

Deliverable D3.1

Moduli di formazione per studenti di Istruzione Superiore e Istruzione Formazione Professionale

1

**7 Programmi per moduli di formazione
HE**

**7 Programmi per i moduli di formazione
IFP**

Dettagli

Deliverable No	D3.1
Tipo di deli	R-DEC
Livello di diffusione	PU - Pubblico
Work Package No	3
Titolo del Work Package	Sviluppo per la formazione del SymbioTech Manager
Task n.	T3.1 & T3.2
Titolo del task	Sviluppo dei 7 moduli di formazione a livello HEI EQF6. Sviluppo dei 7 moduli di formazione a livello IFP EQF5
Autori	UPAT, Tutti i Partner
Stato (F: finale; D: draft; RD: bozza rivista) F	F
Nome file	D3.1. Moduli di formazione per studenti di HEI e IFP
Data prevista	M15 (gennaio 2026)
Data di consegna	31/01/2026

Finanziato dall'Unione europea. Le opinioni espresse appartengono, tuttavia, al solo o ai soli autori e non riflettono necessariamente le opinioni dell'Unione europea o dell'Agenzia esecutiva europea per l'istruzione e la cultura (EACEA). Né l'Unione europea né l'EACEA possono esserne ritenute responsabili.

2

Indice

Indice	Pagina
Introduzione	4
PARTE A: 7 Programmi per moduli di formazione HE	5
1. Syllabus del programma formativo – HEI (EQF6). Titolo del modulo: Il quadro della Simbiosi Industriale (IS)	6
2. Syllabus del programma formativo – HEI (EQF6). Titolo del modulo: Principi di valutazione del ciclo di vita per la valutazione dei benefici ambientali e degli svantaggi della condivisione delle risorse	16
3. Syllabus del programma formativo – HEI (EQF6). Titolo del modulo: Relazioni interorganizzative	25
4. Syllabus del programma formativo – HEI (EQF6). Titolo del modulo: IA e apprendimento automatico per prevedere i flussi di materiali e ottimizzare la catena di approvvigionamento/i processi	36
5. Syllabus del programma formativo – HEI (EQF6). Titolo del modulo: Tecnologie blockchain, per creare sistemi di tracciamento e certificazione trasparenti e sicuri per i flussi di materiali ed energia	47
6. Syllabus del programma formativo – HEI (EQF6). Titolo del modulo: Tecnologie e modelli simbiotici di efficienza energetica/gestione	55
7. Syllabus del programma formativo – HEI (EQF6). Titolo del modulo: Sistemi di Gestione Ambientale (EMS)	65
PARTE B: 7 Programmi per i moduli di formazione IFP	72
1. Syllabus del programma formativo – IFP (EQF5). Titolo del modulo: Il quadro della Simbiosi Industriale (IS)	73
2. Syllabus del programma formativo – IFP (EQF5). Titolo del modulo: Principi di valutazione del ciclo di vita per la valutazione dei benefici ambientali e degli svantaggi della condivisione delle risorse	82
3. Syllabus del programma formativo – IFP (EQF5). Titolo del modulo: Relazioni interorganizzative	90
4. Syllabus del programma formativo – IFP (EQF5). Titolo del modulo: IA e apprendimento automatico per prevedere i flussi di materiali e ottimizzare la catena di approvvigionamento/i processi	98
5. Syllabus del programma formativo – IFP (EQF5). Titolo del modulo: Tecnologie blockchain, per creare sistemi di tracciamento e certificazione trasparenti e sicuri per i flussi di materiali ed energia	105
6. Syllabus del programma formativo – IFP (EQF5). Titolo del modulo: Tecnologie e modelli simbiotici di efficienza energetica/gestione	114
7. Syllabus del programma formativo – IFP (EQF5). Titolo del modulo: Sistemi di Gestione Ambientale (EMS)	121

Introduzione

Questo deliverable è integrato nella strategia educativa complessiva del progetto SymbioTech e rappresenta il passo successivo dopo l'identificazione delle esigenze formative e la definizione del quadro di implementazione della formazione. Si basa direttamente sui risultati e raccomandazioni del **SME SymbioTech Training Needs Mapping Report** e della **Struttura (D2.2) del Learning Pathway** e del **SymbioTech Training Implementation Requirement Plan (D2.3)**, che hanno definito il quadro di competenze, i risultati di apprendimento e le condizioni di implementazione necessarie per la preparazione dei SymbioTech Manager nel campo della Digital Industrial Symbiosis (DIS).

In questo contesto, il presente deliverable si concentra sullo sviluppo strutturato dei contenuti dei moduli di formazione SymbioTech. Il suo obiettivo principale è tradurre le direzioni strategiche, gli obiettivi di apprendimento e i requisiti di competenza identificati nei deliverable precedenti in moduli di apprendimento concreti, coerenti e pedagogicamente validi. Lo sviluppo dei moduli segue un approccio educativo orientato all'apprendente e guidato dalla pratica, ponendo enfasi sull'impegno attivo dello studente, sull'integrazione della teoria con l'applicazione nel mondo reale e sullo sviluppo di competenze trasferibili e rilevanti per il lavoro.

I moduli sono progettati per supportare percorsi di apprendimento flessibili e modulari sia per le Istituzioni di Istruzione Superiore (HEI) sia per i livelli di Formazione e Formazione Professionale (IFP). Ogni modulo combina le basi teoriche con attività di apprendimento applicato, inclusi case study, strumenti digitali, simulazioni ed esercizi interattivi, favorendo così il pensiero critico, le capacità di problem solving e la collaborazione intersettoriale. Questi elementi rispondono direttamente alle lacune di competenza e alle priorità formative identificate attraverso l'analisi dei bisogni formativi SymbioTech.

In linea con i principi delineati in D2.3, il processo di sviluppo dei moduli è allineato ai meccanismi di assicurazione della qualità, agli approcci micro-credenziali e ai principi dell'apprendimento permanente. I contenuti della formazione sono progettati per essere adatti a formati di erogazione digitali, misti e ibridi, consentendo accessibilità, scalabilità e adattabilità in diversi contesti nazionali e istituzionali. Si presta particolare attenzione a garantire la coerenza tra obiettivi di apprendimento, risultati di apprendimento, attività di apprendimento e metodi di valutazione in tutti i moduli.

Nel complesso, questo risultato funge da ponte tra la progettazione strategica del programma di formazione SymbioTech e la sua attuazione pratica. Fornisce un quadro coerente e pratico per lo sviluppo dei moduli, assicurando che i contenuti formativi supportino efficacemente la preparazione di SymbioTech Manager attuali e futuri capaci di progettare, facilitare e gestire iniziative di Simbiosi Industriale Digitale all'interno di ecosistemi industriali e di economia circolare complessi.

Parte A

7 Programmi per moduli di formazione HE

1. Syllabus del programma formativo – HEI (EQF6)

Titolo del modulo: Il quadro della Simbiosi Industriale (IS)

Livello EQF: 6

Crediti ECTS: 4 ECTS

Carico di lavoro complessivo (ore): 100 ore

- Ore di didattica in presenza (lezioni, laboratori, seminari, workshop, ecc.): 40 ore
- Studio individuale guidato: 30 ore
- Project work: 30 ore

Istituzione erogatrice: UNIVERSITÀ DI PATRAS (UPAT), Grecia

1.1 Panoramica del modulo

6

Questo modulo introduce i concetti e i principi fondamentali della Simbiosi Industriale (IS), un elemento chiave del Green Deal europeo e del Piano d'Azione per l'Economia Circolare dell'UE. Fornisce agli studenti una comprensione strutturata delle basi dell'IS, incluse definizioni, ambito, evoluzione storica e connessioni con l'economia circolare e i parchi eco-industriali. Il modulo esplora inoltre i quadri politici dell'UE che influenzano l'adozione dell'IS, modelli di business e tipologie contemporanei, strumenti e algoritmi di abbinamento digitale, mappatura dei flussi di materiali ed energia, strategie di coinvolgimento degli stakeholder e la progettazione e valutazione delle reti simbiotiche. Gli studenti esaminano inoltre gli indicatori di prestazione degli IS, i benefici, le barriere, i rischi e i fattori che influenzano l'implementazione di successo.

Il modulo è pensato per studenti di istruzione superiore, educatori, manager aziendali, consulenti, facilitatori, organizzazioni di ricerca, istituzioni di supporto alle imprese e organismi di elaborazione politica impegnati nella sostenibilità e nell'innovazione efficiente in termini di risorse.

Serve come componente fondamentale del percorso di formazione SymbioTech, preparando i partecipanti a moduli avanzati su Simbiosi Industriale Digitale e Sistemi di Gestione Ambientale.

Una comprensione generale della sostenibilità o delle operazioni industriali è utile ma non necessaria. Le competenze analitiche di base e l'interesse per la risoluzione collaborativa dei

problemi supportano un coinvolgimento efficace con le componenti teoriche e pratiche del modulo.

1.2 Risultati di apprendimento (LO)

Gli obiettivi di apprendimento previsti sono suddivisi in tre domini EQF:

▪ **Conoscenza.** *Gli studenti dovranno:*

1. Comprendere in modo completo i principi/elementi/elementi dei sistemi di investimento, le barriere, i benefici, il ruolo degli IS nei quadri dell'Economia Circolare e i contesti politici come il Fit for 55 dell'UE e i regolamenti sulla tassonomia (LO1),
2. conoscere lo sviluppo e l'evoluzione storica dalle pratiche tradizionali dei sistemi di sicurezza agli approcci digitali dei sistemi di comunicazione (LO2),
3. essere consapevoli dei modelli di business attuali attraverso cui l'IS può essere implementato (LO3).

▪ **Competenze.** *Gli studenti possono:*

4. analizzare criticamente cluster industriali per identificare opportunità simbiotiche utilizzando strumenti come QGIS e diagrammi di Sankey (LO4),
5. applicare tipologie di modelli di business e analisi degli stakeholder per progettare partnership IS praticabili (LO5),
6. raccogliere dati, mappare i flussi di materiali ed energia e utilizzare questi dati per il processo decisionale (LO6),
7. presentare e comunicare efficacemente le opportunità IS sia in formato scritto che orale (LO7).

▪ **Competenze (autonomia e responsabilità).** *Gli studenti sono in grado di:*

8. progettare e valutare progetti IS tenendo conto degli aspetti tecnici, economici e ambientali (LO8),
9. lavorare in modo collaborativo in team multidisciplinari, coinvolgendo gli stakeholder e gestendo i flussi di lavoro dei progetti (LO9),
10. integrare le politiche UE e gli standard internazionali nelle proposte di progetto, basate su una mentalità etica e orientata alla sostenibilità (LO10),
11. migliorare continuamente le conoscenze e le competenze pratiche degli IS attraverso l'apprendimento autodiretto e la pratica riflessiva (LO11).

1.3 Programmazione indicativa del percorso formativo e modalità di erogazione

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
1	Introduzione all'IS, all'evoluzione storica e all'applicabilità mondiale.	Lezione / workshop / e-learning	Definizioni, ambito, elementi, motivazioni e collegamenti con l'economia circolare e i parchi eco-industriali. Dal caso IS di Kalundborg negli anni '60 al Digital IS degli anni 2020.	LO1, LO2	Vimal et al. (2020), Neves et al. (2020), Ashton et al. (2022), Angelis-Dimakis et al. (2023), Khan et al. (2023).	Lezione interattiva con discussione guidata su IS, CE e questioni di sostenibilità. Casi di studio di successo e fallimento dell'IS.
2	Contesto politico dell'UE.	Seminario / e-learning	È adatto al pacchetto UE 55 e all'allineamento della tassonomia UE. Quadri normativi UE relativi all'IS.	LO1, LO10	Pacco Verde Europeo, pacchetto Fit for 55', tassonomia UE per attività sostenibili.	Introduzione alle normative UE basata su seminari. Webinar di esperti.
3	Modelli di business per IS.	Lezione / workshop / e-learning	Modelli di business e tipologie IS.	LO3, LO5, LO8	Ponis (2021), Demartini et al. (2022), Erol et al. (2023), Iyer et al. (2024).	Case study di modelli di business disponibili.
4	Algoritmi e strumenti digitali per IS.	Seminario / e-learning	Algoritmi di abbinamento simbiotico e strumenti digitali.	LO2, LO4	Angelis-Dimakis et al. (2021), Silva et al. (2022), Iyer et al. (2024), QGIS, tutorial sul software SankeyMATIC.	Introduzione basata su seminari agli algoritmi e agli strumenti digitali. Webinar di esperti. Laboratori pratici con strumenti software.

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
5	Scambiare risorse, flussi materiali ed energetici.	Lezione / workshop / e-learning	Mappando i flussi di materiale ed energia in cluster.	LO6	Neves et al. (2020), Xue et al. (2023), Cagno et al. (2023).	Case study sullo scambio di risorse.
6	Gli stakeholder e le reti degli IS.	Lezione / workshop / e-learning	Analisi degli stakeholder e strategie di coinvolgimento. Progettazione di reti simbiotiche e catene del valore.	LO4, LO5, LO9	Neves et al. (2020), Aviso et al. (2022), Angelis-Dimakis et al. (2023), Khan et al. (2023).	Lavoro di gruppo/brainstorming riguardo ai criteri di selezione e al coinvolgimento degli stakeholder. Case study degli stakeholder coinvolti nelle reti IS. Casi di studio delle reti esistenti dell'IS.
7	Valutare le prestazioni e i benefici dell'IS.	Lezione / workshop / e-learning	Determinare e segnalare i KPI IS. Benefici operativi, economici, di marketing, ambientali e sociali dell'IS.	LO1, LO8	Agudo et al. (2022), Agudo et al. (2023), Agudo et al. (2024), Vimal et al. (2020), Khan et al. (2023).	Lavoro di gruppo/brainstorming per commentare i KPI IS. Lavoro di gruppo/brainstorming per commentare e confrontare gli aspetti/benefici operativi, economici, di marketing, ambientali e sociali.
8	Barriere IS e gestione del rischio e fattori che influenzano IS.	Lezione / workshop / e-learning	Barriere e rischi che influenzano le strategie di implementazione e mitigazione degli IS. Fattori che influenzano	LO1, LO2, LO3, LO8	Ponis (2021), Taqi et al. (2022), Henriques et al. (2022), Angelis-Dimakis et al. (2023), Karman et al. (2024).	Lavoro di gruppo/brainstorming per commentare le barriere e i rischi dell'IS. Laboratorio di problem solving. Lavoro di gruppo/brainstorming per

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
9	Progetto pratico IS.	Progetto e valutazione	Valutazione delle opportunità IS per un cluster locale.	LO4, LO7, LO8, LO9, LO10, LO11	Tutte le letture/materiali sopra menzionati.	Presentazione di progetto di gruppo.
10	Esami in IS.	Valutazione	Esami finali e valutazioni.	LO1, LO2, LO3, LO7	Tutte le letture/materiali sopra menzionati.	Esami scritti e orali (domande aperte, domande a scelta multipla, quiz, ecc.).

1.4 Metodi di Insegnamento e Apprendimento

▪ *Approccio all'apprendimento*

Per questo modulo sarà adottato un approccio di apprendimento ibrido. In altre parole, verranno utilizzati sia l'apprendimento sincrono che quello asincrono. In particolare, attraverso l'apprendimento sincrono, formatori e studenti si riuniranno virtualmente nello stesso momento e luogo (in una classe digitale) e interagiranno in tempo reale. D'altra parte, basandosi sull'apprendimento asincrono, gli studenti possono accedere a materiali che saranno disponibili su una piattaforma digitale (caricati dai formatori). Questi materiali (ad esempio lezioni preregistrate, presentazioni, file word/pdf, figure, video, ecc.) descriveranno questioni teoriche e casi di studio pratici. Così, gli studenti possono interagire con ogni materiale al proprio ritmo e per periodi più lunghi.

▪ *Metodi di insegnamento chiave*

Durante il modulo verranno utilizzati diversi metodi di insegnamento chiave, come lezioni interattive con discussione guidata, studi di caso, seminari, webinar per esperti, workshop, laboratori pratici, lavoro di gruppo e progetti, esami scritti e orali. Le questioni relative alla Simbiosi Industriale (IS), all'Economia Circolare (CE) e alla Sostenibilità saranno riflesse nei metodi didattici sopra menzionati.

▪ *Approcci e metodi che supportano l'apprendimento attivo e l'applicazione pratica della conoscenza*

L'approccio di apprendimento sincrono è particolarmente adatto a creare un coinvolgimento immediato di formatori e studenti e a uno scambio più rapido di informazioni, aiutando così a costruire un senso di comunità e chiarire i fraintendimenti. Inoltre, l'approccio di apprendimento asincrono è più flessibile. Permette agli studenti di avere più tempo per esplorare e interagire con il materiale e consente l'accesso a una gamma più ampia di studenti.

Inoltre, i metodi di insegnamento chiave (come le lezioni) forniranno la conoscenza teorica dell'IS per una comprensione completa dei principi, degli elementi e delle pratiche dell'IS. Questa conoscenza, insieme ai numerosi esempi pratici forniti dai metodi di insegnamento orientati alla pratica (come casi di studio di IS, laboratori pratici), getta le basi per uno studente di istruzione superiore e un manager aziendale per diventare manager di sistemi di investimento. I webinar e i seminari di esperti contribuiranno ulteriormente ad approfondire le conoscenze teoriche e pratiche dell'IS. Il lavoro di squadra, promosso attraverso metodi didattici come workshop, lavori di gruppo e progetti, permette al responsabile IS di collaborare con successo con gli stakeholder e sviluppare reti IS efficaci.

11

1.5 Metodi di valutazione e prove

Il Modulo utilizza una strategia di valutazione mista che combina la partecipazione attiva e l'impegno degli studenti, la presentazione di progetti di gruppo e gli esami scritti e orali (domande aperte, domande a scelta multipla, quiz, ecc.) per valutare sia il livello di conoscenza teorica degli studenti del concetto di IS sia la loro capacità pratica di sviluppare quadri di IS sostenibili e competitivi composti da stakeholder appropriati che scambiano più risorse. Non sono incluse solo valutazioni sommative (consegna finale valutata) per supportare la

progressione dell'apprendimento, ma anche quelle formative (partecipazione continua e feedback durante tutti i metodi di insegnamento chiave).

Componenti della valutazione e prove del raggiungimento dei risultati di apprendimento:

- *Partecipazione e coinvolgimento (peso 10%).* Partecipazione attiva a tutti i metodi di insegnamento adottati come lezioni, case study, seminari, webinar, workshop, laboratori pratici, lavoro di gruppo e sviluppo di progetti.
- *Presentazione del progetto di gruppo (Peso 30%).* Un rapporto analitico di 3.000 parole che valuta un'opportunità IS locale reale o simulata, inclusa analisi di cluster, mappatura del flusso e raccomandazioni per modelli di business.
- *Esami finali scritti e orali (domande aperte, domande a scelta multipla, quiz, ecc.) (Peso 60%).* Esami che valutano conoscenze teoriche, comprensione delle politiche e competenze con strumenti pratici.

