata, superando l'approccio basato su singole azioni isolate.

Ruolo di SIBioC-Medicina di Laboratorio

Nel panorama italiano, SIBioC-Medicina di Laboratorio si impegna a promuovere iniziative strutturate volte a favorire la transizione verso modelli di laboratorio clinico sostenibili, in linea con le direttive europee e internazionali. In qualità di Società Scientifica nazionale affiliata all'EFLM, SIBioC-Medicina di Laboratorio riconosce il programma EFLM Green Labs come principale riferimento europeo per lo sviluppo di iniziative nazionali sulla sostenibilità dei laboratori clinici. La documentazione disponibile sul portale EFLM, comprensiva della traduzione italiana dei materiali, costituisce una risorsa operativa fondamentale per la cui diffusione SIBioC-Medicina di Laboratorio può svolgere un ruolo significativo.

L'istituzione della Divisione Innovazione e Sostenibilità, avvenuta nel 2026, rappresenta un passaggio strategico in questa direzione. Gli obiettivi prioritari della Divisione si articolano in quattro azioni principali:

- integrare i principi di sostenibilità nei processi clinico-diagnostici;
- favorire l'adozione consapevole e sostenibile dell'innovazione tecnologica;
- assicurare un utilizzo responsabile delle risorse;
- valorizzare il contributo dei professionisti sanitari nelle politiche ambientali e organizzative.

Il ruolo di SIBioC-Medicina di Laboratorio non si limita alla sensibilizzazione culturale, pur essenziale, ma si estende alla produzione di strumenti applicativi, alla definizione di indicatori, alla promozione di programmi formativi, alla creazione di reti professionali multispecialistiche e al dialogo attivo con istituzioni, Direzioni aziendali, Regioni, centrali di committenza e aziende produttrici di diagnostici in vitro. Nel promuovere la strategia Green Lab sarà di grande valore l'introduzione dell'intelligenza artificiale come strumento per l'ottimizzazione dei processi, la riduzione degli sprechi e l'appropriatezza prescrittiva, valorizzando al contempo il legame tra sostenibilità ambientale, tutela della salute e politiche delle istituzioni sanitarie nella diffusione di modelli di laboratorio clinico sempre più sostenibili.

Survey SIBioC sulla transizione green nei laboratori clinici

SIBioC-Medicina di Laboratorio ha realizzato, nel periodo giugno-settembre 2025, una survey rivolta ai propri soci, con l'obiettivo di indagare il livello di conoscenza, sensibilità, organizzazione interna e disponibilità al coinvolgimento dei professionisti italiani della Medicina di Laboratorio rispetto alle tematiche della sostenibilità.

La survey mirava a valutare: la familiarità con le iniziative SIBioC ed EFLM in materia di sostenibilità; la conoscenza della certificazione EFLM "Green & Sustainable Laboratories"; la presenza di figure specializzate dedicate alla sostenibilità nei laboratori; l'interesse verso percorsi di certificazione; la propensione al coinvolgimento attivo nelle iniziative; la diffusione di politiche di acquisto sostenibile; l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili; la percezione del supporto delle Direzioni aziendali. Il questionario condotto su base volontaria e anonima su base nazionale ha raccolto 134 risposte, principalmente da laboratori pubblici, seguiti da strutture private e centri di ricerca. I dati salienti sono riportati nella Tabella I.

L'analisi evidenzia una conoscenza ancora limitata delle iniziative SIBioC ed EFLM riguardanti la sostenibilità: solo il 20,9% dei rispondenti afferma di essere informato, mentre oltre il 79% riporta una conoscenza nulla o su-

perficiale. In modo analogo, il progetto di certificazione EFLM "Green & Sustainable Laboratories" è conosciuto dal 16,4% degli intervistati. Un aspetto di rilievo concerne l'assenza, nella maggior parte dei laboratori, di figure dedicate alla promozione di politiche ambientali, dato che il 77,6% dei rispondenti riferisce la mancanza di un referente specifico. Si riscontra tuttavia un potenziale di sviluppo significativo: il 60,5% dei partecipanti si dichiara interessato alla certificazione EFLM e oltre il 68% manifesta disponibilità a collaborare attivamente. Dal punto di vista organizzativo, le politiche di acquisto sostenibile sono poco adottate: circa un quarto dei laboratori le applica regolarmente, mentre il 74% le utilizza raramente o mai. La presenza di fonti di energia rinnovabile risulta limitata, segnalata dal 7,5% degli intervistati, e un numero considerevole dichiara di non conoscere la situazione della propria struttura. Significativo è anche il dato relativo al supporto delle Direzioni aziendali: il 44,8% ritiene probabile un interesse o sostegno aziendale, mentre oltre il 50% non è in grado di esprimere una valutazione, sottolineando la necessità di una maggiore partecipazione dei livelli decisionali.

I risultati evidenziano un livello di conoscenza ancora limitato delle iniziative nazionali ed europee in materia di sostenibilità, accompagnato da un notevole interesse tra i professionisti. Si registra un significativo disallineamento tra la mancanza di una governance strutturata nei laboratori e la disponibilità manifestata al coinvolgimento attivo, suggerendo che la transizione verso la sostenibilità sia ostacolata non solo da fattori culturali, ma anche dall'assenza di strumenti, ruoli definiti, percorsi e riferimenti operativi. È necessario interpretare i risultati della survey tenendo in considerazione alcuni limiti metodologici: la partecipazione su base volontaria, il numero limitato di rispondenti, una possibile sovra-rappresentazione di soggetti già sensibilizzati al tema e l'assenza di una valutazione oggettiva delle performance ambientali dei laboratori. Nonostante ciò, la survey rappresenta un valido punto di partenza per guidare le iniziative di SIBioC-Medicina di Laboratorio e per delineare una roadmap nazionale condivisa.