1.6 Bibliografia e strumenti

1.6.1 Obbligatorie

Agudo, F. L., Bezerra, B. S., & Gobbo Júnior, J. A. (2023). Prontezza simbiotica: Fattori che interferiscono con l'implementazione della simbiosi industriale. *Journal of Cleaner Production*, 387, 135843. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.135843>

Agudo, F. L., Bezerra, B. S., & Gobbo Júnior, J. A. (2024). Una panoramica della prontezza delle aziende brasiliane a implementare la simbiosi industriale. *Strategia aziendale e ambiente*, 33, 1066–1080. <https://doi.org/10.1002/bse.3327>

Agudo, F. L., Bezerra, B. S., Paesa, L. A. B., & Gobbo Júnior, J. A. (2022). Proposta di uno strumento di valutazione per diagnosticare la prontezza della simbiosi industriale. *Produzione e Consumo Sostenibili*, 30, 916–929. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.01.013>

Angelis-Dimakis, A., Arampatzis, G., Alexopoulos, A., Vyrkou, A., Pantazopoulos, A., & Angelis, V. (2023). Simbiosi industriale nella regione Balcanico-Mediterranea: il caso dei rifiuti solidi. *Ambienti*, 10(1), <https://doi.org/10.3390/environments10010001>

Angelis-Dimakis, A., Arampatzis, G., Pieri, T., Solomou, K., Dedousis, P., & Apostolopoulos, G. (2021). Piattaforma SWAN: Uno strumento web per supportare lo sviluppo di modelli di business per il riutilizzo industriale dei rifiuti solidi. *Gestione dei rifiuti e ricerca*, 39(3), 489–498. <https://doi.org/10.1177/0734242X21989413>

Ashton, W. S., Chertow, M. R., & Althaf, S. (2022). Simbiosi industriale: nuove reti di approvvigionamento per l'economia circolare. In L. Bals, W. L. Tate, & L. M. Ellram (a cura di), *Catene di approvvigionamento a economia circolare: dalle catene ai sistemi* (pp. 29–48). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-83982-544-620221002>

Aviso, K. B., Laddaran, A., & Ngo, J. S. (2022). Modellazione degli obiettivi degli stakeholder in simbiosi industriale. *Integrazione e ottimizzazione dei processi per la sostenibilità*, 6, 543–558. <https://doi.org/10.1007/s41660-022-00226-6>

Cagno, E., M., Neri, A., & Giambone, M. (2023). Un quadro per governarli tutti: un quadro integrato, multilivello e scalabile di misurazione delle prestazioni di sostenibilità, economia circolare e simbiosi industriale. *Produzione e Consumo Sostenibili*, 35, 55–71. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.10.016>

Demartini, M., Tonelli, F., & Govindan, K. (2022). Un'indagine sugli approcci di modellizzazione per la simbiosi industriale: una revisione della letteratura e un programma di ricerca. *Logistica e Catena di Approvvigionamento più pulite*, 3, 100020. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2021.100020>

Erol, I., Peker, I., Ar, I. M., & Searcy, C. (2023). Esaminare il ruolo della simbiosi urbanindustriale nell'economia circolare: un approccio basato sulla teoria del cambiamento dei campi NForce e su NISMMicmac. *Ricerca sulla gestione delle operazioni*, 16, 2125–2147. <https://doi.org/10.1007/s12063-023-00393-w>

Tassonomia UE per attività sostenibili. Disponibile su: https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_en

Accordo Verde Europeo. Disponibile su: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

Adatto a un pacco da 55 piedi. Disponibile su: https://commission.europa.eu/topics/climate-action/delivering-european-green-deal/fit-55-delivering-proposals_en

Henriques, J. D., Azevedo, J., Dias, R., Estrela, M., Ascenço, C., Vladimirova, D., & Miller, K. (2022). Implementazione degli incentivi per la simbiosi industriale: un quadro di valutazione applicato per la mitigazione del rischio. *Economia circolare e sostenibilità*, 2, 669–692. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00069-2>

Iyer, S. V., Sangwana, K. S., & Dhiraj, D. (2024). Sviluppo di un quadro di simbiosi industriale attraverso la digitalizzazione nel contesto dell'Industria 4.0. *Procedia CIRP*, 122, 515–520. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.01.075>

Karman, A., Prokop, V., & Lopes de Sousa Jabbour, A. B. (2024). Le pratiche dell'economia circolare come scudo per la resilienza organizzativa e di rete a lungo termine durante una crisi: intuizioni da una simbiosi industriale. *Journal of Cleaner Production*, 466, 142822. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142822>

Khan, Z. A., Chowdhury, S. R., Mitra, B., Mozumder, M. S., Elhaj, A. I., Salami, B. A., Rahman, M. M., & Rahman, S. M. (2023). Analisi degli studi di caso sulla simbiosi industriale e il suo potenziale in Arabia Saudita. *Journal of Cleaner Production*, 385, 135536. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.135536>

Neves, A., Godina, R., Azevedo, S. G., & Matias, J. C. O. (2020). Una revisione completa della simbiosi industriale. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119113. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119113>

Ponis, S. T. (2021). Reti di simbiosi industriale in Grecia: Sfruttare la potenza dei marketplace B2B basati su blockchain. *La JBBA*, 4(1). [https://doi.org/10.31585/jbba-4-1-\(4\)2021](https://doi.org/10.31585/jbba-4-1-(4)2021)

Tutorial sul software QGIS. Disponibile su:

https://docs.qgis.org/3.40/en/docs/training_manual/index.html

Tutorial sul software SankeyMATIC. Disponibile su: <https://sankeymatic.com/manual/>

Silva, M. G., de Carvalho, T. S., Castagna, A. G., Strauhs, F. do R., & Piekarski, C. M. (2022). Il ruolo delle piattaforme online per abilitare il processo di simbiosi industriale: un'analisi degli strumenti disponibili sul mercato. *Clean Production Letters*, 3, 100021. <https://doi.org/10.1016/j.clpl.2022.100021>

Taqi H. M. M., Meem, E. J., Bhattacharjee, P., Salman, S., Ali, S. M., & Sankaranarayanan, B. (2022). Quali sono le sfide che rendono complicato il percorso verso la simbiosi industriale? *Journal of Cleaner Production*, 370, 133384. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133384>

Vimal, K. E. K., Jayakrishna, K., Ameen, T., Afridhi, S. S., Vasudevan, V., & Sreedharan, R. (2020). Un'indagine sull'impatto dell'implementazione della simbiosi industriale sulle prestazioni organizzative utilizzando un approccio gerarchico analitico. *Benchmarking: Una rivista internazionale*, 27(2), 886–911. <https://doi.org/10.1108/BIJ-12-2018-0423>

Xue, X., Wang, S., Chun, T., Xin, H., Xue, R., Tian, X., & Zhang, R. (2023). Un quadro integrato per la valutazione delle prestazioni della simbiosi industriale in un parco industriale ad alta intensità energetica in Cina. *Scienze Ambientali e Ricerca sull'Inquinamento*, 30, 42056–42074. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25232-0>

Inoltre, gli studenti sono tenuti a studiare tutti i materiali didattici (lezioni, presentazioni, appunti, schede di lavoro e documenti supplementari) caricati dall'insegnante sulla piattaforma del corso, poiché costituiscono una parte integrante delle risorse di apprendimento di base del modulo.

14

1.6.2 Consigliati

Akyazi, T., Goti, A., Bayon, F., Kohlgruber, M., & Schroder, A. (2023). Identificare i requisiti di competenze relativi alla simbiosi industriale e all'efficienza energetica per l'industria di processo europea. *Environmental Sciences Europe*, 35, 54. <https://doi.org/10.1186/s12302-023-00762-z>

Barrau, E., Tanguy, A., & Glaus, M. (2024). Chiudere il ciclo: valutazioni strutturali, ambientali e regionali della simbiosi industriale. *Produzione e Consumo Sostenibili*, 50, 87–97. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.07.015>

Behzad, M., Abello-Passteni, V., Videla Labayru, J. T., & Martínez Ramírez, P. (2024). Sviluppo di un modello di valutazione per scoprire potenziali sinergie di simbiosi industriale regionale: uno studio di caso della regione di Valparaíso, Cile. *Journal of Cleaner Production*, 444, 141245. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141245>

Buda, G., & Ricz, J. (2023). Simbiosi industriale e politica industriale per lo sviluppo sostenibile in Uganda. *Recensione di Economia Politica Evolutiva*, 4, 165–189. <https://doi.org/10.1007/s43253-023-00097-8>

Chen, X., Dong, M., Zhang, L., Luan, X., Cui, X., & Cui, Z. (2022). Valutazione completa dei benefici ambientali ed economici della simbiosi industriale nei parchi industriali. *Journal of Cleaner Production*, 354, 131635. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131635>

Lybæk, R., Christensen, T. B., & Thomsen, T. P. (2021). Rafforzare le politiche per l'implementazione della simbiosi industriale: quali sono gli ostacoli, i fattori che motivano e la strada da seguire per il futuro? *Journal of Cleaner Production*, 280, 124351. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124351>

Filimonau, V., & Ermolaev, V. A. (2022). Esplorare il potenziale della simbiosi industriale per recuperare rifiuti alimentari dal settore della ristorazione in Russia. *Produzione e consumo sostenibili*, 29, 467–478. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.10.028>

Haq, H., Välisuo, P., Kumpulainen, L., Tuomi, V., & Niemi, S. (2020). Una valutazione preliminare della simbiosi industriale in Sodankylä. *Ricerche attuali sulla sostenibilità ambientale*, 2, 100018. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2020.100018>

Hariyani, D., & Mishra, S. (2024). Un'analisi statistica descrittiva degli abilitatori per un sistema di produzione integrato sostenibile-verde-lean-six sigma-agile (ISGLSAMS) nelle industrie manifatturiere indiane. *Benchmarking: Un Rivista Internazionale*, 31(3), 824–865. <https://doi.org/10.1108/BIJ-06-2022-0344>

Omolola Oni, O., Nevo, C. M., Hampo, C. C., Ozobodo, K. D., Olajide, I. O., Ibidokun, A. O., Ugwuanyi, M. C., Nwoha, S. U., Okonkwo, U. U., Aransiola, E. S., & Ikpeama, C. C. (2022). Stato attuale, sfide emergenti e prospettive future della simbiosi industriale in Africa. *International Journal of Environmental Research*, 16, 49. <https://doi.org/10.1007/s41742-022-00429-2>

Sgambaro, L., Chiaroni, D., Lettieri, E., & Paolone, F. (2024). Esplorare la simbiosi industriale per l'economia circolare: indagare e confrontare l'anatomia e le strategie di sviluppo in Italia. *Decisione della gestione, in anticipo di stampa* (in anticipo di stampa). <https://doi.org/10.1108/MD-04-2023-0658>

Yazan, D. M., van Capelleveen, G., & Fraccascia, L. (2022). Strumenti di supporto alle decisioni per una transizione intelligente verso l'economia circolare. In T. Bondarouk & M. R. Olivas-Luján (a cura di), *Smart industry – Better management* (Advanced Series in Management, Vol. 28, pp. 151–169). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/S1877-636120220000028010>

2. Syllabus del programma formativo – HEI (EQF6)

Titolo del modulo: Principi di valutazione del ciclo di vita per la valutazione dei benefici ambientali e degli svantaggi della condivisione delle risorse

Livello EQF: 6

Crediti ECTS: 4 ECTS

Carico di lavoro complessivo (ore): 100 ore

- Ore di didattica in presenza (lezioni, laboratori, seminari, workshop, ecc.): 30 ore
- Studio individuale guidato: 30 ore
- Project work: 40 ore

Istituzione erogatrice: DERMOL SIFPOVANJE D.O.O. (Dermol morto dalla morte) Slovenia.

16

2.1 Panoramica del modulo

Questo modulo introduce gli studenti ai principi e all'applicazione integrata della Life Cycle Assessment (LCA), del LifeCycle Costing (LCC) e della Social Life Cycle Assessment (S-LCA) utilizzando il software FootprintCalc come strumento centrale per l'analisi della sostenibilità. Il suo scopo è fornire agli studenti la capacità di modellare, interpretare e comunicare gli impatti ambientali, economici e sociali di prodotti e sistemi durante tutto il loro ciclo di vita, in conformità con gli standard ISO 14040/14044.

I temi chiave includono il pensiero sul ciclo di vita, i concetti di Economia Circolare (CE) e Simbiosi Industriale (IS), la raccolta dati e la costruzione dell'inventario, l'integrazione degli indicatori LCC e S-LCA, e l'interpretazione dei risultati tramite analisi decisionale multicriterio e dashboard di sostenibilità.

Il modulo è rivolto a studenti dell'istruzione superiore (EQF 6) che si preparano per carriere nella gestione della sostenibilità, nel design circolare delle imprese e nel coordinamento della simbiosi industriale, inclusi futuri manager SymbioTech. Si collega a moduli correlati su Simbiosi Industriale Digitale, Modelli di Business Circolari e Innovazione Sostenibile, fornendo una base metodologica per l'analisi applicata della sostenibilità.

Le conoscenze pregresse raccomandate includono una conoscenza di base dei principi di sostenibilità, della gestione ambientale o degli strumenti digitali; tuttavia, non sono richiesti moduli prerequisiti specifici.

2.2 Risultati di apprendimento (LO)

Gli obiettivi di apprendimento previsti sono suddivisi in tre domini EQF:

▪ **Conoscenza.** *Gli studenti dovranno:*

1. Descrive il ruolo della sostenibilità, dell'Economia Circolare (CE) e della Simbiosi Industriale (IS) in relazione al ciclo di vita e al pensiero sistemico (LO1),
2. identificare e spiegare i principi principali, i quadri e le interrelazioni della Valutazione del Ciclo di Vita (LCA), del Costo del Ciclo di Vita (LCC) e della Valutazione del Ciclo di Vita Sociale (S-LCA) all'interno della Valutazione della Sostenibilità del Ciclo di Vita (LCSA) (LO2),
3. comprendere le quattro fasi principali di un LCA (Definizione di Obiettivi e Ambito, Analisi dell'Inventario, Valutazione d'Impatto e Interpretazione) e i principi, i requisiti e le linee guida della ISO 14040/14044 (LO3),
4. riconoscere come l'ACL supporti l'efficienza delle risorse, la progettazione circolare e il processo decisionale orientato alla sostenibilità nei contesti CE/IS (LO4),
5. conoscere la struttura e lo scopo degli strumenti di sostenibilità basati sul web (ad esempio, FootprintCalc) e dei database (ad esempio, Idemat 2025) (LO5).

▪ **Competenze.** *Gli studenti possono:*

6. applicare il ragionamento basato su ISO per valutare la qualità, la trasparenza e l'affidabilità degli studi LCA, LCC e S-LCA (LO6),
7. utilizzare software web (ad esempio, FootprintCalc) per costruire dataset di Bills of Materials (BoM) e Life Cycle Inventory (LCI), integrando dati ambientali, economici e sociali (LO7),
8. applicare metodi di valutazione dell'impatto (ad esempio, EF 3.1, ReCiPe) per analizzare e interpretare i risultati e i compromessi sulla sostenibilità (LO8),
9. sviluppare, visualizzare e comunicare dashboard di sostenibilità e analisi multi-criterio (MCDA) per supportare decisioni informate (LO9).

▪ **Competenze (autonomia e responsabilità).** *Gli studenti sono in grado di:*

10. condurre studi semplificati su LCA, LCC e S-LCA in modo indipendente utilizzando FootprintCalc (LO10),
11. valutare criticamente la qualità dei dati, le assunzioni metodologiche e i limiti nelle valutazioni di sostenibilità (LO11),
12. collaborare efficacemente in progetti multidisciplinari CE/IS e comunicare chiaramente raccomandazioni sulla sostenibilità a diversi stakeholder (LO12).

2.3 Programmazione indicativa del percorso formativo e modalità di erogazione

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
1	Introduzione alla Sostenibilità, Ingegneria Continuativa e Sistemi di Sviluppo	Lezione / e-learning	Panoramica dei concetti di sostenibilità, Economia Circolare (CE), Simbiosi Industriale (IS) e il ruolo del pensiero sul ciclo di vita.	LO1	Kirchherr et al. (2017)	Lezione interattiva con discussione guidata, mappatura concettuale e un breve esercizio di riflessione.
2	Introduzione ai quadri concettuali LCA, LCC e S-LCA	Seminario / e-learning	Fondamenti della Valutazione del Ciclo di Vita (LCA), del Costo del Ciclo di Vita (LCC) e del Social LCA (S-LCA)	LO2, LO4	Visentin et al. (2021), Valdivia et al. (2021)	Introduzione a ciascun framework basata su seminari. Brainstorming di gruppo e discussione guidata per confrontare aspetti ambientali, economici e sociali. Analisi del caso di un sistema prodotto semplice applicando le tre prospettive. Domande e risposte con l'istruttore.
3	ISO 14040 e ISO 14044 Quadri per la valutazione del ciclo di vita	Seminario / e-learning	Principi, fasi, terminologia e allineamento ISO, con la pratica reale della LCA.	LO3, LO6	ISO (2006)	Guida guida della struttura e terminologia ISO 14040/14044. Mappatura di gruppo delle fasi LCA con esempi pratici. Discussione di un caso di studio LCA pubblicato in linea con gli standard ISO. Riflessione facilitata dall'istruttore sulle sfide e le buone pratiche nell'implementazione di LCA conforme ISO.

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
4	Creazione e gestione dei dati di inventario	Lezione / Workshop / e-learning	Creare Lista dei Materiali e dataset LCI; importare dati in FootprintCalc; Identificare i flussi chiave e le categorie di impatto.	LO5, LO7	FootprintCalc (2024), Fondazione per le Metriche di Impatto Sostenibile (SIMF), 2023	Lavoro di laboratorio supervisionato con guida in tempo reale; lavoro in coppia per la creazione di BoM; esercizi di pratica; e sessioni di risoluzione dei problemi utilizzando dataset di esempio.
5	Valutazione Ambientale, Economica e Sociale	Progetto / E-learning	Eseguire calcoli LCA utilizzando EF 3.1 o ReCiPe; integrare indicatori LCC e S-LCA; visualizza i compromessi utilizzando le dashboard MCDA.	LO8, LO9	Valdivia et al. (2021), UNEP (2020)	Simulazione di progetti basata su team; analisi di gruppo dei risultati dell'ACL; sviluppo di dashboard comparative; revisione tra pari dei risultati.
6	Interpretazione e supporto decisionale sulla sostenibilità	Progetto / Workshop / e-learning	Interpretare i risultati integrati, identificare punti caldi per la sostenibilità, valutare i compromessi e tradurre i risultati in raccomandazioni concrete per le decisioni CE/IS.	LO10, LO11, LO12	Klöpffer & Grahl (2014), Daddi et al. (2017)	Workshop di problem solving, pratica di presentazioni, discussioni basate su scenari e preparazione di brief e presentazioni visive sulla sostenibilità.

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
7	Strumenti digitali per il processo decisionale CE/IS	Lezione / Seminario / e-learning	Esplora le piattaforme digitali CE/IS (ad esempio, FootprintCalc MCDA, set demo Simapro, strumenti di mappatura IS).	LO5, LO7, LO9	Documentazione degli strumenti (FootprintCalc, demo Simapro), dataset SIMF	Dimostrazione con esplorazione con strumenti guidati; compiti brevi che modellano scambi di risorse; Feedback degli istruttori
8	Case Studies sulla Simbiosi Industriale e sull'Economia Circolare	Seminario / e-learning	Esaminare casi reali di CE/IS; valutare gli impatti sistemici utilizzando il pensiero del ciclo vitale; Discuti di scalabilità e ostacoli.	LO1, LO4, LO11, LO12	Chertow (2007), Azman Momirski et al. (2021)	Analisi di casi di gruppo; gioco di ruolo degli stakeholder; dibattito strutturato; Sviluppo comparativo della matrice.
9	Politiche, Standard e Strategie Aziendali a Supporto dell'LCA in CE/IS	Lezione / e-learning	Green Deal dell'UE, tassonomia, standard, EPD e come i quadri politici influenzano le decisioni basate sull'LCA.	LO2, LO3, LO6, LO11	Commissione Europea (2020), linee guida ISO (2017) sulle EPD	Lezione interattiva; mappatura delle politiche; analisi delle vere EPD; discussione sulle implicazioni per le PMI e le reti IS.
10	Integrazione e presentazione del progetto finale	Progetto / Workshop / Valutazione	Gli studenti preparano e presentano un progetto CE/IS che integra i risultati e le raccomandazioni LCA-LCC-S-LCA.	LO6, LO8, LO10, LO11, LO12	Tutte le letture/materiali sopra menzionati	Sessione di coaching; consulenza tra pari; presentazioni finali strutturate; Valutazione riflessiva dei risultati del progetto

2.4 Metodi di Insegnamento e Apprendimento

▪ *Approccio all'apprendimento*

Il modulo adotta un modello di apprendimento ibrido che combina componenti sincrone e asincrone. Le sessioni sincrone riuniscono formatori e studenti in tempo reale in una classe virtuale, permettendo interazioni dirette, feedback immediato e un senso condiviso di comunità. L'apprendimento asincrono permette agli studenti di accedere a materiali—come lezioni preregistrate, presentazioni, documenti, figure e video—tramite una piattaforma digitale al proprio ritmo. Queste risorse coprono sia le basi teoriche che i casi pratici, offrendo flessibilità agli studenti e favorendo un coinvolgimento più profondo con i contenuti. La strategia pedagogica enfatizza l'apprendimento attivo e orientato alla pratica. Gli studenti applicano concetti teorici a reali sfide di sostenibilità, sviluppando al contempo competenze digitali attraverso l'uso strutturato di strumenti di valutazione LCA (ad esempio, FootprintCalc) e software di visualizzazione dei dati.

▪ *Metodi di insegnamento chiave*

I metodi didattici includono lezioni interattive, seminari, laboratori pratici, laboratori informatici supervisionati e progetti di gruppo. FootprintCalc funge da principale strumento analitico durante tutto il modulo. Gli studenti lavorano anche con studi di caso, partecipano a discussioni tra pari e completano esercizi basati su scenari che simulano il processo decisionale nei contesti di Economia Circolare (CE) e Simbiosi Industriale (IS).

▪ *Approcci e metodi che supportano l'apprendimento attivo e l'applicazione pratica della conoscenza.*

Il formato sincrono supporta un coinvolgimento immediato, la chiarizione in tempo reale di argomenti complessi e l'interazione collaborativa tra studenti e formatori. Al contrario, il formato asincrono offre flessibilità e studio auto-ritmato, permettendo agli studenti di esplorare i materiali in modo più approfondito e ampliando l'accesso per studenti diversificati. La combinazione di istruzione teorica e attività pratiche—come laboratori informatici supervisionati e progetti di gruppo—fornisce una solida base per lo sviluppo di competenze legate all'LCA. Questi metodi dotano sia agli studenti di istruzione superiore che ai manager aziendali delle competenze necessarie per agire come efficaci operatori LCA. La collaborazione e il lavoro di squadra, integrati in tutto il modulo, preparano ulteriormente gli studenti a collaborare con successo con gli stakeholder in ambienti reali di sostenibilità ed economia circolare.

21

2.5 Metodi di valutazione e prove

Il modulo utilizza una strategia di valutazione mista che combina componenti basate su progetti, pratiche e riflessive per valutare la capacità degli studenti di applicare FootprintCalc nell'analisi integrata della sostenibilità. Sono incluse sia valutazioni formative (feedback continuo durante workshop e laboratori) sia sommative (consegne finali valutate) per supportare la progressione dell'apprendimento.

Componenti della valutazione e prove del raggiungimento dei risultati di apprendimento:



- *Progetto di gruppo (Peso 40%).* Uno studio di caso collaborativo sulla valutazione della sostenibilità del ciclo di vita (LCSA) utilizzando FootprintCalc, integrando le prospettive LCA, LCC e S-LCA. Le prove includono una Lettera dei Materiali (BoM), un modello di inventario, l'interpretazione dell'impatto e un rapporto o una presentazione di analisi decisionale multicriterio (MCDA).
- *Compito pratico di laboratorio (Peso 30%).* Invio individuale di un file modello FootprintCalc accompagnato da una breve riflessione metodologica sulla gestione dei dati e sulle scelte di valutazione.
- *Rapporto individuale (peso 20%).* Una riflessione scritta (circa 1000 parole) che dimostri la comprensione dell'interpretazione LCSA e della sua rilevanza per il processo decisionale in contesti di Economia Circolare o Simbiosi Industriale.
- *Partecipazione (peso 10%).* Coinvolgimento attivo in workshop, discussioni tra pari e sessioni di feedback, dimostrando un apprendimento continuo e il contributo al lavoro di gruppo.

2.6 Bibliografia e strumenti

2.6.1 Obbligatori

Ažman Momirski, L., Mušič, B., & Cotič, B. (2021). Strategie urbane che permettono la simbiosi industriale e urbana: il caso della Slovenia. *Sostenibilità*, 13(9), 4616. <https://doi.org/10.3390/su13094616>

Chertow, M. R. (2007). "Scoprire" simbiosi industriale. *Journal of Industrial Ecology*, 11(1), 11–30. <https://doi.org/10.1162/jiec.2007.1110>

Daddi, T., Nucci, B., & Iraldo, F. (2017). Utilizzare la valutazione del ciclo di vita per misurare i benefici ambientali della simbiosi industriale. *Journal of Cleaner Production*, 147, 157–164. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965261730104X>

Commissione Europea. (2020). *Un nuovo Piano d'Azione per l'Economia Circolare per un'Europa più pulita e competitiva*. Bruxelles: Commissione Europea. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0098>

FootprintCalc. (2024). *FootprintCalc: Calcolatore gratuito di impronta prodotto per l'integrazione LCA, LCC e S-LCA*. <https://www.footprintcalc.org/>

Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione. (2017). *ISO 14025:2017 — Etichette e dichiarazioni ambientali — Dichiarazioni ambientali di Tipo III — Principi e procedure*. <https://www.iso.org/standard/64758.html>

ISO. (2006). *Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Principi e Quadro (ISO 14040:2006)*. ISO. https://www.en-standard.eu/une-en-iso-14040-2006-environmental-management-life-cycle-assessment-principles-and-framework-iso-14040-2006/?gad_source=1&gad_campaignid=21676868379&gbraid=0AAAAADPppxtDLHMB7riYH8e_A8sOwoyai&gclid=Cj0KCQjw35bIBhDqARIsAGjd-cabwVmVrZsOGV8H1O8D9K-z-LUYx3gDMOrBMzl6uZDDPFNwPqRE2scaAjR6EALw_wcB

Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Concettualizzare l'economia circolare: un'analisi di 114 definizioni. *Risorse, Conservazione e Riciclo*, 127, 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>

Klöpffer, W., & Grahl, B. (2014). *Valutazione del ciclo di vita (LCA): Guida alle migliori pratiche*. Wiley-VCH. [https://www.wiley.com/en-us/Life+Cycle+Assessment+\(LCA\)%3A+A+Guida+a+Best+Practice-p-9783527655649](https://www.wiley.com/en-us/Life+Cycle+Assessment+(LCA)%3A+A+Guida+a+Best+Practice-p-9783527655649)

UNEP. (2020). *Linee guida per la valutazione del ciclo di vita sociale di prodotti e organizzazioni*. <https://www.unep.org/resources/report/guidelines-social-life-cycle-assessment-products>

Fondazione per le Metriche di Impatto Sostenibile (SIMF). (2023). *Database IDEMAT. openLCA Nexus*. <https://nexus.openlca.org/database/IDEMAT>

Valdivia, S. et al. (2021). Principi per l'applicazione della valutazione della sostenibilità del ciclo di vita. *Il Journal Internazionale di Valutazione del Ciclo di Vita*, 26, 1900-1905. https://www.researchgate.net/publication/353984208_Principles_for_the_application_of_life_cycle_sustainability_assessment

Visentin, F., Bonoli, A., Inal, A., Lundberg, K., Mizara, A., Zampori, L., Sala, S., Cerutti, A. K., & Cucurachi, S. (2020). Valutazione della sostenibilità del ciclo di vita: una revisione sistematica della letteratura. *Diario di Produzione Più Pulita*, 263, 121430. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121430>

2.6.2 Consigliati

Cooperazione Economica Asia-Pacifico (APEC). (2004). *Valutazione del ciclo di vita – Migliori pratiche della serie ISO 14040*. Segreteria APEC. https://www.apec.org/docs/default-source/Publications/2004/2/Life-Cycle-Assessment-Best-Practices-of-International-Organization-for-Standardization-ISO-14040-Ser/04_cti_scsc_lca_rev.pdf

Ecochain Technologies. (2024). *Spiegazione: standard LCA. Centro di Assistenza Ecochain Technologies*. <https://helpcenter.ecochain.com/en/articles/9515835-explained-lca-standards>

Commissione Europea, Centro Congiunto di Ricerca (JRC). (2010). *Manuale ILCD – Guida generale per la valutazione del ciclo di vita: Guida dettagliata*. Ufficio Pubblicazioni dell'Unione Europea. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC48157/ilcd_handbook-general_guide_for_lca-detailed_guidance_12march2010_isbn_fin.pdf

Commissione Economica delle Nazioni Unite per l'Europa (UNECE) e Agenzia per la Protezione Ambientale degli Stati Uniti (EPA). (2022). *Introduzione alla metodologia e agli standard di valutazione del ciclo di vita*. https://unece.org/sites/default/files/2022-06/1_2_GHG_EPA.pdf

2.6.3 Software e Strumenti Digitali

FootprintCalc (database Idemat 2025 Rev. A3), <https://www.footprintcalc.org/>

Excel / Power BI (per la visualizzazione MCDA)

Opzionale: OpenLCA per modellazione comparativa, <https://www.openlca.org/>

3. Syllabus del programma formativo – HEI (EQF6)

Titolo del modulo: Relazioni interorganizzative

Livello EQF: 6

Crediti ECTS: 4 ECTS

Carico di lavoro complessivo (ore): 100 ore

- Ore di didattica in presenza (lezioni, laboratori, seminari, workshop, ecc.): 30 ore
- Autoapprendimento guidato: 40 ore
- Project work: 30 ore

Istituzione erogatrice: AKADEMIA GORNICZO-HUTNICZA IM. STANISLAWA STASZICA W CRACOVIA (UNIVERSITÀ AGH), Polonia.

3.1 Panoramica del modulo

25

La collaborazione interorganizzativa è una capacità fondamentale nelle moderne transizioni della sostenibilità e nelle trasformazioni dell'economia circolare. La Simbiosi Industriale (IS) dipende dalla cooperazione strutturata tra organizzazioni diverse — produttori, servizi pubblici, comuni, fornitori di logistica, aziende tecnologiche, regolatori, ONG e intermediari — che devono coordinare gli scambi di risorse, allineare incentivi, stabilire visioni condivise e sostenere la cooperazione per lunghi periodi di tempo.

Questo modulo offre un'esplorazione approfondita e completa di come nasce tale cooperazione, come si evolve e come possa essere rafforzata. Gli studenti vengono introdotti ai *quadri teorici fondamentali* che spiegano il comportamento organizzativo nei sistemi multi-attore: teoria della dipendenza dalle risorse (RDT), economia dei costi di transazione (TCE), teoria delle reti, teoria istituzionale, concetti di governance relazionale e teorie comportamentali della fiducia.

Allo stesso tempo, il modulo si concentra fortemente sulle *competenze* pratiche necessarie nel coordinamento IS:

- mappatura degli stakeholder, analisi degli attori e identificazione dei confini della rete,
- diagnosi dei rischi e delle barriere della collaborazione,
- progettare e comunicare strutture di governance,
- negoziazione e costruzione di consenso in contesti complessi,
- gestire conflitti, sfiducie e interessi in competizione,

- rilevare e affrontare la resistenza al cambiamento,
- mediare i disaccordi e facilitare un dialogo produttivo,
- promuovere fiducia, trasparenza e impegno a lungo termine.

Il modulo pone l'accento *sull'apprendimento esperienziale, interattivo e applicato*. Gli studenti partecipano a simulazioni estese, workshop basati su scenari, giochi di ruolo per la risoluzione dei conflitti e attività collaborative di laboratorio utilizzando strumenti reali di mappatura e analisi come QGIS o PowerMap.

Imparano a gestire le sfide reali di coordinamento degli IS, come:

- riluttanza a condividere dati o costi,
- asimmetrie di potere, risorse e capacità di negoziazione,
- orizzonti temporali e priorità strategiche in conflitto,
- interpretazioni concorrenti di rischio e valore,
- pressioni politiche e vincoli istituzionali.

I laureati di questo modulo saranno ben preparati a lavorare come coordinatori IS, facilitatori di economia circolare, manager di cluster industriali, leader di progetti di sostenibilità o analisti a supporto dello sviluppo regionale e della cooperazione intersettoriale.

3.2 Risultati di apprendimento (LO)

26

Gli obiettivi di apprendimento previsti sono suddivisi in tre domini EQF:

- **Conoscenza.** *Gli studenti dovranno:*

1. spiegare in dettaglio le assunzioni, le origini e le implicazioni di RDT, TCE e teoria delle reti, e valutare come queste teorie spiegano il processo decisionale organizzativo nelle reti IS (LO1),
2. analizzare i fattori multilivello (economici, organizzativi, sociali, basati sulle politiche) che influenzano la prontezza e la disponibilità alla collaborazione negli ecosistemi dell'economia circolare (LO2),
3. descrivere le pressioni istituzionali che plasmano il comportamento interorganizzativo, inclusi isomorfismi, conformità alle normative e il ruolo della legittimità (LO3),
4. identificare i tipici modelli di asimmetria di potere (ad esempio imprese dominanti vs. PMI; settore privato vs. autorità pubbliche) e valutare come influenzino i risultati della collaborazione (LO4),
5. confrontare modelli di governance come gerarchico, relazionale, contrattuale e ibrido, e valutarne l'idoneità ai contesti IS (LO5),
6. comprendere le cause cognitive, comportamentali e strutturali dei conflitti tra organizzazioni e spiegare come tali conflitti possano intensificarsi o essere mitigati (LO6).

▪ **Competenze.** *Gli studenti possono:*

7. creare mappe complesse e multilivello degli stakeholder che includano flusso, linee di influenza, aree decisionali, coalizioni e potenziali punti di conflitto (LO7),
8. condurre interviste con gli stakeholder e interpretare dati qualitativi per supportare i piani di coinvolgimento (LO8),
9. progettare quadri di governance che bilancino responsabilità, flessibilità ed equità, inclusi KPI condivisi, responsabilità chiare, protocolli di trasparenza e meccanismi di monitoraggio (LO9),
10. preparare e tenere presentazioni persuasive tra più stakeholder che articolino chiaramente benefici, rischi, opportunità di creazione di valore e percorsi di coinvolgimento (LO10),
11. applicare tecniche di negoziazione (ad esempio BATNA, negoziazione basata sugli interessi, riformulazione, ancora) in situazioni simulate di conflitto (LO11),
12. facilitare incontri difficili, mediare controversie e guidare gli attori attraverso processi strutturati di gestione dei conflitti (LO12),
13. utilizzare diagnostiche comportamentali per identificare i fattori che motivano la resistenza (ad esempio paura della perdita, incertezza, minaccia d'identità) e progettare interventi su misura (LO13).

▪ **Competenze (Autonomia e Responsabilità).** *Gli studenti sono in grado di:*

14. assumersi la responsabilità di guidare i processi collaborativi e mantenere la fiducia a lungo termine tra i partner IS (LO14),
15. navigare in contesti politici, organizzativi e interpersonali complessi utilizzando un approccio etico, trasparente e guidato dalla responsabilità (LO15),
16. servire come facilitatori e mediatori neutrali quando le organizzazioni affrontano conflitti, stalli o disallineamenti (LO16),
17. valutare e integrare i quadri politici dell'UE (ad esempio Piano d'Azione per l'Economia Circolare, IED, EMAS, TASSONOMIA DELL'UE) nella progettazione della collaborazione IS (LO17),
18. operare efficacemente in team multidisciplinari con ingegneri, economisti, pianificatori, regolatori e rappresentanti della comunità (LO18),
19. dimostrare comunicazione adattiva, resilienza sotto pressione e apprendimento riflessivo da scenari pratici (LO19).