Quadro strategico e operativo per la transizione verde

Sistemi di gestione ambientale e integrazione con i sistemi qualità esistenti

La gestione ambientale comprende l'insieme di politiche, procedure, strumenti e responsabilità attraverso cui un'organizzazione identifica, controlla e migliora le proprie prestazioni ambientali. Un Sistema di Gestione Ambientale (SGA) strutturato consente di individuare e valutare gli aspetti ambientali significativi, quali consumi energetici

TABELLA I.—*Principali risultati della survey nazionale condotta nel periodo giugno-settembre 2025 da SIBioC sulla transizione green dei laboratori clinici cui hanno risposto 134 colleghi in anonimato.*

Ambito indagato	Risultato principale	Interpretazione
Provenienza da laboratori pubblici	80,6%	Prevalenza del contesto pubblico tra i rispondenti
Provenienza da strutture private	16,4%	Rappresentanza minoritaria ma significativa del settore privato
Provenienza da ambiti di ricerca	3,0%	Limitata partecipazione da contesti prevalentemente di ricerca
Conoscenza delle iniziative SIBioC/EFLM sulla sostenibilità	20,9%	Conoscenza ancora limitata delle iniziative societarie ed europee
Conoscenza nulla o superficiale delle iniziative SIBioC/EFLM	>79%	Necessità di programmi strutturati di informazione e formazione
Conoscenza della certificazione EFLM "Green & Sustainable Laboratories"	16,4%	Scarsa diffusione della conoscenza del percorso certificativo
Assenza di figure dedicate alle politiche ambientali	77,6%	Mancanza di governance ambientale formalizzata nella maggior parte dei laboratori
Interesse verso la certificazione EFLM	60,5%	Elevato potenziale di sviluppo e adesione a percorsi strutturati
Disponibilità a coinvolgimento attivo	>68%	Buona propensione dei professionisti alla partecipazione
Adozione regolare di politiche di acquisto sostenibile	circa 25%	Green procurement ancora poco diffuso
Applicazione rara o assente di politiche di acquisto sostenibile	>74%	Necessità di strumenti e criteri condivisi per i capitolati
Presenza dichiarata di fonti di energia rinnovabile	7,5%	Limitata integrazione percepita di energia rinnovabile
Mancata conoscenza della situazione energetica della propria struttura	24,6%	Necessità di maggiore trasparenza informativa a livello aziendale
Possibile interesse o supporto delle Direzioni aziendali	44,8%	Presenza di un potenziale spazio di dialogo istituzionale
Impossibilità di valutare il supporto aziendale	>50%	Necessità di coinvolgere maggiormente i livelli decisionali

e idrici, emissioni, rifiuti, utilizzo di sostanze chimiche e impatti associati ai processi operativi. Esso consente inoltre di definire obiettivi misurabili, pianificare azioni di miglioramento, monitorare le performance e attivare interventi correttivi in caso di scostamenti. Lo standard internazionale di riferimento è la ISO 14001:2015, applicabile a qualsiasi organizzazione che intenda migliorare le proprie prestazioni ambientali attraverso un approccio sistematico e orientato al miglioramento continuo.[18] Sebbene non sia stato sviluppato specificamente per i laboratori medici, lo standard è pienamente applicabile anche in questo ambito. L'adozione di un SGA conforme alla ISO 14001 consente di integrare la dimensione ambientale nei processi decisionali e operativi, promuovendo la prevenzione dell'inquinamento, la riduzione degli impatti e l'uso responsabile delle risorse.

A livello europeo, strumenti come EMAS (Eco-Management and Audit Scheme) consolidano l'approccio alla trasparenza ambientale, richiedendo la pubblicazione di una dichiarazione ambientale validata e favorendo un dialogo chiaro con gli stakeholder. La famiglia ISO 14000 offre ulteriori strumenti per la valutazione delle prestazioni ambientali e la comunicazione, sostenendo una gestione basata su misurabilità e rendicontazione. Nei laboratori clinici italiani, i sistemi di garanzia della qualità si sviluppano su più livelli: requisiti regionali per autorizzazione e accreditamento istituzionale, certificazione volontaria secondo la norma ISO 9001 e accreditamento secondo ISO 15189. La ISO 9001:2015 propone un modello gestionale focalizzato sui processi, sull'orientamento al cliente, sulla gestione delle non conformità, sulle azioni correttive e sul miglioramento continuo.[19] La ISO 15189 costituisce lo standard specifico per i laboratori medici, integrando requisiti relativi alla qualità e alla competenza tecnica del personale.[20]

L'aumentata attenzione verso la *patient safety* e gli errori diagnostici sottolinea l'importanza di potenziare il ruolo professionale del laboratorio, includendo il controllo dell'intero processo analitico, l'appropriatezza della richiesta, l'interpretazione dei risultati e l'integrazione nei percorsi diagnostico-terapeutici. In questo contesto, la sostenibilità rappresenta una naturale estensione della qualità: un laboratorio sostenibile adotta un utilizzo responsabile delle risorse, riduce gli sprechi, ottimizza i processi e garantisce standard elevati di sicurezza e affidabilità.