3.3 Programmazione indicativa del percorso formativo e modalità di erogazione

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
1	Fondamenta della collaborazione	Lezione + Sessione di dialogo	Introduzione teorica approfondita che copre RDT, TCE, teoria delle reti; discussione sul perché le reti simbiotiche hanno successo o falliscono; revisione dei casi di riferimento (Kalundborg, Ulsan, Dunkerque); Esplorazione delle strutture di interdipendenza e dei fallimenti di coordinamento.	LO1, LO2, LO3	Lewicka, Zakrzewska-Bielawska (2019), Salmone et al. (2020)	Esposizione teorica estesa, dialogo guidato, analisi comparativa riflessiva
2	Guidatori e Barriere nell'IS	Laboratorio di Case Study	Quadro di barriera completo: rischi normativi, volatilità del mercato, incertezza tecnologica, cultura aziendale, inerzia organizzativa; la mappatura delle barriere macro-meso-micro; lavorare su casi IS falliti nel mondo reale, analisi delle cause radici e mitigazione delle barriere basate su scenari.	LO2, LO3, LO8, LO17	Saha (2020)	Laboratorio di casi, esercizio di mappatura delle barriere, workshop di enquadramento dei problemi
3	Mappatura degli stakeholder	Laboratorio Tecnico	Mappatura avanzata multilivello tra stakeholder e rete: matrici potere-interesse, matrici di previsione dei conflitti, gerarchie di influenza, diagrammi di flusso, identificazione connettore-broker-collo di bottiglia; lavorare con sistemi basati su GIS e dataset industriali reali.	LO3, LO7, LO13, LO19	Toolkit + dataset	Laboratorio di mappatura tecnica, simulazione di scenari, analisi strutturata basata su strumenti
4	Modelli di Governance	Seminario + Esercizio di Progettazione	Progettazione di modelli di governance ibrida che combinano componenti formali e relazionali; l'esplorazione di quadri di responsabilità, regole di trasparenza, ruoli.	LO4, LO14	Shi (2019)	Seminario, sfida di progettazione di gruppi, valutazione tra pari

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi Ricommentati
5	Trust e governance relazionale	Laboratorio	Compiti simulati di costruzione della fiducia; la diagnosi dell'erosione della fiducia; analisi dei climi di comunicazione; co-progettazione di contratti fiduciari, meccanismi di trasparenza e strutture di apprendimento condiviso; Scenari basati su ruoli per esercitarsi a costruire partnership a lungo termine.	LO3, LO15, LO16	Lewicka, Zakrzewska-Bielawska (2022), Alosi et al. (2025)	Gioco di ruolo, formazione guidata sull'intelligenza emotiva, stesura collaborativa
6	Comunicazione e negoziazione	Simulazione + Ciclo di retroazione	Complessa simulazione di negoziazione multipartito che coinvolge obiettivi concorrenti, asimmetria informativa, contrattazione cooperativa e persuasione strategica; feedback strutturato sugli stili di comunicazione verbale, non verbale e scritta.	LO9, LO10, LO11, LO18, LO19	Manuali di negoziazione	Apprendimento basato su simulazione, debriefing multilivello, audit delle comunicazioni
7	Risoluzione dei conflitti	Roleplay + Laboratorio Diagnostico	Laboratorio di mappatura dei conflitti: conflitto strutturale vs. comportamentale, interessi vs. posizioni, scale di escalation; formazione da mediatore; progettare percorsi per la risoluzione dei conflitti; diagnosticare i fattori scatenanti di tensione interpersonali e interorganizzative.	LO5, LO6, LO12, LO16, LO18	Materiali per i casi di conflitto	Rotazione strutturata dei mediatori, laboratorio di mappatura dei conflitti
8	Resistenza al cambiamento	Workshop + Pianificazione dell'Azione	Analisi della resistenza a tre livelli: individuale (paura, incertezza), organizzativa (inerzia strutturale), istituzionale (blocco delle politiche); modellazione dei percorsi di cambiamento; creazione di piani d'azione; progettazione di interventi comportamentali.	LO5, LO13, LO19	Letteratura sul comportamento organizzativo	Workshop, ciclo di coaching, valutazione comportamentale riflessiva

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi Ricommentati
9	Progettazione del coinvolgimento degli stakeholder	Lab + Co-creazione	Progettazione di percorsi di coinvolgimento ad alta inclusione; mappatura delle dinamiche di potere; costruire meccanismi di co-decisione; pianificazione degli scenari per l'allineamento; progettare interventi per flussi di risorse contestati; prototipazione collaborativa.	LO8, LO13, LO14, LO18	Guide di ingaggio	Laboratorio, progettare charrette per progettare strutture di collaborazione e quadri di coinvolgimento degli stakeholder, metodi partecipativi
10	Monitoraggio della collaborazione	Seminario + Sviluppo degli Indicatori	Metriche avanzate di collaborazione: KPI strutturali, KPI relazionali, indicatori di allerta precoce; rilevare segnali deboli di degrado della partnership; la costruzione di dashboard di monitoraggio; interpretare i dati per informare gli aggiustamenti di governance.	LO4, LO14	Framework di monitoraggio IS	Workshop sullo sviluppo degli indicatori, test di stress per scenari

3.4 Metodi di Insegnamento e Apprendimento

▪ *Approccio all'apprendimento*

In questo modulo sarà adottato un modello di apprendimento ibrido, che combina **ambienti di apprendimento sincroni e asincroni** per massimizzare l'impegno, la riflessione e l'acquisizione di competenze pratiche.

Nell'**apprendimento sincrono**, studenti e insegnanti si incontrano in tempo reale, sia in aula che online, per condurre discussioni interattive, simulazioni di negoziazione, giochi di ruolo di risoluzione dei conflitti, laboratori di mappatura e workshop di facilitazione. Queste attività permettono feedback immediato, osservazione comportamentale in tempo reale e senso collettivo, tutti elementi essenziali per padroneggiare la comunicazione e la collaborazione interorganizzativa.

Nell'**apprendimento asincrono**, gli studenti accedono ai materiali tramite una piattaforma digitale al proprio ritmo. Questi materiali, letture, descrizioni dei casi, video dimostrativi (ad esempio governance design), tutorial di mappatura degli stakeholder e toolkit analitici, permettono agli studenti di esplorare a fondo i quadri teorici (RDT, TCE, teoria delle reti, teoria istituzionale) e prepararsi per le attività applicate condotte durante le sessioni sincrone.

Questo modello misto garantisce flessibilità, supporta preferenze di apprendimento diverse e rafforza una profonda comprensione concettuale prima che gli studenti si impegnino in simulazioni ad alta intensità ed esercizi basati sui ruoli.

▪ *Metodi di insegnamento chiave*

Durante tutto il modulo sarà utilizzata una vasta gamma di metodi didattici, tra cui:

- Lezioni interattive con dialogo guidato (fondamenti teorici della collaborazione interorganizzativa, modelli di governance, dinamiche di potere, teoria del conflitto)
- Case study (vere reti di Simbiosi Industriale, collaborazioni fallite, partnership regionali con più attori)
- Seminari e webinar di esperti (operatori, coordinatori IS, esperti di politiche, mediatori)
- Workshop (costruzione della fiducia, analisi della resistenza, progettazione dell'engagement)
- Laboratori pratici (mappatura degli stakeholder, mappatura dei conflitti, prototipazione di governance, analisi di flussi e influenze)
- Esercizi di simulazione (negoziazioni multipartita, roleplay di mediazione, scenari di coordinamento)
- Lavoro di gruppo e progetti collaborativi (progettazione di quadri di governance e strategie di coinvolgimento)
- Esami scritti e orali (che mettono alla prova conoscenze teoriche e applicazione a scenari complessi)

Sebbene il modulo si concentri sulle Relazioni Interorganizzative, molte attività integrano i contesti di Simbiosi Industriale (IS), Economia Circolare (CE) e Sostenibilità per riflettere contesti reali in cui la collaborazione tra più attori è essenziale.

■ *Approcci e metodi a supporto dell'apprendimento attivo e dell'applicazione pratica*

L'approccio didattico è progettato per sviluppare sia il pensiero analitico sia le competenze interpersonali necessarie per un coordinamento efficace in ecosistemi organizzativi complessi.

- Le sessioni sincrone permettono feedback in tempo reale, osservazione comportamentale, chiarimenti immediati di fraintendimenti e co-creazione attiva di soluzioni. Costruiscono un senso di appartenenza e aumentano la fiducia degli studenti nei compiti di negoziazione, facilitazione e risoluzione dei conflitti.
- Le sessioni asincrone promuovono un apprendimento riflessivo e auto-ritmato. Gli studenti possono rivedere materiali teorici, analizzare letture di casi e preparare le mappe degli stakeholder o idee di governance prima dei workshop dal vivo. Questa flessibilità supporta una comprensione più profonda di quadri teorici complessi.
- Le lezioni interattive forniscono conoscenze teoriche fondamentali necessarie per analizzare le strutture interorganizzative, le relazioni di potere, le modalità di governance e i motori della collaborazione.
- Casi di studio e laboratori pratici traducono la teoria in pratica esponendo gli studenti a sfide reali di collaborazione come incentivi disallineati, erosione della fiducia, asimmetrie di potere e pressioni politiche.
- Workshop, simulazioni e giochi di ruolo permettono agli studenti di esercitarsi in tecniche di facilitazione, negoziazione, mediazione e risoluzione dei conflitti in contesti realistici. Queste attività sviluppano intelligenza emotiva, capacità di comunicazione, adattabilità e capacità decisionale sotto pressione.
- I progetti di gruppo rafforzano il lavoro di squadra, la capacità di dare senso e la capacità di progettare strutture di coinvolgimento e governance multi-attore, competenze essenziali per i futuri coordinatori IS, facilitatori dell'economia circolare e leader della sostenibilità.
- Attraverso questi metodi combinati, gli studenti sviluppano la capacità di orientarsi tra relazioni organizzative complesse, costruire fiducia tra gli stakeholder e favorire la collaborazione a lungo termine nelle reti di economia industriale e circolare.

3.5 Metodi di valutazione e evidenze

Il modulo adotta una strategia di valutazione completa che combina la valutazione teorica con prove pratiche sulle capacità degli studenti di analizzare, progettare e facilitare la collaborazione interorganizzativa. I metodi di valutazione sono progettati per riflettere le reali competenze necessarie nel coordinamento della Simbiosi Industriale, nella negoziazione multi-attore, nella progettazione della governance e nella gestione dei conflitti. Sono integrate sia

componenti sommative (valutate) che **formative** (feedback e coinvolgimento continuo) per supportare il deep learning, il miglioramento comportamentale e la preparazione professionale.

Componenti di valutazione

- *Partecipazione e coinvolgimento (peso 10%).* Coinvolgimento attivo degli studenti in metodi didattici interattivi—sessioni di dialogo, laboratori di negoziazione, giochi di ruolo per la risoluzione dei conflitti, workshop di mappatura degli stakeholder coinvolti, esercizi di progettazione della governance e sessioni di pratica di facilitazione. Le evidenze includono la qualità dell'engagement, la preparazione, la collaborazione, i contributi riflessivi e i compiti analitici in classe.
- *Presentazione del progetto di gruppo (Peso 30%).* Un rapporto analitico di 3.000 parole + presentazione di gruppo che diagnostica un'opportunità reale o simulata di collaborazione inter-organizzativa all'interno di un contesto IS o di economia circolare. Il rapporto include:
 - mappatura multilivello degli stakeholder e analisi potere–influenza,
 - identificazione di barriere di collaborazione, rischi e punti di conflitto,
 - Progettazione del modello di governance (ruoli, responsabilità, regole di trasparenza, KPI),
 - Piano di negoziazione e coinvolgimento,
 - meccanismi proposti per la gestione dei conflitti e la costruzione della fiducia,
 - Raccomandazioni basate sull'evidenza per rafforzare la stabilità relazionale a lungo termine.

La valutazione si concentra sulla profondità analitica, sulla correttezza dell'uso della teoria (RDT, TCE, teoria delle reti, teoria istituzionale), sulla chiarezza del disegno della governance e sulla fattibilità degli interventi proposti.

- *Esami finali scritti e orali (peso 60%).* Una combinazione di:
 - esame scritto (domande aperte, brevi saggi analitici, domande a scelta multipla),
 - Esame orale (domande basate su scenari che testano la risoluzione di problemi e la comunicazione).

L'esame valuta gli studenti:

- comprensione delle teorie fondamentali che spiegano il comportamento e la governance interorganizzative,
- capacità di diagnosticare rischi di collaborazione e asimmetrie energetiche,
- conoscenza delle dinamiche di fiducia, dell'escalation dei conflitti e dei meccanismi di resistenza,
- familiarità con i quadri politici dell'UE che influenzano la cooperazione interorganizzativa (Piano d'Azione per l'Economia Circolare, EMAS, Tassonomia UE),

- capacità di proporre interventi realistici basati su teorie per migliorare il coordinamento e la collaborazione.

Prove dei risultati

Le evidenze raccolte durante la valutazione includono:

- mappe degli stakeholder, mappe dei conflitti, prototipi di governance e risultati dei workshop,
- Copioni di negoziazione, note di facilitazione e riflessioni sul ruolo del mediatore,
- analisi di scenari ed esercizi applicati di problem solving,
- dimostrazioni orali di abilità di comunicazione e persuasione,
- compiti scritti che dimostrano l'integrazione teorica e il ragionamento critico.

Queste evidenze offrono un quadro olistico della prontezza degli studenti a coordinare la collaborazione tra più attori, mediare le controversie, progettare strutture di governance e supportare lo sviluppo della rete IS.

3.6 Bibliografia e strumenti

3.6.1 Obbligatorie

Alosi, A., Katana, K., Annunziata, E., Mirata, M., Rizzi, F., & Frey, M. (2025). *Gestione delle tensioni paradossale nella simbiosi industriale: un'esplorazione a livello inter-organizzativo*. *Journal of Industrial Ecology*, 29(2), 602–616. <https://doi.org/10.1111/jiec.13625> Studio Semantico+4 Biblioteca Online+4SciSpace+4

Lewicka, D., & Zakrzewska-Bielawska, A. (2019). Fiducia interorganizzativa nelle relazioni commerciali: cooperazione e cooptazione. In A. Zakrzewska-Bielawska & M. Cygler (a cura di), *Sfide contemporanee nella cooperazione e cooptazione nell'era dell'Industria 4.0: 10ª Conferenza sulla Gestione dello Sviluppo delle Organizzazioni (MOD)* (pp. 155–174). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30549-9_9

Salomone, R., Cecchin, A., Deutz, P., Raggi, A., & Cutaia, L. (a cura di). (2020). *Simbiosi industriale per l'economia circolare: esperienze operative, best practice e ostacoli a un approccio aziendale collaborativo*. Springer International Publishing.

Saha, P. (2020). *Il processo di costruzione di collaborazione inter-organizzativa per la simbiosi industriale: due casi dalla Finlandia — ECO3 ed Envitech*. Università di Tampere: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/123739/SahaPuja.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Shi, Lin. (2019). Simbiosi industriale: Contesto e rilevanza per gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs). In W. Leal Filho, A. M. Azul, L. Brandli & P. G. Özuyar (a cura di), *Consumo responsabile e produzione* (pp. 23-42). Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-71062-4_19-1. ResearchGate+1

3.6.2 Letture consigliate

Anderson, D., & Anderson, L. A. (2020). *La roadmap del leader del cambiamento: come affrontare la trasformazione della tua organizzazione*. Wiley.

Chatman, J. A., & O'Reilly, C. A. (2016). *Paradigma perduto: rivitalizzare lo studio della cultura organizzativa*. In *Ricerca sul comportamento organizzativo* (Vol. 36, pp. 199–224). Elsevier.

Cloke, K., & Goldsmith, J. (2011). *Risolvere i conflitti sul lavoro: dieci strategie per tutti sul posto di lavoro* (3^a ed.). Jossey-Bass.

Edmondson, A. C. (2019). *L'organizzazione coraggiosa: Creare sicurezza psicologica sul posto di lavoro per apprendimento, innovazione e crescita*. Wiley.

Fisher, R., Ury, W., & Patton, B. (2011). *Arrivare al sì: negoziare un accordo senza cedere* (3^a ed.). Penguin Books.

Grant, A. (2021). *Ripensaci: il potere di sapere ciò che non sai*. Vichinghi.

Groysberg, B., Lee, J., Price, J., & Cheng, J. (2018). *La guida del leader alla cultura aziendale*. Harvard Business Review Press.

Heath, C., & Heath, D. (2010). *Switch: Come cambiare le cose quando il cambiamento è difficile*. Broadway Books.

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2014). *Unirsi: teoria di gruppo e abilità di gruppo* (12^a ed.). Pearson.

Kotter, J. P. (2014). *Accelerare: costruire agilità strategica per un mondo che si muove più velocemente*. Harvard Business Review Press.

Lewicka, D., & Zakrzewska-Bielawska, A. F. (2022). *Fiducia e sfiducia nelle relazioni interorganizzative—Sviluppo su scala*. *PLOS ONE*, 17(12), e0279231. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0279231>

4. Syllabus del programma formativo – HEI (EQF6)

Titolo del modulo: IA e apprendimento automatico per prevedere i flussi di materiali e ottimizzare la catena di approvvigionamento/i processi

Livello EQF: 6

Crediti ECTS: 4 ECTS

Carico di lavoro complessivo (ore): 100 ore

- Ore di didattica in presenza (lezioni, laboratori, seminari, workshop, ecc.): 40 ore
- Studio individuale guidato: 30 ore
- Project work: 30 ore

Istituzione erogatrice: IMC HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN KREMS GMBH (IMC KREMS), Austria.

36

4.1 Panoramica del modulo

La transizione dalla Simbiosi Industriale (IS) alla Simbiosi Industriale Digitale (DIS) è cruciale. Questo modulo esplora come integrare l'Intelligenza Artificiale (IA) e il Machine Learning (ML) nella gestione dei flussi dei materiali per migliorare drasticamente l'efficienza delle catene di approvvigionamento, prevedere le tendenze di domanda e offerta, ottimizzare la logistica e ridurre gli sprechi. Fornisce agli studenti come i metodi di intelligenza artificiale (IA) e machine learning (ML) possano essere utilizzati per accelerare la trasformazione digitale degli ecosistemi IS. Imparano come gli algoritmi basati sui dati possano essere utilizzati per prevedere i flussi di materiali ed energia, rilevare inefficienze e supportare decisioni in tempo reale nelle catene di approvvigionamento circolari. Attraverso simulazioni e casi di studio, gli studenti sviluppano competenze nella selezione e applicazione di modelli ML adatti per risolvere problemi industriali reali. Ad esempio, previsione della disponibilità di risorse secondarie, identificazione di corrispondenze simbiotiche e ottimizzazione della logistica. Il modulo pone l'accento sull'integrazione pratica con le piattaforme IS e sull'uso etico dei dati in contesti di economia circolare.

Questo modulo è pensato per studenti di istruzione superiore, educatori, manager aziendali, consulenti, organizzazioni di ricerca, istituzioni di supporto alle imprese e organismi di elaborazione delle politiche impegnati nella sostenibilità, nella previsione e ottimizzazione dei flussi di materiali.

Le competenze acquisite in questo modulo sono utili per le tecnologie e i modelli di gestione simbiotica dell'energia. Ad esempio, la previsione della disponibilità delle risorse supporta la minimizzazione e l'ottimizzazione delle risorse.

Una conoscenza generale della sostenibilità, la trasformazione digitale da IS a DIS è utile da assimilare nel contesto. Le competenze di programmazione di base aiutano gli studenti a implementare gli algoritmi, altrimenti tramite strumenti digitali possono utilizzare algoritmi.

4.2 Risultati di apprendimento (LO)

Gli obiettivi di apprendimento previsti sono suddivisi in tre domini EQF:

▪ **Conoscenza.** *Gli studenti dovranno:*

1. comprendere economia circolare e simbiosi industriale (LO1),
2. dimostrare la comprensione di come l'Intelligenza Artificiale (IA) e il Machine Learning (ML) permettano il miglioramento dei processi e l'ottimizzazione delle risorse all'interno delle reti di simbiosi industriale (LO2),
3. spiega criticamente gli approcci ML supervisionati e non supervisionati, ad esempio previsione di serie temporali, clustering, modellazione predittiva e la loro rilevanza per applicazioni di economia circolare (LO3),
4. comprendere le caratteristiche chiave dei dati di flusso di materiali industriali (LO4),
5. comprendono le sfide etiche, legali e sociali dell'uso dell'IA, ad esempio pregiudizi, privacy e trasparenza (LO5).

▪ **Competenze.** *Gli studenti possono:*

6. raccogliere, pulire e preparare dataset industriali utilizzando strumenti di data science come Python e Pandas per la costruzione e l'analisi di modelli ML (LO6),
7. sviluppare e testare modelli ML (ad esempio ARIMA, LSTM, k-means) per casi d'uso che includono la previsione del flusso di materiali, il rilevamento di anomalie e l'ottimizzazione delle risorse (LO7),
8. interpretare i risultati degli output dei modelli ML per generare insight azionabili per il miglioramento della supply chain, la valorizzazione dei rifiuti e la riprogettazione dei processi (LO8),
9. comunicare efficacemente i risultati analitici attraverso l'uso di piattaforme di visualizzazione (ad esempio, Power BI, QGIS, SankeyMATIC) con chiarezza sia agli stakeholder tecnici che non tecnici (LO9).

▪ **Competenze (autonomia e responsabilità).** *Gli studenti sono in grado di:*

10. selezionare indipendentemente approcci digitali/machine learning appropriati per analizzare e ottimizzare i flussi di risorse industriali in contesti complessi e multistakeholder (LO10),
11. valutare e bilanciare i meriti e i limiti degli strumenti di IA per determinare la tecnica più adatta a un dato scenario di simbiosi industriale, tenendo conto di prestazioni, costi, semplicità e sostenibilità (LO11),
12. avviare e contribuire alla trasformazione digitale delle organizzazioni raccomandando pratiche basate sui dati per migliorare le operazioni di simbiosi industriale (LO12),
13. lavorare in modo collaborativo ed etico in team interdisciplinari, comunicando costantemente insight supportati dall'IA e garantendo un uso responsabile dei dati e la trasparenza del processo decisionale algoritmico (LO13).

4.3 Programmazione indicativa del percorso formativo e modalità di erogazione

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
1	Introduzione agli IS e all'economia circolare	Lezione / /e-learning	Definizioni, esempi di IS nel contesto dell'economia circolare.	LO1	Akrivou et al. (2022), Rincón-Moreno et al. (2020).	Blended: lezione interattiva, esempi di casi
2	Introduzione all'applicazione di IA e ML in IS	Lezione / workshop / e-learning	Definizioni, fondamenti di AI e ML, evoluzione dall'IS tradizionale al DIS.	LO1, LO2, LO3	Vimal et al. (2020), Ashton et al. (2022), Neves et al. (2020)	Blended: lezione interattiva, discussione di gruppo, esempi di casi
3	Fonti di dati e strutture del flusso di materiali, mappatura dei flussi di risorse (flussi di materiali/energia e energia)	Lezione / workshop / e-learning	Introduzione alle strutture dati, tecniche di pulizia dei dati e metodi per il matching simbiotico, piattaforme e strumenti digitali, introduzione a Pandas/Python per dati IS	LO3, LO4, LO5	Xue et al. (2023), Cagno et al. (2023), Neves et al. (2020), Angelis-Dimakakis et al. (2021), Silva et al. (2022), tutorial software	Lezione, esercizi a passi, uso pratico di software di mappatura, dimostrazione
4	Algoritmi tradizionali di machine learning, ML-pipeline, versioning e test dei modelli	Lezione / workshop / e-learning	Metodi per classificazione e clustering (machine learning non supervisionato) e la loro applicazione nel flusso di materiali, usi per la pipeline di ML, test di modelli e mantenimento del versioning	LO2, LO3, LO7, LO10	Namoun et al. (2022), Demetriou et al. (2024), Filippou et al. (2023), Nguyen et al. (2020) Luo et al. (2021), Chandrasekaran et al. (2023)	Misto, analisi di casi di studio, brainstorming di gruppo
5	Previsione delle serie temporali e strumenti e tecnologie utilizzate	Lezione / workshop / e-learning	Metodi per la previsione delle serie temporali e la loro applicazione nei flussi di materiali ed energia, esempi di	LO2, LO3, LO4, LO7, LO10	Vimal et al. (2020), Cagno et al. (2023), Neves et al. (2020)	Misto, analisi di casi di studio, brainstorming di gruppo

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
6	Introduzione della supply chain e ruolo dell'IA nella gestione della supply chain	Lezione / workshop / e-learning	La catena di approvvigionamento, i suoi impatti e i benefici dell'IA nella gestione con strumenti introduzione	LO4, LO5, LO7, LO8, LO10	Demartini et al. (2022), Zamani et al. (2022)	Analisi mista, studio di caso
7	Ottimizzazione dei flussi logistici	Lezione / workshop / e-learning	Importanza dell'ottimizzazione dei flussi logistici, metodi per l'ottimizzazione del routing e i relativi vincoli	LO4, LO5, LO7, LO8, LO10	Xue et al. (2023), Cagno et al. (2023), Neves et al. (2020), Aviso et al. (2022)	Blended: lezione interattiva, discussione di gruppo, esempi di casi
8	Apprendimento automatico per analisi predittiva e manutenzione	Lezione / workshop / e-learning	Metodi per la previsione e il rilevamento delle anomalie, introduzione di una fonte di dati per la manutenzione tramite analisi predittiva.	LO2, LO7, LO8, LO9, LO10	Vimal et al. (2020), Namoun et al. (2022)	Blended: lezione interattiva, discussione di gruppo, esempi di casi
9	Integrazione di ML/AI negli IS e limitazioni e pregiudizi nell'IA e nell'etica dei dati	Lezione / workshop / e-learning	Metodi per integrare l'IA nei sistemi di informazione, sfide/limitazioni tramite l'uso dell'IA, aspetti etici, legali e sociali nell'IA/ML per i sistemi di integrazione (pregiudizio, privacy, trasparenza)	LO4, LO5, LO10, LO11, LO13	Ponis (2021), Demartini et al. (2022), Angelis-Dimakis et al. (2023)	Misto, analisi di casi di studio, brainstorming di gruppo
10	Progetto pratico IS.	Progetto e valutazione	Progetto di gruppo: sviluppo di un modello predittivo di flusso di materiali per gli SI	LO6, LO8, LO9, LO10, LO11, LO12, LO13	Tutte le lecture/materiali e piattaforme sopra menzionati	Lavoro di gruppo, apprendimento basato su progetti, feedback di pari e insegnanti e presentazione di progetti di gruppo.

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
10	Valutazione e riflessione finale	Valutazione	Esami finali e valutazioni.	LO1, LO2, LO3, LO4, LO5, LO9	Tutte le letture/materiali sopra menzionati.	Esami scritti e orali (domande aperte, domande a scelta multipla, quiz, ecc.).

4.4 Metodi di Insegnamento e Apprendimento

▪ *Approccio all'apprendimento*

Il modulo adotta un approccio di apprendimento misto che integra sessioni in presenza, attività online e Studio individuale guidato in un design pedagogico coerente. Gli studenti passano progressivamente dalla comprensione concettuale di IA, machine learning e simbiosi industriale all'applicazione indipendente di questi concetti in contesti DIS realistici. L'ambiente di apprendimento è centrato sullo studente e orientato alle competenze, favorendo il pensiero analitico, la riflessione etica e la collaborazione interdisciplinare allineata agli obiettivi di apprendimento previsti (LO1–LO13).

▪ *Metodi di insegnamento chiave*

L'insegnamento è strutturato attorno a una combinazione di lezioni, seminari, workshop pratici e laboratori informatici, apprendimento basato sui casi e lavoro basato su progetti. Le lezioni introducono fondamenti teorici, quadri e contesti politici, mentre i seminari sono utilizzati per leggere criticamente la letteratura accademica, le normative UE e i modelli di business. I workshop e i laboratori si concentrano su competenze pratiche nella gestione dei dati, nello sviluppo di modelli e nella visualizzazione utilizzando strumenti come Python, Power BI, QGIS e SankeyMATIC. Case study e progetti di gruppo espongono gli studenti a dataset e scenari industriali autentici, permettendo loro di progettare e valutare soluzioni di simbiosi industriale abilitate dall'IA. Compiti asincroni di e-learning, quiz e letture preparatorie favoriscono la continuità tra le sessioni di contatto e incoraggiano un coinvolgimento continuo.

▪ *Approcci all'apprendimento attivo e all'applicazione pratica*

L'apprendimento attivo è integrato attraverso la risoluzione collaborativa dei problemi, compiti basati sull'indagine e cicli di feedback iterativi. Gli studenti lavorano in team interdisciplinari per pulire e analizzare i dati di flusso di materiali industriali, selezionare approcci di apprendimento automatico adeguati e interpretare i risultati dei modelli per il processo decisionale nelle catene di approvvigionamento circolari. Simulazioni, analisi di scenari e lavori di progetto orientati al design richiedono agli studenti di applicare conoscenze teoriche a sfide complesse e reali, culminando in risultati tangibili come rapporti analitici, dashboard e presentazioni personalizzate sia per stakeholder tecnici che non tecnici. Il feedback formativo continuo e le attività di riflessione strutturata supportano ulteriormente lo sviluppo dell'autonomia, del giudizio professionale e della pratica responsabile basata sui dati.

42

4.5 Metodi di valutazione e evidenze

Componenti della valutazione

La strategia di valutazione combina elementi formativi e sommativi per valutare sia la comprensione concettuale sia l'applicazione pratica di metodi di IA e machine learning nella simbiosi industriale. La valutazione sommativa si basa su un progetto integrativo, un esame scritto e una componente comunicativa, mentre le attività formative (quiz, compiti di laboratorio, presentazioni di bozze) forniscono feedback e apprendimento a supporto lungo tutto il modulo.

Metodi di valutazione sommativa (ponderazione indicativa):

- *Progetto finale di gruppo sull'IA (studio di caso ispirato all'industria per un modello predittivo) (Peso 35%).*
- *Esercizio pratico (esercizi basati su strumenti) (Peso 25%).*
- *Esame finale (breve saggi, domande basate su problemi e domande a scelta multipla) (Peso 30%).*
- *Partecipazione e coinvolgimento in seminari, laboratori e feedback tra pari (peso 10%)*

Prove del raggiungimento dei risultati di apprendimento

Gli studenti dimostrano il loro apprendimento attraverso un dossier analitico del progetto (codice, log di elaborazione dati, output dei modelli), un rapporto tecnico strutturato, una serie di artefatti visivi (cruscotti, mappe, diagrammi di Sankey) e una presentazione orale o screencast adattata a pubblici vari. L'esame scritto fornisce prove di comprensione teorica e riflessione critica sui concetti di AI/ML, sulla simbiosi industriale e sui pertinenti quadri politici ed etici. Le valutazioni formative, inclusi quiz a basso rischio, checkpoint intermedi per i progetti e feedback sulle bozze, supportano la progressione verso questi risultati sommativi senza avere un peso significativo nel voto finale.

4.6 Bibliografia e strumenti

4.6.1 Obbligatorie

Akrivou, C., Łekawska-Andrinopoulou, L., Manousiadis, C., Tsimiklis, G., Oikonomopoulou, V., Papadaki, S., Krokida, M., & Amditis, A. (2022). Concetto di mercato per la simbiosi industriale per i percorsi di valorizzazione dei rifiuti. *E3S Web of Conferences*, 349, 11005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202234911005>

Rincón-Moreno, J., Ormazabal, M., Álvarez, M. J., & Jaca, C. (2020). Carenze della trasformazione di un sistema di economia circolare locale attraverso la simbiosi industriale: uno studio di caso nelle PMI spagnole. *Sostenibilità*, 12(20), 8423. <https://doi.org/10.3390/su12208423>

Filippou, K., Aifantis, G., Papakostas, G. A., & Tsekouras, G. E. (2023). Apprendimento strutturale e ottimizzazione degli iperparametri utilizzando una pipeline di machine learning automatizzato (AutoML). *Informazioni*, 14(4), 232. <https://doi.org/10.3390/info14040232>

Nguyen, T., Maszczyk, T., Musial, K., Zöller, M., & Gabrys, B. (2020). AVATAR - Valutazione della pipeline di machine learning utilizzando il modello surrogato. *ArXiv, abs/2001.11158*.

Luo, Z., Wang, J., Li, C., Xiong, L., & Zhao, Y. (2021). MLCask: Gestione efficiente dell'evoluzione dei componenti nei pipeline di analisi dati collaborative. Nel *2021 la 37ª Conferenza Internazionale IEEE sull'Ingegneria dei Dati (ICDE)* (pp. 1655–1666). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICDE51399.2021.00146>

Chandrasekaran, J., Cody, T., McCarthy, N., Lanus, E., & Freeman, L.J. (2023). Test & Evaluation Migliori Pratiche per Sistemi Abilitati al Machine Learning. *ArXiv, abs/2310.06800*.

Angelis-Dimakis, A., Arampatzis, G., Alexopoulos, A., Vyrkou, A., Pantazopoulos, A., & Angelis, V. (2023). *Simbiosi industriale nella regione Balcanico-Mediterranea: il caso dei rifiuti solidi. Ambienti*, 10(1), <https://doi.org/10.3390/environments10010001>

Angelis-Dimakis, A., Arampatzis, G., Pieri, T., Solomou, K., Dedousis, P., & Apostolopoulos, G. (2021). *Piattaforma SWAN: Uno strumento web per supportare lo sviluppo di modelli di business per il riutilizzo industriale dei rifiuti solidi. Gestione dei rifiuti e ricerca*, 39(3), 489–498. <https://doi.org/10.1177/0734242X21989413>

Ashton, W. S., Chertow, M. R., & Althaf, S. (2022). *Simbiosi industriale: nuove reti di approvvigionamento per l'economia circolare*. In L. Bals, W. L. Tate, & L. M. Ellram (a cura di), *Catene di approvvigionamento a economia circolare: dalle catene ai sistemi* (pp. 29–48). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-83982-544-620221002>

Aviso, K. B., Laddaran, A., & Ngo, J. S. (2022). *Modellazione degli obiettivi degli stakeholder in simbiosi industriale. Integrazione e ottimizzazione dei processi per la sostenibilità*, 6, 543–558. <https://doi.org/10.1007/s41660-022-00226-6>

Cagno, E., M., Neri, A., & Giambone, M. (2023). *Un quadro per governarli tutti: un quadro integrato, multilivello e scalabile di misurazione delle prestazioni di sostenibilità, economia circolare e simbiosi industriale. Produzione e Consumo Sostenibili*, 35, 55–71. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.10.016>

Demartini, M., Tonelli, F., & Govindan, K. (2022). *Un'indagine sugli approcci di modellizzazione per la simbiosi industriale: una revisione della letteratura e un programma di ricerca. Logistica e Catena di Approvvigionamento più pulite*, 3, 100020. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2021.100020>

Demetriou, D., Polydrou, T., Petrou, Nicolaides, D., Petrou, M. F. (2024). Un approccio di apprendimento automatico per clustering per migliorare la previsione della resistenza alla compressione del calcestruzzo. *Rapporti di ingegneria*, 6(6), e12934. <https://doi.org/10.1002/eng2.12934>

Henriques, J. D., Azevedo, J., Dias, R., Estrela, M., Ascenço, C., Vladimirova, D., & Miller, K. (2022). *Implementazione degli incentivi per la simbiosi industriale: un quadro di valutazione applicato per la mitigazione del rischio. Economia circolare e sostenibilità*, 2, 669–692. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00069-2>

Karman, A., Prokop, V., & Lopes de Sousa Jabbour, A. B. (2024). *Le pratiche dell'economia circolare come scudo per la resilienza organizzativa e di rete a lungo termine durante una crisi: intuizioni da una simbiosi industriale. Journal of Cleaner Production*, 466, 142822. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142822>

Namoun, A., Tufail, A., Khan, M. Y., Alrehaili, A., Syed, T. A., & BenRhouma, O. (2022). Generazione e smaltimento di rifiuti solidi utilizzando approcci di machine learning: un'analisi di soluzioni e sfide. *Sostenibilità*, 14(20), 13578. <https://doi.org/10.3390/su142013578>

Neves, A., Godina, R., Azevedo, S.G. & Matias, J.C.O. (2020) *Una revisione completa della simbiosi industriale*. *Journal of Cleaner Production*. 247. doi:10.1016/j.jclepro.2019.119113.

Ponis, S. T. (2021). *Reti di simbiosi industriale in Grecia: Sfruttare la potenza dei marketplace B2B basati su blockchain*. *La JBBA*, 4(1). [https://doi.org/10.31585/jbba-4-1-\(4\)2021](https://doi.org/10.31585/jbba-4-1-(4)2021)

Tutorial sul software QGIS. Disponibile su: https://docs.qgis.org/3.40/en/docs/training_manual/index.html

Tutorial sul software SankeyMATIC. Disponibile su: <https://sankeymatic.com/manual/>

Silva, M. G., de Carvalho, T. S., Castagna, A. G., Strauhs, F. do R., & Piekarski, C. M. (2022). *Il ruolo delle piattaforme online per abilitare il processo di simbiosi industriale: un'analisi degli strumenti disponibili sul mercato*. *Clean Production Letters*, 3, 100021. <https://doi.org/10.1016/j.clpl.2022.100021>

Taqi H. M. M., Meem, E. J., Bhattacharjee, P., Salman, S., Ali, S. M., & Sankaranarayanan, B. (2022). *Quali sono le sfide che rendono complicato il percorso verso la simbiosi industriale?* *Journal of Cleaner Production*, 370, 133384. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133384>

Vimal, K. E. K., Jayakrishna, K., Ameen, T., Afridhi, S. S., Vasudevan, V., & Sreedharan, R. (2020). *Un'indagine sull'impatto dell'implementazione della simbiosi industriale sulle prestazioni organizzative utilizzando un approccio gerarchico analitico*. *Benchmarking: Una rivista internazionale*, 27(2), 886–911. <https://doi.org/10.1108/BIJ-12-2018-0423>

Xue, X., Wang, S., Chun, T., Xin, H., Xue, R., Tian, X., & Zhang, R. (2023). *Un quadro integrato per la valutazione delle prestazioni della simbiosi industriale in un parco industriale ad alta intensità energetica in Cina*. *Scienze Ambientali e Ricerca sull'Inquinamento*, 30, 42056–42074. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25232-0>

Zamani, E. D., Smyth, C., Gupta, S., & Dennehy, D. (2022). *Intelligenza artificiale e analisi dei big data per la resilienza della supply chain: una revisione sistematica della letteratura*. *Annali della ricerca operativa*, 1–28. Pubblicazione online anticipata. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04983-y>

4.6.2 Consigliati

Agudo, F. L., Bezerra, B. S., & Gobbo Júnior, J. A. (2023). *Prontezza simbiotica: Fattori che interferiscono con l'implementazione della simbiosi industriale*. *Journal of Cleaner Production*, 387, 135843. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.135843>

Agudo, F. L., Bezerra, B. S., & Gobbo Júnior, J. A. (2024). *Una panoramica della prontezza delle aziende brasiliane a implementare la simbiosi industriale*. *Strategia aziendale e ambiente*, 33, 1066–1080. <https://doi.org/10.1002/bse.3534>

Agudo, F. L., Bezerra, B. S., Paesa, L. A. B., & Gobbo Júnior, J. A. (2022). *Proposta di uno strumento di valutazione per diagnosticare la prontezza della simbiosi industriale*. *Produzione e Consumo Sostenibili*, 30, 916–929. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.01.013>

Barteková, E. e P. Börkey (2022), *Digitalizzazione per la transizione verso un'economia efficiente e circolare in termini di risorse*, *OECD Environment Working Papers*, n. 192, OECD Publishing, Parigi, <https://doi.org/10.1787/6f6d18e7-en>.

Commissione Europea. (2020). Regolamento tassonomico dell'UE (Regolamento (UE) 2020/852). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32020R0852>

Accordo Verde Europeo. Disponibile su: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

Adatto a un pacco da 55 piedi. Disponibile su: https://commission.europa.eu/topics/climate-action/delivering-european-green-deal/fit-55-delivering-proposals_en

Khan, Z. A., Chowdhury, S. R., Mitra, B., Mozumder, M. S., Elhaj, A. I., Salami, B. A., Rahman, M. M., & Rahman, S. M. (2023). *Analisi di casi di studio sulla simbiosi industriale e il suo potenziale in Arabia Saudita*. **Journal of Cleaner Production*, 385*, 135536. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135536>

Mantese, G.C. & Amaral, D.C. (2018) Simulazione basata su agenti per valutare e categorizzare indicatori di simbiosi industriale. *Journal of Cleaner Production*. 186, 450–464. doi:10.1016/j.jclepro.2018.03.142.