L'integrazione della ISO 14001 nei sistemi qualità già basati su ISO 9001 e ISO 15189 non deve essere interpretata come una sovrapposizione burocratica, ma come un'evoluzione organizzativa. Molti elementi sono comuni: analisi del contesto, leadership, gestione del rischio, pianificazione, competenze, documentazione, audit interni, gestione delle non conformità e miglioramento continuo. Gli aspetti ambientali possono quindi essere incorporati nei processi già governati dal sistema qualità, includendo approvvigionamento, gestione dei reagenti, utilizzo dei materiali di consumo, controllo dei rifiuti, consumi energetici e idrici, manutenzione delle apparecchiature, conservazione e trasporto dei campioni.

La certificazione EFLM Green Labs

Le indicazioni operative promosse dal programma EFLM Green Labs trovano una naturale collocazione all'interno dei sistemi qualità già esistenti. Le norme ISO 9001 e ISO 15189 possono essere interpretate come framework organizzativi e gestionali in grado di accogliere e sistematizzare le raccomandazioni EFLM, traducendole in processi formalizzati, monitorabili e sottoposti a riesame. La certificazione EFLM "Green & Sustainable Laboratories" rappresenta, in questo senso, un complemento applicativo specifico per i laboratori clinici, capace di tradurre i principi generali della sostenibilità in azioni concrete e misurabili. La EFLM Task Force Green & Sustainable Laboratories e il programma "Green Labs" si propongono di fornire linee guida operative e criteri di riferimento per promuovere la sostenibilità ambientale nei laboratori medici. Istituita per supportare la medicina di laboratorio verso un sistema sanitario sostenibile, la Task Force garantisce l'efficienza delle risorse sotto il profilo ecologico, sociale ed economico, mantenendo elevati standard di qualità per pazienti e clinici. La certificazione "Green & Sustainable Laboratory" rappresenta uno strumento riconosciuto per attestare l'adozione di pratiche sostenibili nei laboratori, includendo raccomandazioni su gestione dei prodotti chimici, efficienza energetica, consumo idrico, gestione dei rifiuti e riduzione delle emissioni, con particolare attenzione all'identificazione di interventi misurabili.

Numerosi laboratori europei, ad ora, hanno già ottenuto e rinnovato con successo la certificazione EFLM Green Labs, dimostrando che innovazione e misure concrete sono efficaci nella riduzione delle emissioni di CO_2 e nella promozione di una gestione responsabile. Le indicazioni operative del programma EFLM Green Labs si integrano naturalmente nei sistemi di qualità esistenti, favorendo la trasformazione di raccomandazioni e best practice in requisiti monitorabili e soggetti a miglioramento continuo. In questo contesto, le norme ISO 9001 e ISO 15189 costituiscono un framework organizzativo idoneo a sistematizzare e formalizzare le indicazioni della certificazione

EFLM Green Labs all'interno dei processi di gestione, consentendo la loro integrazione come requisiti operativi coerenti con la governance della qualità.

Inoltre, l'approccio EFLM valorizza la formazione continua e la sensibilizzazione dei professionisti di laboratorio, promuovendo indicatori di performance ambientale e l'integrazione della sostenibilità nella cultura professionale. In sintesi, le iniziative EFLM nel campo della sostenibilità ambientale, in particolare la certificazione "Green & Sustainable Laboratory", costituiscono un complemento fondamentale ai sistemi di gestione basati sulle norme ISO, offrendo criteri applicativi specifici che traducono i principi generali di sostenibilità in azioni misurabili e coerenti con la qualità diagnostica. Gli aspetti ambientali possono essere incorporati nei processi governati dal sistema qualità, tra cui approvvigionamento, gestione dei reagenti, materiali di consumo, controllo dei rifiuti, consumi energetici e idrici, manutenzione delle apparecchiature e trasporto dei campioni. Competenze proprie della Medicina di Laboratorio, quali appropriatezza prescrittiva, reflex testing, riduzione dei prelievi non necessari, ottimizzazione delle sedute analitiche, gestione razionale delle scorte e contenimento dei reagenti scaduti, contribuiscono direttamente al raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità.

Indicatori e KPI per la transizione green

La determinazione di indicatori di performance rappresenta un presupposto essenziale per convertire i principi della sostenibilità in attività concretamente misurabili e verificabili. La letteratura contemporanea sottolinea il valore degli strumenti oggettivi nell'analisi dell'impatto ambientale delle operazioni di laboratorio, nell'individuazione di opportunità di miglioramento, nel sostegno alle scelte organizzative e nel favorire il benchmarking tra diverse strutture.[21-25]

L'identificazione dei KPI risulta strettamente connessa ai percorsi di certificazione green, conformemente alle disposizioni EFLM, e all'organizzazione dei sistemi di qualità. Da una prospettiva metodologica, gli indicatori di sostenibilità devono essere integrati nel ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) e nei processi di revisione del sistema di gestione. Tali indicatori devono presentare caratteristiche di rilevanza, misurabilità, riproducibilità, comparabilità ed essere, ove possibile, normalizzati rispetto al volume delle attività svolte.

Espressi per test effettuato, campione analizzato, linea o seduta analitica, tali indicatori permettono il confronto tra laboratori di diversa scala e complessità. Attualmente, non esistono target universalmente riconosciuti applicabili a tutti i contesti del laboratorio. Si suggerisce pertanto un approccio graduale: valutazione dello stato iniziale, identificazione delle aree prioritarie, definizione di obiettivi locali realistici, monitoraggio dei progressi e successivo sviluppo del benchmarking a livello regionale o nazionale.