Neves, A., Godina, R., Carvalho, H., Azevedo, S.G. & Matias, J.C.O. (2019) *Iniziative di simbiosi industriale negli Stati Uniti d'America e in Canada: Stato attuale e sfide*. In: *Atti dell'8ª Conferenza Internazionale 2019 su Tecnologia e Gestione Industriale, ICITM 2019*. 2019 pp. 247–251. doi:10.1109/ICITM.2019.8710744.

Sgambaro, L., Chiaroni, D., Lettieri, E., & Paolone, F. (2024). *Esplorare la simbiosi industriale per l'economia circolare: indagare e confrontare l'anatomia e le strategie di sviluppo in Italia*. *Decisione di gestione*, <https://doi.org/10.1108/MD-04-2023-0658>

5. Syllabus del programma formativo – HEI (EQF6)

Titolo del modulo: Tecnologie blockchain, per creare sistemi di tracciamento e certificazione trasparenti e sicuri per i flussi di materiali ed energia

Livello EQF: 6

Crediti ECTS: 4 ECTS

Carico di lavoro complessivo (ore): 100 ore

- Ore di didattica in presenza (lezioni, laboratori, seminari, workshop, ecc.): 40 ore
- Studio individuale guidato: 30 ore
- Project work: 30 ore

Istituzione erogatrice: DIMITROVA LIDIA (LIDI), Paesi Bassi.

47

5.1 Panoramica del modulo

Questo modulo introduce i fondamenti e l'uso applicato delle tecnologie blockchain nel contesto della simbiosi industriale (IS) e dell'economia circolare. Gli studenti esploreranno come la blockchain possa essere sfruttata per creare sistemi sicuri, immutabili e trasparenti per tracciare i flussi di materiali ed energia attraverso complesse reti industriali. Il modulo si concentra sul miglioramento dell'integrità dei dati, della tracciabilità in tempo reale e della conformità agli standard ambientali e di sostenibilità (ad esempio CSRD, EFRAG, ISO 14000). Attraverso una combinazione di input teorici, analisi di casi di studio e laboratori applicati, gli studenti acquisiranno approfondimenti pratici sui passaporti prodotti basati su blockchain, digital twin e sistemi di certificazione che supportano transizioni a basse emissioni di carbonio e responsabilità interorganizzativa. Il modulo è particolarmente rilevante per i futuri SymbioTech Manager che mirano a digitalizzare la gestione delle risorse in ecosistemi industriali multiattori.

5.2 Risultati di apprendimento (LO)

Gli obiettivi di apprendimento previsti sono suddivisi in tre domini EQF:

- **Conoscenza.** Gli studenti dovranno:
 1. comprendere l'architettura blockchain, inclusi registri distribuiti, algoritmi di consenso e smart contract (LO1),

2. conoscere la tokenizzazione, gli oracoli, i protocolli di tracciabilità e i framework di conformità (LO2),
3. hanno una profonda consapevolezza delle questioni etiche, legali e di governance nei sistemi di sostenibilità basati su blockchain (LO3).

▪ **Competenze.** *Gli studenti possono:*

4. progettazione di logica smart contract (LO4),
5. flussi di tracciabilità cartografica e modellata per materie prime, input riciclati o energie rinnovabili (LO5),
6. utilizzare i quadri di valutazione per confrontare le soluzioni blockchain per scopi di tracciabilità, audit o rendicontazione (LO6),
7. bozze di modelli di passaporto digitale prodotto per le domande IS (LO7).

▪ **Competenze (autonomia e responsabilità).** *Gli studenti sono in grado di:*

8. valutare in modo indipendente l'adeguatezza delle soluzioni blockchain in scenari reali di sostenibilità (LO8),
9. esercitare il giudizio nella gestione dei conflitti tra trasparenza e riservatezza nei dati industriali (LO9),
10. collaborare tra team tecnici e aziendali per promuovere l'innovazione basata sulla fiducia nei sistemi circolari (LO10),
11. comunicare il potenziale e i limiti della tracciabilità basata su blockchain a molteplici stakeholder (tecnici, legali, gestionali) (LO11).

5.3 Programmazione indicativa del percorso formativo e modalità di erogazione

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
1	Introduzione alla Blockchain e all'architettura DLT	Lezione / workshop / e-learning	Demo interattiva: come i blocchi si collegano in un registro	LO1, LO2	Bahga & Madiseti (2016), Wang et al. (2020), Westerkamp et al. (2018), Samaniego & Deters (2023), Brownworth (s.d.)	Lezione interattiva con approfondimenti chiave sui fondamenti della Blockchain.
2	Blockchain ed Economia Circolare	Lezione / workshop / e-learning	Analisi del caso: Circularise, Everledger	LO6, LO8	Ventura et al. (2024), Xia et al. (2025), Vladucu et al. (2024)	Studio di caso di Circularise ed Everledger per una comprensione approfondita delle tecnologie disponibili.
3	Smart Contract e Tokenizzazione delle Risorse per IS	Lezione / workshop / e-learning	Gettone di progettazione per flussi di materiali	LO2, LO4, LO5	Westerkamp et al. (2018), Fu et al. (2023), Zuo et al. (2025)	Attività con esercizi relativi alla progettazione di smart contract e token.
4	Tracciabilità nelle catene di approvvigionamento e nei passaporti digitali di prodotto	Lezione / workshop / e-learning	Crea un modello base DPP	LO2, LO5, LO7	Zhang et al. (2023), Sezer et al. (2021), Malik et al. (2021)	Attività in cui gli studenti devono creare un modello DPP, indagando sulle decisioni di design.

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
5	Certificati energetici e blockchain	Lezione / workshop / e-learning	Simulare il tracciamento delle energie rinnovabili	LO2, LO5	Fu et al. (2023), Liu et al. (2024), Zuo et al. (2025)	Effettuate una simulazione per un tracciamento realistico dell'energia delle rinnovabili.
6	Integrazione IoT e Oracle	Lezione / workshop / e-learning	Progettazione di un cruscotto sensore	LO1, LO2	Bahga & Madiseti (2016), Wang et al. (2020), Samaniego & Deters (2023), Schmid & Lefèvre (2024)	Analizza esempi di dashboard sensoriali esistenti e usa il pensiero critico per applicare i principi a un caso d'uso fornito.
7	Privacy, Sicurezza e Conformità	Lezione / workshop / e-learning	Caso etico: tracciabilità vs riservatezza	LO2, LO3	Cali et al. (2021), Sezer et al. (2021), Malik et al. (2021), Khan & Salah (2022)	Dibattito di gruppo o analisi individuale dei compromessi tra tracciabilità e riservatezza
8	Group Design Sprint	Progetto e valutazione	Workshop di ideazione: progetto di tracciamento delle risorse	LO5, LO6, LO10, LO11	Non rilevante	Lavoro di gruppo/brainstorming per proporre una soluzione a un problema esistente utilizzando argomenti del corso.
9	Presentazioni finali	Progetto e valutazione	Presentazioni di progetti di gruppo	LO9, LO10, LO11	Non rilevante	Presentazione di progetto di gruppo.

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
10	Esame	Valutazione	Esami finali e valutazioni.	LO1, LO2, LO3	Tutte le lecture/materiali sopra menzionati.	Esami scritti e orali (domande aperte, quiz, ecc.).

5.4 Metodi di Insegnamento e Apprendimento

▪ *Approccio all'apprendimento*

Per questo modulo viene utilizzato un approccio ibrido. Questo comporta una combinazione di sessioni guidate da istruttori insieme a risorse di autoapprendimento. Le sessioni guidate dai formatori si svolgeranno in un'aula digitale dove gli studenti parteciperanno alle lezioni in orari specifici. Questo ambiente sociale digitale migliora la comprensione attraverso la comunicazione interpersonale. Le risorse di autoapprendimento saranno accessibili agli studenti da utilizzare quando meglio desiderano. Queste risorse includono lezioni, presentazioni, documenti, figure e video preregistrati. Un tale approccio consente un equilibrio tra struttura e libertà, volto a beneficiare studenti con diverse preferenze e abitudini di apprendimento. Questa flessibilità consente inoltre touchpoint multimediali che forniscono un'intuizione più completa sugli argomenti in questione, poiché vengono visti e presentati attraverso una lente diversa, soprattutto grazie alla combinazione di testo scritto, materiale video, simulazioni interattive e insegnanti coinvolgenti.

▪ *Metodi di insegnamento chiave*

Per offrire un'esperienza di apprendimento completa, verranno utilizzati vari metodi didattici. In particolare, lezioni interattive, seminari, laboratori pratici, laboratori informatici supervisionati e progetti di gruppo. I contenuti di questo modulo, che trattano i temi Blockchain, Simbiosi Industriale (IS), Economia Circolare (CE), Supply Chain Tracking e Smart Contract, saranno forniti combinando i metodi didattici sopra menzionati.

▪ *Approcci e metodi che supportano l'apprendimento attivo e l'applicazione pratica della conoscenza.*

Fondendo i metodi di insegnamento all'interno di questo modulo, ciascuno può essere utilizzato per estrarne un valore significativo. L'impegno sociale e la fiducia personale permettono un'esperienza interattiva e personalizzata, offrendo agli studenti l'opportunità di chiarire eventuali dubbi riguardo alla loro comprensione degli argomenti. L'aspetto asincrono permette agli studenti di lavorare al proprio ritmo, riducendo lo stress per chi beneficia di anticipare o rivedere argomenti precedenti. Il diverso formato dei materiali didattici avvantaggia anche gli studenti, poiché possono scegliere quali formati sono più efficaci per il loro stile di apprendimento. Al di fuori degli argomenti obbligatori, saranno disponibili risorse supplementari per studenti profondamente interessati a determinati argomenti.

Grazie ai progetti di gruppo, questo modulo acquisirà capacità di lavoro di squadra e comunicazione. Le conoscenze e le competenze saranno direttamente applicabili all'ambiente di lavoro reale. Questo permette agli studenti di essere preparati per progetti nel contesto LCA.

5.5 Metodi di valutazione e prove

Componenti della valutazione e prove del raggiungimento dei risultati di apprendimento:

Questo modulo, in linea con i diversi metodi didattici, offrirà una serie di metodi di valutazione per rilevare i progressi fatti dagli studenti sia in termini di conoscenza che di sviluppo delle

competenze. Tali metodi di valutazione includono esami, progetti di gruppo, relazioni di laboratorio e partecipazione interattiva in classe.

- *Progetto di gruppo (Peso 40%).* Proponi una soluzione a un problema esistente utilizzando argomenti del corso. È consentito l'uso dell'IA generativa per brainstorming e ricerca di problemi e soluzioni esistenti.
- *Portfolio di rapporti di laboratorio (peso 30%).* Tutti i compiti di design combinati tengono conto di questo voto.
- *Esame finale (peso 30%).* Domande tecniche e basate su scenari, modellazione energetica e allineamento normativo.

5.6 Bibliografia e Strumenti

Bahga, A., & Madiseti, V. K. (2016). Piattaforma blockchain per l'internet industriale delle cose. *Journal of Software Engineering and Applications*, 9(10), 533–546. <https://doi.org/10.4236/jsea.2016.910036>

Cali, U., Kuzlu, M., Pipattanasomporn, M., Elma, O., & Reddi, K. (2021). Cybersecurity dei dati e delle applicazioni di energia rinnovabile utilizzando la tecnologia del registro distribuito. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2110.11354>

Fu, X., Tan, W., & Xu, Y. (2023). Il certificato di energia rinnovabile basato su blockchain è destinato a comunità a basse emissioni di carbonio di agenti energetici attivi. *Sostenibilità*, 15(23), 16300. <https://doi.org/10.3390/su152316300>

Khan, M., & Salah, K. (2022). Blockchain per una gestione trasparente e sicura della catena di approvvigionamento nei sistemi di energia rinnovabile. *International Journal of Sustainable Technology and Renewable Applications*, 11(1), 22–34.

Malik, N., Dedeoglu, V., Kanhere, S. S., & Jurdak, R. (2021). PrivChain: Provenienza e preservazione della privacy nelle catene di approvvigionamento abilitate alla blockchain. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2104.13964>

Samaniego, M., & Deters, R. (2023). Un approccio Digital Twin per la gestione delle risorse IoT basate su blockchain. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2309.01042>

Schmid, D., & Lefèvre, J. (2024). Certificazione basata su blockchain per il mercato europeo dell'idrogeno: considerazioni e sfide progettuali. *Frontiere nella blockchain*, 5, 1408743. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2024.1408743>

Sezer, E., Topal, A., & Nuriyev, U. (2021). Meccanismi di revisione, trasparenza e salvaguardia della privacy per la tracciabilità della supply chain basata su blockchain. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2103.10519>

Silvestri, L., Forcina, A., Introna, V., Santolamazza, A., & Cesarotti, V. (2020). Trasformazione della manutenzione attraverso tecnologie Industry 4.0: una revisione sistematica della letteratura. *Computer in Industry*, 123, 103335. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103335>

Ventura, V., La Monica, M., Bortolini, M., Cutaia, L., & Mora, C. (2024). Blockchain e simbiosi industriale: un quadro preliminare in due fasi per le catene di approvvigionamento circolari verdi. *Economia circolare e sostenibilità*, 22, 17–30.

Wang, Q., Zhu, X., Ni, Y., Gu, L., & Zhu, H. (2020). Blockchain per l'IoT e l'IoT industriale: una recensione. *Internet delle Cose*, 10, 100081. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2019.100081>

Westerkamp, M., Victor, F., & Küpper, A. (2018). Tracciare i processi produttivi utilizzando ricette di token basate su blockchain. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/1810.09843>

Xia, H., Li, J., Li, Q. J., Milisavljevic-Syed, J., & Salonitis, K. (2025). Integrare blockchain con passaporti digitali per i prodotti per gestire la catena di approvvigionamento inversa. *Ricerca sui trasporti Parte E: Logistica e Transportation Review*, 202, 104336. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2025.104336>

Zhang, B., Lee, J., & Song, H. (2023). Un framework di tracciabilità della supply chain basato su blockchain che utilizza certificati digitali. *Rivista Internazionale di Ricerca e Applicazioni Logistiche*.

Zuo, K., Wang, S., & Li, J. (2025). Uno schema commerciale non trasferibile di energia verde basato sulla blockchain. *Energies*, 17(16), 4002. <https://doi.org/10.3390/en17164002>

6. Syllabus del programma formativo – HEI (EQF6)

Titolo del modulo: Tecnologie e modelli simbiotici di efficienza energetica/gestione

Livello EQF: 6

Crediti ECTS: 4 ECTS

Carico di lavoro complessivo (ore): 100 ore

- Ore di didattica in presenza (lezioni, laboratori, seminari, workshop, ecc.): 30 ore
- Autoapprendimento guidato: 40 ore
- Project work: 30 ore

Istituzione erogatrice: VSB - UNIVERSITÀ TECNICA DI OSTRAVA (VSB - TUO), Cechia.

55

6.1 Panoramica del modulo

Questo modulo offre un'introduzione ai sistemi energetici, alle energie rinnovabili e alla gestione sostenibile dell'energia. Gli studenti acquisiranno una solida comprensione della produzione e del consumo di elettricità, delle fonti di energia rinnovabile, dell'efficienza energetica negli edifici, dei flussi energetici industriali, dei modelli energetici comunitari, dei metodi finanziari e di valutazione, e della gestione delle quote di emissione.

Il modulo combina teoria con applicazioni pratiche attraverso lezioni, workshop, seminari, e-learning, casi di studio e simulazioni. Gli studenti applicheranno le loro conoscenze in esercizi come audit energetici, simulazioni di accumulo energetico, interventi di efficienza, modellazione energetica comunitaria e progettazione di infrastrutture urbane blu-verde. I progetti di gruppo e i compiti analitici svilupperanno ulteriormente le loro capacità decisionali, di previsione e ottimizzazione.

Prerequisiti Nota: Si raccomanda una conoscenza di base del software per fogli di calcolo (ad esempio, Excel) e dei principi economici generali.

Al termine del modulo, gli studenti saranno in grado di analizzare i sistemi energetici, valutare impatti ambientali ed economici, progettare e valutare misure di risparmio energetico e prendere decisioni informate riguardo alle strategie di gestione energetica.

6.2 Risultati di apprendimento (LO)

Gli obiettivi di apprendimento previsti sono suddivisi in tre domini EQF:

▪ **Conoscenza.** *Gli studenti dovranno:*

1. comprendere i sistemi e i flussi energetici: comprendere i concetti chiave di produzione di elettricità, fonti rinnovabili e non rinnovabili, e distribuzione nel contesto della gestione dell'energia (LO1),
2. Definire efficienza energetica e servizi: Spiegare i principi dei servizi energetici, i fattori di efficienza (costi, rischi, tecnologia) e il ruolo degli audit energetici (LO2),
3. distinguere i modelli di business: Differenziare tra modelli di offerta tradizionali e modelli basati sulle prestazioni (ESCO, EPC, PPA), inclusi i framework di energia comunitaria e di proprietà condivisa (LO3),
4. comprendere i principi finanziari e di rischio: comprendere i metodi di valutazione finanziaria (ROI, IRR, Payback) e identificare i rischi associati ai progetti di flusso di cassa ed energia (LO4),
5. comprendere i meccanismi regolatori: comprendere il quadro legislativo per le quote di emissione, i programmi di scambio e le politiche energetiche urbane (LO5).

▪ **Competenze.** *Gli studenti possono:*

6. analizzare i dati energetici: eseguire calcoli per bilanciare i flussi energetici industriali, identificare opportunità di efficienza e ottimizzare i consumi (LO6),
7. Valutare soluzioni edilizie e urbane: Valutare le prestazioni energetiche degli edifici e progettare infrastrutture blu-verdi (ad esempio, tetti verdi) per mitigare isole di calore urbane (LO7),
8. applicare modelli di previsione: utilizzare analisi di serie temporali e modelli stocastici per prevedere variabili incerte nei mercati energetici (LO8),
9. condurre analisi economiche: Calcolare i flussi di cassa per progetti di energia rinnovabile ed eseguire valutazioni utilizzando variabili deterministiche e casuali (LO9),
10. Confronta le opzioni di contratto: Analizza e seleziona approcci contrattuali ottimali (ad esempio, risparmio garantito vs. risparmio condiviso) basandosi su vincoli specifici (LO10).

- **Competenze (autonomia e responsabilità).** *Gli studenti sono in grado di:*
 11. prendere decisioni strategiche di investimento: sintetizzare analisi del rischio ed economica per prendere e difendere decisioni informate riguardanti gli investimenti nelle energie rinnovabili (LO11),
 12. progettare modelli energetici simbiotici: sviluppare modelli aziendali o operativi validi per la condivisione comunitaria dell'energia e la generazione decentralizzata di energia (LO12),
 13. ottimizzare le strategie di emissione: formulare strategie per la gestione delle quote di emissione al fine di raggiungere la conformità e l'ottimizzazione economica (LO13),
 14. risolvere problemi energetici complessi: integrare aspetti tecnici, ambientali e sociali per proporre soluzioni olistiche per una gestione sostenibile dell'energia (LO14).

6.3 Programmazione indicativa del percorso formativo e modalità di erogazione

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
1	Introduzione all'energia elettrica, alla gestione della produzione e del consumo di elettricità nel contesto delle risorse rinnovabili e non rinnovabili.	Lezione / e-learning	Concetti di base di energia elettrica, cicli di produzione, distribuzione e consumo rispetto alla gestione dell'energia nelle entità economiche.	LO1, LO6,	Cleveland, & Morris (2015), Randolph & Masters (2018), Rubino, Sapio & La Scala (2021)	Lezioni interattive, discussioni.
2	Fonti di energia rinnovabile	Lezione / workshop / e-learning	Tipi di fonti rinnovabili, impatti ambientali/sociali e integrazione della rete.	LO1, LO2, LO7	Sebestyén (2011), Alam et al. (2020), Beck et al. (2025), Commissione Europea (2017)	Gioco di smistamento delle fonti di energia. Attività interattiva con la mappa - dove le energie rinnovabili funzionano meglio. Minicase studio: Energia rinnovabile nel mio paese/regione/città/casa.
3	Flussi energetici industriali (bilanciamento dei consumi)	Lezione / workshop / e-learning	Monitoraggio/misurazione dell'energia, bilanciamento, ottimizzazione e stoccaggio di energia.	LO1, LO6, LO8	Ionita et al. (2023), Nolzen, Leenders & Bardow (2023), Guo et al. (2024)	Audit energetico domestico. Minicase (ad esempio uno scenario di blackout). Simulazione di accumulo di energia.
4	Condivisione simbiotica (comunitaria) dell'energia	Lezione / Seminario / e-learning	Concetti di condivisione energetica comunitaria, infrastrutture tecniche e quadro legislativo.	LO3, LO10, LO12	Leghissa, G. (2024), Chen, T., et al. (2025), Coalizione del Potere della Comunità Europea (2021)	Simulazione del modello energetico comunitario (ad esempio usando case study o role -play).

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
5	Riduzione del consumo energetico degli edifici	Lezione / workshop / e-learning	Standard energetici, ottimizzazione dell'isolamento, monitoraggio dei consumi, miglioramento della sostenibilità.	LO2, LO6, LO7	Gkotsis et al. (2024), Efficienza energetica (2024), Widuto (2022)	Implementazione di misure di efficienza su casi pratici, completamento di esercizi interattivi.
6	Infrastruttura blu-verde (simbiosi nelle isole di calore)	Lezione / workshop / e-learning	Raffreddamento urbano, tetti verdi, pareti viventi, supporto alla biodiversità, simbiosi blu-verde.	LO7, LO14	SALUTE4CE-Handbook (2022), Gartland (2008), Brázdová & Kupka (2023)	Interventi di progettazione, visite sul campo, analisi dei dati.
7	Modellazione finanziaria e previsione sui mercati energetici	Lezione/lab oratorio	Analisi dei dati, modelli di sviluppo e previsione delle variabili di mercato.	LO4, LO8,	Bunn, Derek (2004), Prossr, Matthias (2025), Rees, Michael (2018)	Lezione con casi studi guidati sulla modellazione delle variabili casuali nei mercati energetici.
8	Valutazione degli investimenti nelle energie rinnovabili	Lezione/lab oratorio	Previsione dei flussi di cassa, valutazione del progetto, analisi del rischio (IRR, NPV).	LO4, LO9, LO11	Hürlimann, Christian (2019), Santosh Raikar e Seabron Adamson (2024)	Teoria e casi pratici di studio sulla valutazione degli investimenti nelle energie rinnovabili
9	Contratti energetici e modelli di business	Lezione / workshop / e-learning	PPA, ESCO, EPC, contratti condivisi, valutazione del modello di business.	LO3, LO10, LO12	Andersen (2025), Agenzia Internazionale dell'Energia (2023, 2024), North East & Yorkshire Net Zero Hub. (2024), Piattaforma RE-Source (2025)	Lezione con casi di studio guidati, seminario interattivo con discussione/progetto guidato.
10	Quote di emissione e la loro gestione ottimale	Lezione / seminario / e-learning	Tipi di allowance, metodi di assegnazione e modelli decisionali sul rischio per le aziende.	LO05, LO13	Zapletal (2018), Zapletal et al. (2020), Abrell et al. (2022), Skjærseth & Wettestad (2016), Błażejowska et al. (2024)	Studio di caso teorico e pratico di un'azienda industriale nell'UE basato sui dati storici.

6.4 Metodi di Insegnamento e Apprendimento

▪ *Approccio all'apprendimento*

Per questo modulo verrà adottato un approccio di apprendimento ibrido, permettendo che le sessioni vengano condotte in modo sincrono o asincrono. Gli studenti parteciperanno a lezioni interattive, workshop, seminari e discussioni guidate, oltre a lezioni preregistrate, presentazioni, letture, casi di studio ed esercizi di simulazione. Questo approccio offre flessibilità garantendo al contempo un coinvolgimento attivo e una comprensione completa degli argomenti.

▪ *Metodi di insegnamento chiave*

Il modulo utilizzerà una varietà di metodi didattici, tra cui lezioni interattive con discussioni guidate per introdurre conoscenze fondamentali sui sistemi energetici, le energie rinnovabili e la gestione dell'energia. Casi di studio, mini-analisi di casi e simulazioni di gioco di ruolo permetteranno agli studenti di applicare conoscenze teoriche a scenari pratici come audit energetici, condivisione energetica e gestione delle quote di emissione. Workshop e laboratori pratici svilupperanno competenze in ottimizzazione energetica, modellizzazione finanziaria, previsione e pianificazione energetica urbana. Lezioni/webinar, progetti di gruppo e seminari miglioreranno la comprensione dei quadri normativi, dei modelli di business innovativi e delle strategie di sostenibilità. Le valutazioni includeranno compiti scritti o orali per valutare conoscenze, capacità analitiche e applicazione pratica.

▪ *Approcci e metodi che supportano l'apprendimento attivo e l'applicazione pratica della conoscenza.*

Metodi orientati alla pratica, come simulazioni, interventi sul campo e casi di studio, permettono agli studenti di applicare concetti teorici alle sfide energetiche reali. Il lavoro di squadra attraverso workshop, progetti di gruppo ed esercizi collaborativi migliora le capacità di problem solving, modellazione e presa decisioni. Questa combinazione fornisce agli studenti le conoscenze, le competenze e le competenze necessarie per gestire efficacemente i sistemi energetici, implementare soluzioni sostenibili e valutare strategie innovative in contesti industriali e urbani.

60

6.5 Metodi di valutazione e prove

Il modulo utilizza una strategia di valutazione mista per valutare sia le conoscenze teoriche che le competenze pratiche in tutti gli argomenti. La comprensione degli studenti dei sistemi energetici, delle fonti rinnovabili, dei flussi energetici industriali, dell'energia comunitaria, dell'efficienza energetica degli edifici, delle infrastrutture urbane blu-verdi, della modellizzazione finanziaria, della valutazione delle energie rinnovabili, dei contratti energetici e della gestione delle quote di emissione sarà valutata attraverso molteplici metodi. Le valutazioni includono la partecipazione attiva, esercizi applicati, lavori su progetto ed esami scritti e orali. Sia la valutazione formativa (partecipazione continua, esercizi e feedback) sia la valutazione sommativa (consegnamenti finali valutati) sono integrate per supportare la progressione dell'apprendimento.

Componenti della valutazione e prove del raggiungimento dei risultati di apprendimento:



- *Partecipazione e coinvolgimento (peso 10%).* Partecipazione attiva a tutte le attività di insegnamento e apprendimento, inclusi conferenze, workshop, seminari, esercizi di e-learning, casi di studio, simulazioni e discussioni guidate. Il coinvolgimento sarà valutato in base al contributo alle discussioni, alla collaborazione nelle attività di gruppo e al completamento degli esercizi interattivi.
- *Esercizi applicati e mini-case (peso 20%).* Completamento di esercizi pratici come giochi di ordinamento delle fonti energetiche, audit energetici domestici, simulazioni di energia rinnovabile, interventi per l'efficienza energetica degli edifici e compiti di progettazione infrastrutturale blu-verde (test LO6, LO7, LO8).
- *Progetto di gruppo (Peso 40%).* Un progetto analitico collaborativo (circa 3.000 parole) si è concentrato su uno scenario reale o simulato legato all'energia, come l'ottimizzazione della condivisione energetica comunitaria, la progettazione di misure di efficienza energetica per un edificio o la valutazione delle strategie per le quote di emissione. Il rapporto dovrebbe includere analisi dei dati, decisioni e raccomandazioni pratiche (test LO11 – LO14).
- *Esami finali scritti o orali (peso 30%).* Gli esami metteranno alla prova conoscenze teoriche e comprensione pratica su tutti gli argomenti dei moduli, inclusi sistemi energetici, fonti di energia rinnovabile, flussi energetici industriali, modellizzazione finanziaria, valutazione, contratti energetici e gestione delle emissioni. I formati delle domande possono includere domande aperte, domande a scelta multipla e problemi basati su scenari per valutare in modo completo LO1-LO5, LO9, LO10.

6.6 Bibliografia e Strumenti

6.6.1 Obbligatoria

Abrell, J., Cludius, J., Lehmann, S., Schleich, J., & Betz, R. (2022). Comportamento aziendale nello scambio di emissioni durante il primo decennio dell'EU ETS. *Economia ambientale e delle risorse*, 83(1), 47–83.

Alam, M. S., Al-Ismail, F. S., Abido, M. A., & Salem, A. (2020). Penetrazione ad alto livello delle energie rinnovabili con la rete: sfide e opportunità. *arXiv*, 2006.04638. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.04638>

Andersen. (16 luglio 2025). Contratti di Prestazione Energetica (EPC): Un percorso verso soluzioni energetiche sostenibili. <https://es.andersen.com/en/publications-and-news/energy-performance-contracts-eps-a-pathway-to-sustainable-energy-solutions.html>

Beck, H. P., et al. (2025). Una revisione completa dei sistemi energetici sostenibili nel contesto della transizione energetica tedesca—Parte 2: Energie rinnovabili e tecnologie di accumulo. *Sistemi a impatto neutro di carbonio*, 3. <https://doi.org/10.1007/s44438-025-00013-z>

Błażejowska, M., Czarny, A., Kowalska, I., Michalczewski, A., & Stępień, P. (2024). L'efficacia della politica ETS dell'UE nel modificare il mix energetico in alcuni paesi europei. *Energies*, 17(17), 4243.

Brázdová, K., & Kupka, J. (2023). L'oggettivizzazione del concetto di muri verdi viventi come strumento per il verdaggio urbano (Caso di studio: LIKO-S a.s., Slavkov u Brna, Repubblica Ceca). *Land*, 12(1), 229. <https://doi.org/10.3390/land12010229>

Bunn, D. (2004). *Modellazione dei prezzi nei mercati elettrici competitivi*. Londra: Wiley. ISBN 978-0470848609

Chen, T., Anapyanova, A., Vandendriessche, F., & de Meer, H. (2025). Implementare la condivisione dell'energia nelle comunità energetiche: un'analisi giuridica comparativa di Austria e Fiandre. *Politica Utenze*, 96. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2025.101993>

Cleveland, C. J., & Morris, C. (2015). *Dizionario dell'Energia* (2^a ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-64490-1>

Efficienza energetica. (2024). Analisi comparativa delle politiche di decarbonizzazione degli edifici residenziali nelle principali economie: approfondimenti dall'UE, dalla Cina e dall'India. *Efficienza energetica*, 17. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12053-024-10225-w>

Commissione Europea. (2017). Studio ambientale di base per lo sviluppo di fonti di energia rinnovabile, stoccaggi di energia e una rete elettrica a rete integrata nei mari del Nord e d'Irlanda. DG Energia. https://energy.ec.europa.eu/publications/environmental-baseline-study-development-renewable-energy-sources-energy-storages-and-meshed_en

Coalizione della Comunità Europea del Potere. (2021). Manuale sull'energia comunitaria. <https://communitypowercoalition.eu/2021/05/31/handbook-on-community-energy/>

Gartland, L. (2008). *Isole di calore: comprendere e mitigare il calore nelle aree urbane*. Earthscan / Taylor & Francis. <https://doi.org/10.4324/9781849771559>

Gkotsis, P., Papadopoulos, A., & Karagiannidis, A. (2024). Efficienza energetica degli edifici nell'Europa centrale e orientale: margine di miglioramento. *Efficienza energetica*, 17, Articolo 32. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12053-024-10215-y>

Guo, J., Peng, J., Luo, Y., Zou, B., & Luo, Z. (2024). Studio sull'accumulo di energia ibrida per i sistemi energetici dei parchi industriali: vantaggi, stato attuale e sfide. *Sistemi Non Lineari e Ottimizzazione*, 3(1). <https://doi.org/10.1051/nso/20230051>

Hürlimann, C. (2019). *Valutazione degli investimenti nelle energie rinnovabili*. Zurigo: Springer Gabler. ISBN 978-3658274696

Ionita, A., Kostopoulos, E., Almeida, A., Pires, A., & Ferreira, V. (2023). Una revisione sistematica della letteratura sui sistemi di gestione energetica residenziali e industriali basati sui dati. *Energies*, 16(4), 1688. <https://doi.org/10.3390/en16041688>

Agenzia Internazionale dell'Energia. (s.d.). Compagnie di servizi energetici (ESCO): Contratti ESCO. Pubblicazioni IEA. <https://www.iea.org/reports/energy-service-companies-escos-2/esco-contracts>

Programma di Transizione Energetica Efficiente dell'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA EBC Annex 75 Deliverable 2). (19 giugno 2023). Modelli di business per la ristrutturazione economica degli edifici a livello distrettuale. https://annex75.iea-ebc.org/Data/publications/Annex75_D2_Report_BusinessModels_19_June_2023.pdf

Leghissa, G. (2024). Una tabella di marcia per un quadro politico e legale per le comunità energetiche. Direzione Generale per l'Energia, Archivio della Comunità Energetica.

Hub Net Zero del Nord Est & Yorkshire. (febbraio 2024). Guida ai contratti di acquisto di energia. <https://www.neynetzerohub.com/wp-content/uploads/2024/02/Power-Purchase-Agreement-Guide.pdf>

Nolzen, N., Leenders, L., & Bardow, A. (2023). Pianificazione della flessibilità e dell'espansione di sistemi multi-energetici tramite accumulo di energia per partecipare ai mercati di bilanciamento dell'energia. *Frontiere nella ricerca energetica*, 11, 1225564. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1225564>

Prossr, M. (2025). *Modellazione finanziaria delle energie rinnovabili* (1^a ed.). Pubblicato in modo indipendente. ISBN 979-8301944512

Randolph, J., & Masters, G. B. (2018). *Energia per la sostenibilità: fondamenta per la tecnologia, la pianificazione e le politiche*. Island Press. ISBN 978-1-61091-820-6

Raikar, S., & Adamson, S. (2024). *Finanza delle energie rinnovabili: teoria e pratica* (2^a ed.). Boston: Academic Press. ISBN 978-0443159558

Rees, M. (2018). *Principi di modellazione finanziaria: progettazione di modelli e migliori pratiche usando Excel e VBA* (1^a ed.). Hoboken: John Wiley. ISBN 9781118904015

Piattaforma RE-Source. (s.d.). Guida aziendale PPA di RE-Source. <https://resource-platform.eu/corporate-ppa-guide/>

Rubino, A., Sapio, A., & La Scala, M. (2021). *Manuale di Economia e Politica Energetica*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-01718-4>

SALUTE4CE-Manuale. (2022). *SALUTE4CE Manuale*. Interreg Europa Centrale. <https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/SALUTE4CE/SALUTE4CE-Handbook.pdf>

Sebestyén, V. (2021). Reti di impatto ambientale delle centrali elettriche a energia rinnovabile. *Revisioni sulle energie rinnovabili e sostenibili*, 151, 111626. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111626>

Skjærseth, J. B., & Wettestad, J. (2016). *Scambio di emissioni UE: iniziazione, processo decisionale e attuazione*. Routledge.

Widuto, A. (2022). *Risparmio energetico e riduzione della domanda*. Servizio di Ricerca Parlamentare Europeo. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/733666/EPRS_BRI\(2022\)73366_6_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/733666/EPRS_BRI(2022)73366_6_EN.pdf)

Zapletal, F. (2018). *Modelli di ottimizzazione per la gestione delle emissioni*. Serie su questioni economiche avanzate, Facoltà di Economia, VŠB-TU Ostrava, vol. 53. Ostrava: VŠB-TU Ostrava. ISBN 978-80-248-4193-9

Zapletal, F., Šmíd, M., & Kopa, M. (2020). Gestione delle emissioni a più stadi di un'azienda siderurgica. *Annali di Ricerca Operativa*, 292(2), 735–751.

6.6.2 Consigliati

Boungou, W., & Dufau, B. (2024). Fase IV dell'EU ETS e prestazioni industriali. *Lettere di economia*, 236, 111596.

Ellerman, D. (2010). Il sistema di scambio delle emissioni dell'UE. In *Post-Kyoto International Climate Policy* (pp. 88).

Farid, M. (2021). *Introduzione al finanziamento di progetti nelle infrastrutture per energie rinnovabili: inclusi investimenti pubblico-privati e mercati non maturi* (1^a ed.). Berlino: Springer. ISBN 978-3030687427

Fronza, S. (2025). *Gestione dei progetti di energia rinnovabile: strategia, esecuzione e impatto sostenibile: una guida completa per sviluppare, gestire e finanziare progetti infrastrutturali sostenibili* (1^a ed.). Pubblicato in modo indipendente. ISBN 979-8288094965

Lynch, A. P. (2017). *Modellazione finanziaria per il project finance: modellazione del flusso di cassa pre-finanziaria chiusa in Excel* (3^a ed.). Londra: Lynch-Ayerst Publishing. ISBN 978-0995673007

Tutorial sul software SankeyMATIC. (s.d.). Disponibile su: <https://sankeymatic.com/manual/>

Tang, L., Wang, H., Li, L., Yang, K., & Mi, Z. (2020). Modelli quantitativi nella ricerca sui sistemi di scambio delle emissioni: una revisione della letteratura. *Revisioni sulle Energie Rinnovabili e Sostenibili*, 132, 110052.