La Tabella II illustra un esempio di set di indicatori e KPI utilizzabili nei laboratori clinici, da adattare alle specifiche esigenze organizzative, tecnologiche e dimensionali di ciascun laboratorio. L'adozione di un set minimo di indicatori condivisi può costituire una delle prime iniziative operative di SIBioC-Medicina di Laboratorio. Nella fase iniziale, l'obiettivo prioritario non dovrebbe essere la definizione di parametri rigidi e uniformi, bensì la promozione della misurazione, della consapevolezza e del miglioramento continuo. In seguito, la raccolta multicentrica dei dati potrebbe consentire lo sviluppo di benchmark nazionali e la definizione di standard di riferimento più solidi.

Green procurement e approvvigionamento sostenibile

Il processo di procurement assume un ruolo cruciale nella promozione della sostenibilità, permettendo di agire preventivamente sul ciclo di vita di tecnologie, reagenti, materiali e servizi. Seguendo le direttive EFLM, l'integrazione dei criteri ambientali nelle procedure di acquisto orienta il mercato verso soluzioni a ridotto impatto ambientale, facilitando scelte in linea con gli obiettivi di decarbonizzazione. Attualmente, la normativa europea non contempla una certificazione energetica specifica per le strumentazioni mediche analoga a quella prevista per gli elettrodomestici. Tuttavia, requisiti inerenti a sicurezza, prestazioni, ciclo di vita, smaltimento ed efficienza sono progressivamente incorporati nelle disposizioni relative ai dispositivi medici e all'ecoprogettazione. Il Regolamento (UE) 2017/745 sui dispositivi medici si concentra principalmente su aspetti di sicurezza e prestazioni, includendo comunque elementi pertinenti alla gestione del ciclo di vita e dello smaltimento.[26] Lo standard EN 60601 disciplina la sicurezza elettrica delle apparecchiature elettromedicali. Più recentemente, il Regolamento (UE) 2024/1781 sull'ecodesign ha introdotto criteri di sostenibilità dei prodotti, tra cui il Passaporto Digitale del Prodotto, di potenziale applicazione anche alle tecnologie impiegate nei laboratori.[27]

Un aspetto critico attuale è la limitata disponibilità di dati oggettivi e confrontabili relativi ai consumi energetici effettivi delle apparecchiature. Durante la fase di acquisto, la valutazione tecnologica privilegia parametri quali produttività, affidabilità, costo unitario e integrazione organizzativa, mentre risultano meno considerati fattori come

TABELLA II.—*Proposta di indicatori e KPI per il monitoraggio della sostenibilità nei laboratori clinici in ragione della strategia di transizione green dei laboratori.*

Area	Indicatore	Unità di misura	Fonte del dato	Frequenza suggerita	KPI operativo / obiettivo di miglioramento
Energia	Consumo energetico totale	kWh/anno	Bollette, contatori, facility management	Annuale/ trimestrale	Riduzione progressiva dei consumi complessivi
Energia	Consumo energetico per test	kWh/test	Dati energetici + LIS	Trimestrale	Riduzione annuale del consumo per test
Energia	Quota di energia da fonti rinnovabili	%	Direzione tecnica/ fornitore energia	Annuale	Incremento progressivo della quota rinnovabile
Impronta carbonica	Carbon footprint per linea analitica	kg CO_2eq/test o per linea	Dati strumentali, consumi, volumi attività	Annuale	Identificazione delle linee a maggiore impatto
Rifiuti	Produzione totale di rifiuti sanitari	kg/anno	Registro rifiuti, servizio ambientale	Annuale/ trimestrale	Riduzione progressiva dei rifiuti prodotti
Rifiuti	Rifiuti per test	g/test	Registro rifiuti + LIS	Trimestrale	Riduzione dei rifiuti normalizzati per attività
Rifiuti	Percentuale rifiuti pericolosi/ non pericolosi	%	Registro rifiuti	Trimestrale	Miglioramento della segregazione
Materiali	Consumo di plastica monouso	pezzi/test o kg/test	Magazzino, acquisti	Semestrale	Riduzione della plastica monouso ove possibile
Reagenti	Volume o quantità di reagenti per test	mL/test o unità/test	Magazzino, sistemi analitici	Trimestrale	Ottimizzazione dell'utilizzo dei reagenti
Reagenti	Reagenti scaduti o inutilizzati	% o valore economico	Magazzino, contabilità analitica	Semestrale	Riduzione dei reagenti eliminati
Reagenti	Scorte critiche o sovradimensionate	numero/eventi	Magazzino	Semestrale	Migliore programmazione degli approvvigionamenti
Acqua	Consumo idrico totale	m^3/anno	Bollette, contatori	Annuale/ trimestrale	Riduzione progressiva del consumo idrico
Acqua	Consumo idrico per test	L/test	Consumi idrici + LIS	Trimestrale	Riduzione del consumo normalizzato
Acqua	Presenza di sistemi di ricircolo/recupero	sì/no; % implementazione	Direzione tecnica	Annuale	Introduzione progressiva di sistemi di recupero
Procurement	Fornitori con certificazioni ambientali	%	Ufficio acquisti, documentazione fornitori	Annuale	Aumento della quota di fornitori certificati
Procurement	Gare con criteri ambientali inseriti	%	Capitolati, ufficio acquisti	Annuale	Inserimento sistematico di criteri green
Procurement	Prodotti con packaging sostenibile	%	Schede prodotto, fornitori	Annuale	Riduzione degli imballaggi non riciclabili
Procurement	Strumentazioni con dati energetici disponibili	%	Schede tecniche, produttori	Annuale	Richiesta sistematica di dati kWh/test
Digitalizzazione	Referti digitali	%	LIS, sistemi informativi	Annuale	Progressiva eliminazione del cartaceo evitabile
Digitalizzazione	Consumo di carta	risme/anno o fogli/ test	Magazzino	Annuale	Riduzione annuale dell'utilizzo di carta
Rifiuti	Quota di rifiuti riciclati	%	Servizio ambientale	Annuale	Incremento della quota riciclabile/riciclata
Processo	Test duplicati evitabili	numero o %	LIS, audit prescrittivi	Trimestrale	Riduzione delle duplicazioni inappropriate
Appropriatezza	Test bloccati o segnalati da regole prescrittive	numero o %	CPOE, LIS	Trimestrale	Monitoraggio dell'efficacia delle regole di appropriatezza
Governance	Presenza di referente Green Lab	sì/no	Organigramma	Annuale	Nomina del referente o gruppo green
Governance	Audit ambientali interni	numero/anno	Sistema qualità	Annuale	Inserimento della sostenibilità negli audit
Formazione	Personale formato sulla sostenibilità	%	Ufficio formazione	Annuale	Incremento progressivo del personale formato
Cultura organizzativa	Proposte di miglioramento green	numero/anno	Sistema qualità, segnalazioni interne	Annuale	Aumento delle proposte valutate e implementate
Riesame direzione	Obiettivi ambientali discussi nel riesame	sì/no; numero obiettivi	Sistema qualità	Annuale	Integrazione stabile nel riesame della direzione

CPOE: Computerized Physician Order Entry; LIS: Laboratory Information System.

consumo energetico, impatto dei materiali, packaging, manutenzione, durabilità, possibilità di aggiornamento, smaltimento e programmi di ritiro. In futuro, sarebbe opportuno esprimere la produttività non esclusivamente come campioni/ora, ma anche come campioni/kWh, integrando il costo energetico e ambientale tra i criteri decisionali. Il green procurement dovrebbe incorporare: certificazioni ambientali dei fornitori (es. ISO 14001), riduzione degli imballaggi, uso di materiali riciclabili, disponibilità di dati energetici, programmi di manutenzione e aggiornamento, prolungamento del ciclo di vita delle apparecchiature, processi di ritiro e smaltimento sostenibile, valutazione LCA (*life cycle assessment*) di prodotti e tecnologie. La letteratura internazionale conferma che le scelte di procurement incidono significativamente sull'impatto ambientale dei sistemi sanitari e che una corretta valutazione del ciclo di vita rappresenta uno strumento essenziale per favorire decisioni più responsabili e sostenibili.[28-32]

Nel contesto italiano, definito da procedure di acquisto frequentemente centralizzate su scala aziendale, interaziendale o regionale, il ruolo dei professionisti di Medicina di Laboratorio è fondamentale per la determinazione dei requisiti tecnici e qualitativi dei capitolati. L'integrazione dei criteri di sostenibilità deve avvenire senza pregiudicare aspetti quali sicurezza, qualità analitica, continuità del servizio, tracciabilità e appropriatezza clinica. Di conseguenza, una collaborazione efficace tra laboratoristi, uffici acquisti, ingegnerie cliniche, Direzioni sanitarie, centrali di committenza e industria IVD è imprescindibile per garantire l'effettiva realizzazione del green procurement. Anche interventi infrastrutturali considerati semplici, come l'introduzione di sistemi di illuminazione LED ad alta efficienza, possono contribuire compiutamente alla riduzione dei consumi energetici. Tuttavia, tali misure devono essere valutate anche in riferimento al benessere degli operatori, tenendo conto di parametri quali intensità luminosa, temperatura di colore, comfort visivo e potenziale impatto sull'attività in ambienti complessi.

Appropriatezza diagnostica come leva di sostenibilità

L'appropriatezza prescrittiva costituisce un elemento essenziale per la sostenibilità nel contesto della Medicina di Laboratorio, ove il concetto di efficacia clinica e appropriatezza sono considerati il "sacro Graal" della Medicina di Laboratorio. La riduzione degli esami non necessari, delle duplicazioni e dei percorsi diagnostici inefficienti favorisce sicuramente un miglioramento simultaneo della qualità clinica, della sicurezza del paziente, dell'efficienza gestionale, della sostenibilità economica e della tutela ambientale.

Le possibili strategie comprendono l'adozione di intervalli minimi per la ripetizione dei test, sistemi di alert o blocco per richieste duplicate, revisione dei profili diagnostici, applicazione di algoritmi di reflex e reflective testing, audit prescrittivi, consulenza del professionista in Medicina di Laboratorio, collaborazione con i clinici e integrazione nei sistemi informatici di richiesta esami. La finalità non è una riduzione indiscriminata del numero di test bensì l'assicurare che l'esame sia appropriato dal punto di vista clinico, tempestivo e rilevante per il percorso assistenziale del paziente.

Il conseguimento della sostenibilità del laboratorio implica anche una puntuale governance della domanda diagnostica. In tale contesto, le competenze professionali del laboratorista assumono un ruolo centrale, in quanto consentono di integrare conoscenze analitiche, interpretazione clinica, valutazione dei processi e gestione responsabile delle risorse.

Raccomandazioni operative SIBioC-Medicina di Laboratorio

Sulla base delle evidenze disponibili, delle iniziative europee e dei risultati emersi dalla survey SIBioC, è possibile individuare alcune priorità operative per promuovere, nel contesto italiano, la transizione dei laboratori clinici verso modelli organizzativi più sostenibili. In tale prospettiva, la roadmap riportata nella Tabella III propone un percorso progressivo articolato in obiettivi, azioni e tempi di attuazione. L'istituzione, nel 2026, della Divisione Innovazione e Sostenibilità di SIBioC-Medicina di Laboratorio rappresenta un passaggio strategico per coordinare e valorizzare tali iniziative. La Divisione potrà svolgere un ruolo di indirizzo scientifico, formativo e operativo, favorendo l'integrazione della sostenibilità nei processi diagnostici, nei sistemi qualità, nelle politiche di appropriatezza e nelle strategie di procurement.

Le priorità operative possono essere sintetizzate nelle seguenti raccomandazioni.

Raccomandazione 1. Sviluppare programmi formativi nazionali sulla sostenibilità in Medicina di Laboratorio

È prioritario inserire la sostenibilità nei programmi di formazione e aggiornamento professionale rivolti a dirigenti di laboratorio, tecnici sanitari di laboratorio biomedico, responsabili qualità e professionisti coinvolti nei processi diagnostici. La formazione dovrebbe superare un approc-

TABELLA III.—*Roadmap SIBioC-Medicina di Laboratorio per la transizione verso laboratori clinici sostenibili, in coerenza con le indicazioni EFLM nei modelli di Green & Sustainable Laboratory*

Orizzonte temporale	Obiettivi principali	Azioni prioritarie	Risultati attesi
Breve termine 1-2 anni	Sensibilizzare la comunità professionale e definire le basi operative per l'avvio dei percorsi di sostenibilità nei laboratori clinici	Avvio di programmi formativi nazionali; diffusione delle iniziative Green Labs promosse da EFLM; identificazione di referenti regionali e locali; costituzione della rete SIBioC Green Labs; definizione di un set minimo di KPI; avvio di progetti pilota e attività di autovalutazione.	Maggiore consapevolezza professionale; disponibilità di strumenti iniziali condivisi; implementazione delle prime esperienze pilota; identificazione dei laboratori interessati a percorsi strutturati di sostenibilità.
Medio termine 3–5 anni	Integrare stabilmente la sostenibilità nei sistemi di gestione, nei processi qualità e nelle politiche organizzative dei laboratori.	Implementazione dei KPI nei sistemi qualità; introduzione di audit ambientali e piani di miglioramento; integrazione di criteri green nei capitolati di gara; promozione dell'appropriatezza diagnostica come leva di sostenibilità; supporto e promozione ai laboratori nei percorsi di certificazione Green Labs EFLM; sviluppo di attività di benchmarking.	Sostenibilità integrata nei sistemi qualità; dati confrontabili tra laboratori; maggiore diffusione di pratiche green; prime certificazioni o riconoscimenti secondo modelli europei; maggiore coinvolgimento delle direzioni aziendali e dell'industria IVD.
Lungo termine >5 anni	Consolidare e standardizzare a livello nazionale la transizione dei laboratori clinici verso modelli sostenibili, misurabili e coerenti con gli standard europei.	Diffusione nazionale dei modelli Green & Sustainable Laboratory; integrazione progressiva delle politiche di sostenibilità nei processi di accreditamento e valutazione; definizione di standard nazionali; consolidamento della rete SIBioC Green Labs; aggiornamento periodico dei KPI; disseminazione sistematica di esperienze, casi studio e buone pratiche.	Adozione diffusa di modelli sostenibili di laboratorio clinico; armonizzazione nazionale delle pratiche green; consolidamento di standard condivisi; miglioramento documentato dell'impatto ambientale, dell'efficienza organizzativa e dell'appropriatezza diagnostica.

KPIs: Key Performance Indicators.

cio esclusivamente teorico al tema ambientale e promuovere una cultura integrata, nella quale sostenibilità, qualità, appropriatezza, sicurezza, innovazione e valore clinico siano considerati componenti complementari della buona pratica di laboratorio.

Raccomandazione 2. Creare una rete nazionale SIBioC Green Labs

SIBioC-Medicina di Laboratorio deve promuovere la costituzione di una rete nazionale di laboratori impegnati in percorsi di sostenibilità, coinvolgendo anche i delegati regionali e le realtà già attive in iniziative locali. La rete SIBioC Green Labs deve favorire lo scambio di esperienze, la raccolta di dati, il benchmarking, la condivisione di strumenti operativi e il supporto ai laboratori interessati ad avviare percorsi di autovalutazione o certificazione secondo modelli europei, inclusi quelli promossi da EFLM.

Raccomandazione 3. Integrare la sostenibilità nei sistemi qualità

I laboratori certificati secondo ISO 9001 o accreditati secondo ISO 15189 dispongono già di un'infrastruttura gestionale idonea a integrare requisiti ambientali, indicatori di performance, audit interni, analisi dei rischi e piani di miglioramento. L'integrazione della sostenibilità nei sistemi qualità consente di evitare iniziative frammentarie o episodiche, trasformando le azioni green in processi strutturati, documentati, verificabili e monitorabili nel tempo.

Raccomandazione 4. Definire un set essenziale di KPI nazionali per i progetti Green Lab

La disponibilità di indicatori semplici, progressivi e confrontabili rappresenta uno strumento fondamentale per valutare la situazione iniziale dei laboratori, identificare le aree critiche e monitorare l'efficacia degli interventi realizzati. SIBioC-Medicina di Laboratorio potrebbe promuovere un set minimo nazionale di KPI, utilizzabile inizialmente per attività di autovalutazione e successivamente per programmi di benchmarking tra laboratori. Tali indicatori dovrebbero riguardare, ad esempio, consumi energetici, utilizzo di acqua, produzione di rifiuti, razionalizzazione dei materiali di consumo, appropriatezza prescrittiva e impatto dei processi preanalitici, analitici e postanalitici.

Raccomandazione 5. Inserire criteri di sostenibilità nei capitolati di gara

La sostenibilità del laboratorio non può dipendere esclusivamente dall'impegno dei singoli operatori, ma richiede scelte organizzative, investimenti, disponibilità di dati sui consumi, capitolati aggiornati e collaborazione con l'industria della diagnostica in vitro. È pertanto essenziale coinvolgere Direzioni aziendali, istituzioni sanitarie regionali

e nazionali, centrali di committenza e aziende produttrici di dispositivi diagnostici in vitro, affinché nei processi di acquisizione di tecnologie, reagenti, materiali e servizi siano progressivamente introdotti criteri di sostenibilità ambientale, efficienza energetica, riduzione dei rifiuti e ottimizzazione logistica.

Raccomandazione 6. Valorizzare l'appropriatezza diagnostica come strumento di sostenibilità

La riduzione degli esami non necessari, delle duplicazioni, delle ripetizioni inappropriate e dei percorsi diagnostici inefficienti rappresenta una leva strategica di sostenibilità. L'appropriatezza prescrittiva consente infatti di migliorare simultaneamente la qualità clinica, la sicurezza del paziente, l'efficienza economica e la sostenibilità ambientale. Per questo motivo dovrebbe essere considerata parte integrante della politica green del laboratorio clinico e non un ambito separato dalle iniziative ambientali.

Raccomandazione 7. Promuovere la produzione e la condivisione di esperienze operative

La raccolta sistematica di esperienze già avviate, casi studio, audit ambientali, progetti di riduzione dei consumi, iniziative di procurement sostenibile e percorsi di certificazione può favorire la diffusione di buone pratiche su base regionale e nazionale. SIBioC-Medicina di Laboratorio può assumere un ruolo di coordinamento nella raccolta, valutazione, validazione e disseminazione di tali esperienze, contribuendo alla costruzione di un patrimonio condiviso di strumenti e modelli applicabili nei diversi contesti organizzativi del laboratorio clinico.

Raccomandazione 8. Favorire l'accessibilità a materiali formativi di comprovata qualità e autorevolezza scientifica utili allo sviluppo di Laboratori Green

Promuovere sul sito di Sibioc-Medicina di Laboratorio nell'area della Divisione Innovazione e Sostenibilità di SIBioC la diffusione di indirizzi, strumenti operativi e buone pratiche a supporto dello sviluppo di politiche di Green Lab, valorizzando risorse tecnico-scientifiche e materiali formativi di comprovata qualità e autorevolezza scientifica disponibili e consultabili a livello internazionale.

Conclusioni

La sostenibilità costituisce una delle principali sfide strategiche per la Medicina di Laboratorio contemporanea. Il laboratorio clinico deve garantire risultati affidabili, tempestivi e clinicamente rilevanti, contribuendo al contempo alla riduzione dell'impatto ambientale del sistema sanitario. Tale trasformazione deve essere interpretata non come una limitazione della qualità, bensì come un processo evolutivo che valorizza competenze professionali, appropriatezza diagnostica e responsabilità organizzativa.

L'integrazione dei principi di sostenibilità nei sistemi di gestione consolidati, basati sugli standard ISO 9001 e ISO 15189, unitamente all'adozione di strumenti specifici come ISO 14001 e la certificazione EFLM Green & Sustainable Laboratories, rappresenta un'opportunità concreta per la costruzione di modelli organizzativi orientati a una maggiore sostenibilità ambientale. Qualità analitica, professionalità, appropriatezza diagnostica e tutela ambientale devono essere considerati fattori sinergici nella generazione di valore per il paziente, il sistema sanitario e la collettività.

SIBioC-Medicina di Laboratorio si propone di svolgere un ruolo di rilievo nel guidare questo percorso in Italia, promuovendo attività di formazione, standardizzazione, sviluppo di indicatori condivisi, reti professionali, dialogo con il settore industriale e supporto ai laboratori impegnati in percorsi di miglioramento o certificazione. La Medicina di Laboratorio italiana è chiamata ad assumere una posizione centrale nella transizione ecologica del sistema sanitario, rafforzando al contempo il proprio valore scientifico, professionale e sociale.

References

1. World Commission on Environment and Development. Our Common Future. Oxford: Oxford University Press; 1987 [Internet]. Available from: https://www.brundtland.co.za/wp-content/uploads/2022/08/Brundtland-Report-1987-Our-Common-Future.pdf [cited 2026, Sep 14].

2. United Nations. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. New York: United Nations; 2015 [Internet]. Available from: https://sdgs.un.org/2030agenda [cited 2026, Sep 14].

3. European Commission. The European Green Deal. Brussels: European Commission; 2019 [Internet]. Available from: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it [cited 2026, Sep 14].

4. United Nations. The Sustainable Development Goals Report 2025. New York: United Nations; 2025 [Internet]. Available from: https://unstats.un.org/sdgs/report/2025/ [cited 2026, Sep 14].

5. Sörme P, Weitze S. Improving the environmental impact paradox of clinical medical laboratories. Clin Biochem 2026;141:111063.

6. Health Care Without Harm. ARUP. Health care's climate footprint: how the health sector contributes to the global climate crisis and opportunities for action, 2019 [Internet]. Available from: https://global.noharm.org/sites/default/files/documents-files/5961/HealthCaresClimateFootprint_092319.pdf [cited 2026, Sep 14].

7. Singh H, Weisz U, Andrew T, Blom IM, Kittipongvises S, Nansai K, *et al.* The Lancet Commission on Sustainable Health Care measurement framework for advancing sustainable health care transformation. Lancet Planet Health 2026;10:101398.

8. Glover RT, Connelly J, Gammie A, Kilcoyne J, Ozben T, Santos A, *et al.* Sustainability in laboratory medicine. Clin Chem 2023;69:1212–9.

9. Keil M, Frehse L, Hagemeister M, Knieß M, Lange O, Kronenberg T, *et al.* Carbon footprint of healthcare systems: a systematic review of evidence and methods. BMJ Open 2024;14:e078464.

10. McAlister S, Grant T, McGain F. An LCA of hospital pathology testing. Int J Life Cycle Assess 2021;26:1753–63.

11. Galozzi P, Sciacovelli L, Basso D. A call-to-action for energy conservation and sustainability in the clinical laboratory: experiences from the University of Padova. Clin Biochem 2024;125:110727.

12. Scott S. Embedding education into clinical laboratory professional training to foster sustainable development and greener practice. Clin Chem Lab Med 2022;61:638–41.

13. Badrick T, Aykal G, Mannisto T, Anetor J; IFCC Task Force on the Environmental Impact of Laboratory Medicine. Practical sustainable laboratory medicine. Clin Chim Acta 2025;577:120452.

14. European Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. EFLM guidelines for green and sustainable medical laboratories. Milan: EFLM; 2022 [Internet]. Available from: https://www.eflm.eu/upload/docs/EFLM-GREEN-LAB-BOOKLET.pdf [cited 2026, Sep 14].

15. European Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. Green Labs educational resources; 2026 [Internet]. Available from: https://greenlabs.eflm.eu/educational-resources [cited 2026, Sep 14].

16. My Green Lab. 2026 [Internet]. Available from: https://mygreenlab.org/ [cited 2026, Sep 14].

17. Shell BR, Bruns N. Lab sustainability programs LEAF and My Green Lab®: impact, user experience & suitability. RSC Sustain 2024;2:3383–96.

18. UNI EN ISO 14001:2015. Environmental management systems—Requirements with guidance for use. Milan: UNI; 2015.

19. UNI EN ISO 9001:2015. Quality management systems—Requirements. Milan: UNI; 2015.

20. UNI EN ISO 15189:2024. Medical laboratories—Requirements for quality and competence. Milan: UNI; 2024.

21. Mattman A, Simons J. Laboratory medicine and sustainability: towards a green lab. Clin Biochem 2026;142:111072.

22. Ahmed S, Fatimi AS, Siddiqui I, Abbas G, Iqbal S, Shafi M, *et al.* Sustainability practices and green lab initiatives in clinical laboratories in Pakistan: a national e-survey-based analysis. EJIFCC 2026;37:84–96.

23. Shorten RJ, Sanders A, Farley M, Josse S, Shafiq S, Harris C, *et al.* Environmental sustainability of clinical laboratories: A scoping review. Ann Clin Biochem 2026;63:208–27.

24. Plebani M. Clinical laboratories: production industry or medical services? Clin Chem Lab Med 2015;53:995–1004.

25. Valdenassi L, Bjørklund G, Tirelli U, Chirumbolo S. The environmental impact of inappropriate clinical laboratory testing: what's new? J Appl Lab Med 2025;10:1072–4.

26. European Parliament and Council of the European Union. Regulation (EU) 2017/745 of 5 April 2017 on medical devices; 2017 [Internet]. Available from: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2017/745/oj/eng [cited 2026, Sep 15].

27. International Electrotechnical Commission. IEC 60601. Medical electrical equipment – General requirements for basic safety and essential performance; 2026 [Internet]. Available from: https://webstore.iec.ch/en/publication/2603 [cited 2026, Sep 15].

28. European Parliament and Council of the European Union. Regulation (EU) 2024/1781 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for sustainable products; 2024 [Internet]. Available from: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1781/oj/eng [cited 2026, Sep 15].

29. Sherman JD, Thiel C, MacNeill A, Eckelman MJ, Dubrow R, Hopf H, *et al.* The green print: advancement of environmental sustainability in healthcare. Resour Conserv Recycling 2020;161:104882.

30. Eckelman MJ, Huang K, Lagasse R, Senay E, Dubrow R, Sherman JD. Health care pollution and public health damage in the United States: an update. Health Aff (Millwood) 2020;39:2071–9.

31. Ozben T, Fragão-Marques M. Chemical strategies for sustainable medical laboratories. Clin Chem Lab Med 2022;61:642–50.

32. Rapp-Wright H, Pollard C. A three-pillar approach to laboratory sustainability in environmental analysis. ACS Sustainable Resource Management. ACS Publications; 2025.