Xue, X., Wang, S., Chun, T., Xin, H., Xue, R., Tian, X., & Zhang, R. (2023). Un quadro integrato per la valutazione delle prestazioni della simbiosi industriale in un parco industriale ad alta intensità energetica in Cina. *Scienze Ambientali e Ricerca sull'Inquinamento*, 30, 42056–42074. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25232-0>

7. Syllabus del programma formativo– HEI (EQF6)

Titolo del modulo: Sistemi di Gestione Ambientale (EMS)

Livello EQF: 6

Crediti ECTS: 4 ECTS

Carico di lavoro complessivo (ore): 100 ore

- Ore di didattica in presenza (lezioni, laboratori, seminari, workshop, ecc.): 40 ore
- Studio individuale guidato: 30 ore
- Project work: 30 ore

Istituzione erogatrice: UNIVERSITÀ DI PATRAS (UPAT), Grecia

7.1 Panoramica del modulo

65

Questo Modulo offre un'introduzione avanzata ai Sistemi di Gestione Ambientale (EMS) e al loro ruolo nel supportare la sostenibilità organizzativa, la conformità e il miglioramento continuo. Si concentra sul Regolamento europeo EMAS come principale quadro EMS, supportato dai fondamenti pubblicamente disponibili della ISO 14001 e dalle linee guida pratiche e passo dopo passo del modello EMS dell'EPA statunitense. Gli studenti sviluppano una comprensione integrata di come sono strutturati i quadri EMS, di come vengono identificati e valutati gli aspetti e impatti ambientali, di come vengono fissati gli obblighi di conformità e gli indicatori di performance, e di come i processi di audit, monitoraggio e revisione garantiscano un miglioramento continuo. Questo focus aiuta gli studenti a capire come gli strumenti EMS vengono applicati in contesti reali per migliorare le prestazioni ambientali. Attraverso un ampio uso pratico degli strumenti ufficiali EMAS—inclusi lo strumento degli aspetti ambientali, lo strumento di raccolta dati e gli indicatori di base—oltre a schede di lavoro EPA, gli studenti acquisiscono competenze pratiche nell'analisi delle prestazioni ambientali e nella progettazione dei componenti EMS.

Il Modulo è pensato per studenti di istruzione superiore e futuri professionisti in sostenibilità, gestione ambientale, facilitazione della simbiosi industriale, consulenza e ruoli di conformità. Si collega direttamente al modulo Simbiosi Industriale fornendo i meccanismi operativi e di governance necessari per integrare le pratiche simbiotiche nei sistemi organizzativi. Una conoscenza preventiva della gestione ambientale, dei quadri normativi o dei concetti di economia circolare è vantaggiosa ma non obbligatoria. Al termine del Modulo, gli studenti saranno in grado di comprendere, confrontare e applicare le metodologie EMS di EMAS, ISO

ed EPA, e implementare gli elementi fondamentali di un sistema EMAS su piccola scala, preparandoli alle sfide reali della gestione ambientale.

7.2 Risultati di apprendimento (LO)

Gli obiettivi di apprendimento previsti sono suddivisi in tre domini EQF:

▪ **Conoscenza.** *Gli studenti dovranno:*

1. dimostrare una comprensione avanzata dei principi, della struttura e degli obiettivi EMS, inclusi i requisiti EMAS (Annessi I–IV) e i fondamenti disponibili pubblicamente della ISO 14001 (LO1),
2. valutare criticamente i framework EMAS, ISO 14001 e EPA EMS, identificandone le differenze nei requisiti, trasparenza, audit e performance (LO2).

▪ **Competenze.** *Gli studenti possono:*

3. identificare e valutare gli aspetti e gli impatti ambientali utilizzando metodologie e strumenti EMAS (Environmental Aspects Tool, Allegato II) (LO3),
4. sviluppare documentazione di base EMS/EMAS, inclusi politici ambientali, obiettivi, KPI, registri di conformità, piani di monitoraggio e controlli operativi (LO4),
5. applicare gli strumenti EMAS e i fogli di lavoro EMS dell'EPA per interpretare i dati ambientali, valutare indicatori di performance e supportare il processo decisionale EMS (LO5).

▪ **Competenze (autonomia e responsabilità).** *Gli studenti sono in grado di:*

6. pianificare e coordinare autonomamente le fasi chiave dell'implementazione EMAS, inclusa la valutazione degli aspetti, la valutazione della conformità, la definizione e il monitoraggio dei KPI (LO6),
7. effettuare audit interni EMS e contribuire ai processi di revisione gestionale, dimostrando responsabilità e orientamento al miglioramento continuo (LO7),
8. comunicare efficacemente, formulare e difendere raccomandazioni basate su evidenze per il miglioramento EMS a diversi stakeholder, inclusi management e revisori (LO8),
9. propongono soluzioni adattive alle sfide o non conformità di implementazione comuni all'interno di un EMS, giustificando scelte basate sui principi di EMAS, ISO ed EPA (LO9).

7.3 Programmazione indicativa del percorso formativo e modalità di erogazione

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
1	Cosa sono i servizi di emergenza medica? Comprendere il contesto	Lezione / workshop / e-learning	Cosa sono gli EMS, perché sono importanti, EMS nella sostenibilità dell'UE e Simbiosi Industriale	LO1	EMAS User's Guide (Introduzione); Panoramica EMS EPA	Lezione interattiva; mappatura contestuale; Discussione guidata
2	Architettura EMS & Componenti Core (EMAS/ISO/EPA)	Lezione	Struttura dell'EMS (politica → pianificazione → implementazione → controllo → revisione); PDCA	LO1	Guida dell'Utente EMAS – Struttura EMS; Pagina EPA "Componenti EMS di base"	Mappatura di sistema; Scomposizione dei componenti
3	Fondamenti EMAS (Parte 1)	Lezione	Cos'è EMAS; Registrazione EMAS; requisiti EMAS Annex I; valore aggiunto oltre ISO	LO1, LO2	Regolamento EMAS (Allegato I)	Lettura guidata
4	Fondamenti EMAS (Parte 2): Aspetti e Impatti	Laboratorio	metodologia EMAS Annex II; valutazione di significato; Mappatura degli aspetti ambientali	LO3, LO6	Strumento EMAS per gli Aspetti Ambientali; EMAS Allegato II	Uso pratico dello strumento EMAS Aspects; Punteggio significativo
5	Strumenti EMAS: Aspetti, Indicatori, Dati (Laboratorio Pratico)	Laboratorio pratico	Utilizzo degli strumenti EMAS: strumento degli aspetti, strumento di raccolta dati, indicatori di base; preparazione dei dataset EMAS	LO3, LO4, LO5, LO6	Strumento di Raccolta Dati EMAS; Linee guida sugli Indicatori Core EMAS	Esercizi basati su template; Interpretazione dei dati

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
6	Fondamenti ISO 14001	Lezione	ISO Struttura di Alto Livello (informazioni pubbliche); Panoramica della clausola; pensiero basato sul rischio; Differenze rispetto all'EMAS	LO1, LO2	ISO 14001 Panoramica pubblica (iso.org); EPA "Guida EMS allineata all'ISO"	Confronto concettuale; mappatura della struttura ISO
7	Guida passo per l'EPA EMS (Modulo Pratico)	Laboratorio / Laboratorio	Passaggi EMS EPA 1–9: Aspetti → Politiche → Obiettivi → Legali → Implementazione → Monitoraggio → Audit → Revisione → Miglioramento	LO3, LO5, LO6	Guida all'Implementazione EMS dell'EPA; Scheda di lavoro EPA	Completamento pratico dei fogli di lavoro; Esercizi di scenario
8	EMAS vs ISO 14001 vs EPA – Differenze, Punti di Forza, Strumenti	Laboratorio	Confronto fianco a fianco: requisiti, trasparenza, indicatori, audit, documentazione	LO2, LO8, LO9	Confronto EMAS vs ISO (UE); Pagina "Modelli EMS" dell'EPA	Diagramma di Venn; confronto strutturato; Analisi di gruppo
9	Implementazione EMAS Passo dopo Passo (Avanzata)	Laboratorio	Flusso di lavoro completo EMAS: Politiche → Aspetti → Conformità → KPI → Controlli → Monitoraggio → Dichiarazione → Audit (Allegato IV)	LO4, LO7, LO9	EMAS Allegato III (Audit) e Allegato IV (Dichiarazione)	Analisi di gruppo
10	Progetto finale EMAS e integrazione	Progetto / Valutazione	Progetto / Valutazione	LO4, LO5, LO6, LO8, LO9	Tutti gli strumenti EMAS; Schede di lavoro EMS EPA	Laboratorio di documentazione

7.4 Metodi di Insegnamento e Apprendimento

▪ *Approccio all'apprendimento*

Viene adottato un approccio di apprendimento ibrido, che combina modalità sincrone e asincrone. Le sessioni sincrone (lezioni, seminari, workshop) facilitano l'interazione diretta, le discussioni guidate e la risoluzione di problemi in tempo reale. L'apprendimento asincrono offre flessibilità offrendo materiali digitali curati (EMAS User's Guide, strumenti EMAS, schede EPA, riassunti pubblici ISO) sulla piattaforma di apprendimento, consentendo uno studio auto-ritmato.

▪ *Metodi di insegnamento chiave*

- Lezioni interattive che introducono i concetti EMS, la struttura EMAS, i fondamenti ISO 14001 e le linee guida passo passo dell'EPA.
- Apprendimento basato sui casi, applicare gli strumenti EMAS a scenari organizzativi reali o realistici.
- Sessioni di laboratorio pratiche utilizzando lo strumento EMAS Environmental Aspects, lo strumento EMAS Data Collection, gli indicatori principali EMAS e i fogli di lavoro EPA.
- Workshop e simulazioni, come mock audit, simulazioni di revisione manageriale e stesura di dichiarazioni ambientali.
- Lavoro di gruppo, supportando l'apprendimento tra pari attraverso compiti basati su strumenti (analisi degli aspetti, impostazione dei KPI, mappatura della conformità).
- Apprendimento basato su progetti, culminato nello sviluppo di un mini-sistema EMAS completo.

69

Questi metodi coltivano sia la comprensione concettuale sia la competenza pratica nell'implementazione EMS/EMAS.

▪ *Approcci e metodi che supportano l'apprendimento attivo e l'applicazione pratica della conoscenza*

L'approccio di apprendimento sincrone è particolarmente adatto a creare un coinvolgimento immediato di formatori e studenti e a uno scambio più rapido di informazioni, aiutando così a costruire un senso di comunità e chiarire i fraintendimenti. Inoltre, l'approccio di apprendimento asincrono è più flessibile. Permette agli studenti di avere più tempo per esplorare e interagire con il materiale e consente l'accesso a una gamma più ampia di studenti.

7.5 Metodi di valutazione e evidenze

Componenti della valutazione e prove del raggiungimento degli esiti di apprendimento

Essi sono composti da:

- *partecipazione e coinvolgimento (peso 10%),*
- *un progetto pratico di gruppo (peso 30%), e*

- un esame scritto finale (peso 60%).

La partecipazione riflette il coinvolgimento attivo degli studenti in lezioni, seminari, workshop ed esercizi basati su strumenti utilizzando gli strumenti ufficiali EMAS e i fogli di lavoro EMS dell'EPA. Il progetto di gruppo richiede agli studenti di progettare collaborativamente un mini-sistema EMAS conciso per un'organizzazione reale o ipotetica, applicando elementi chiave introdotti nelle 10 Unità, mantenendo però flessibilità nella struttura e nella profondità in base al contesto organizzativo specifico scelto. L'esame scritto finale valuta la comprensione degli studenti dei principi EMS e EMAS, dei fondamenti ISO 14001 (utilizzando fonti pubbliche), delle distinzioni tra modelli EMAS-ISO-EPA e della loro capacità di analizzare scenari o interpretare aspetti ambientali, indicatori o dati di conformità. Insieme, questi componenti garantiscono che gli studenti dimostrino sia conoscenze teoriche sia competenza pratica nell'implementazione dei processi fondamentali EMS/EMAS.

7.6 Bibliografia e strumenti

7.6.1 Obbligatoria

Commissione Europea. (s.d.). *Guida utente EMAS*. https://green-forum.ec.europa.eu/publications/emas-users-guide-0_en

Commissione Europea. (2009). *Il Regolamento (CE) n. 1221/2009 sulla partecipazione volontaria delle organizzazioni a uno schema comunitario di eco-gestione e revisione (EMAS)*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2009/1221/oj/eng>

Commissione Europea. (2017). *Strumento sugli aspetti ambientali EMAS*. https://green-forum.ec.europa.eu/publications/environmental-aspects-tool_en

Commissione Europea. (2017). *Strumento di raccolta dati EMAS*. https://green-forum.ec.europa.eu/publications/data-collection-tool_en

Commissione Europea. (2017). *EMAS Easy – Guida passo dopo passo per le PMI*. https://green-forum.ec.europa.eu/publications/emas-easy_en

Agenzia per la Protezione Ambientale degli Stati Uniti. (2025). *Guida all'implementazione EMS*. <https://www.epa.gov/ems/plan-initial-development-ems>

Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione. (2015). *ISO 14001 — Sistemi di Gestione Ambientale (Panoramica Pubblica)*. <https://www.iso.org/standard/60857.html>

Inoltre, gli studenti sono tenuti a studiare tutti i materiali didattici (lezioni, presentazioni, appunti, schede di lavoro e documenti supplementari) caricati dall'insegnante sulla piattaforma del corso, poiché costituiscono una parte integrante delle risorse di apprendimento di base del modulo.

7.6.2 Consigliati

Commissione Europea. (2023). *EMAS – Attrezzi. Green Forum: Green Business. Consultato il 18 novembre 2025*. https://green-forum.ec.europa.eu/green-business/emas/emas-resources/emas-tools_en

Agenzia per la Protezione Ambientale degli Stati Uniti. (s.d.). *Casi di studio EMS*.
<https://www.epa.gov/sustainability/case-studies-and-best-practices>

Parte B

7 Syllabus per i moduli di formazione IFP

1. Syllabus del programma formativo – IFP (EQF5)

Titolo del modulo: Il quadro della Simbiosi Industriale (IS)

Livello EQF: 5

Crediti ECIFP: 2-3 ECIFP

Carico di lavoro complessivo (ore): 50-75

- Ore di didattica in presenza(input, seminari, workshop, ecc.). 42-56 ore
- Studio individuale guidato: 4-9
- Project work: 4-10

Istituzione erogatrice: MOGENSEN LENE (IDDK), Danimarca.

1.1 Panoramica del modulo

Questo modulo introduce gli studenti ai concetti fondamentali e alle applicazioni pratiche dell'**Economia Circolare (CE)** e della **Simbiosi Industriale (IS)** nel contesto della produzione e della manifattura.

È progettato specificamente per manager, coordinatori e facilitatori nelle iniziative di economia circolare e simbiosi industriale, dotandoli di competenze manageriali essenziali.

Questo modulo introduce gli studenti alla Simbiosi Industriale (IS) da una prospettiva pratica e incentrata sull'uomo della formazione e formazione evolutiva. Valuta le competenze necessarie per un manager/facilitatore CE/IS. Il modulo mira, inoltre, a costruire la comprensione degli IS in termini quotidiani, coinvolgendo gli stakeholder attraverso il dialogo, riconoscendo i facilitatori e le barriere culturali e supportando l'innovazione all'interno di team e reti. L'enfasi è sulle competenze introduttive di facilitazione fondate su contesti organizzativi reali.

Rappresenta una componente fondamentale del percorso formativo SymbioTech, preparando i partecipanti ai prossimi moduli su Simbiosi Industriale Digitale e Sistemi di Gestione Ambientale.

Una comprensione generale della sostenibilità o delle operazioni industriali è utile ma non necessaria. Le competenze analitiche di base e l'interesse per la risoluzione collaborativa dei problemi supportano un coinvolgimento efficace con le componenti teoriche e pratiche del modulo.

Al completamento, i Manager e i facilitatori di SymbioTech potranno osservare, documentare e analizzare i flussi di materiali ed energia all'interno degli impianti industriali, oltre a facilitare l'innovazione all'interno di team e reti diversificate.

1.2 Risultati di apprendimento (LO)

Gli obiettivi di apprendimento previsti sono suddivisi in tre domini EQF:

▪ **Conoscenza.** *Gli studenti dovranno:*

1. comprendere i principi delle Simbiosi Industriali (IS) e dell'Economia Circolare (CE) (LO1),
2. avere una comprensione dei flussi tipici di risorse, energia, acqua e materiali nelle piccole e medie imprese (PMI) (LO2),
3. avere conoscenza dei facilitatori e delle barriere degli SI (organizzativi, culturali, regolatori) (LO3),
4. conoscere il ruolo e le competenze fondamentali dei facilitatori IS, manager IS, team leader ecc. (LO4),
5. hanno acquisito conoscenze sulla facilitazione di team interdisciplinari con alti livelli di diversità, nonché sui processi innovativi (LO5).

▪ **Competenze.** *Gli studenti possono:*

6. identificare e documentare i flussi di materiale/energia utilizzando strumenti semplici (SankeyMATIC) (LO6),
7. identificare abilitatori e barriere culturali, organizzative e normative nel proprio contesto (LO7),
8. riconoscere le competenze fondamentali necessarie per gestire e/o facilitare l'IS (LO8),
9. costruire fiducia e comprensione in team interdisciplinari e diversificati (LO9), costruire fiducia e comprensione in team interdisciplinari e diversificati (LO9),
10. facilitare processi semplici e innovativi e che generano idee all'interno di team e reti (LO10).

▪ **Competenze (autonomia e responsabilità).** *Gli studenti sono in grado di:*

11. assumersi la responsabilità delle attività di esplorazione IS nelle prime fasi (LO11)
12. coinvolgere i facilitatori e le barriere a livello organizzativo per supportare i manager nel processo decisionale (LO12),
13. migliorare continuamente le proprie competenze come manager/facilitatore IS attraverso la pratica riflessiva (LO13),
14. facilitare i processi di creazione di significato internamente e all'interno delle reti IS caratterizzate da alta diversità (LO14),

15. bilanciare diversità e sicurezza psicologica per garantire innovazione e generazione di idee (LO15).

1.3 Programmazione indicativa del percorso formativo e modalità di erogazione

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
1	Introduzione a IS e CE, e alla loro storia. Introduzione alla mappatura dei flussi di energia e materiali	Input Laboratorio	Panoramica dell'Economia Circolare e Simbiosi Industriale, definizione IS. Dal caso IS di Kalundborg negli anni '60 al Digital IS degli anni 2020. Mappatura del flusso di energia e materiale con Sankey MATIC	LO1, LO2, LO6, LO11	Nolan (2020) SankeyMATIC Tutorial software Tutorial sul software QGIS	Input interattivo con discussione guidata su studi I, CE e sostenibilità. Case studies con successi e fallimenti delle IS Input interattivo sulla mappatura dei flussi di energia e materiali Istruzione sull'assegnazione domestica (mappatura SankeyMATIC dei flussi di energia e materiale)
2	Facilitatori e ostacoli, comprensione del contesto organizzativo e culturale, politiche UE e opportunità di finanziamento	Input Laboratorio	Uno sguardo iniziale al fattore umano che rende la SI possibile. Comprendere la cultura organizzativa così come la cultura nazionale e come essa interagisce con i principi fondamentali dell'IS. Conoscenza delle politiche UE e nazionali, nonché opportunità di finanziamento	LO3, LO7, LO12	Mathews (2024) Accordo europeo con Grean Casi di studi sugli IS	Presentazione dell'assegnazione della casa Input interattivo sulla cultura organizzativa e nazionale seguito da discussioni di gruppo sui propri casi Introduzione a seminari alla legislazione UE e alle opportunità di finanziamento Lavoro di gruppo sul proprio contesto legislativo e finanziario. Presentazione del lavoro di gruppo.

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
3	Competenze, ruolo e responsabilità dei manager e facilitatori IS. Mappatura degli stakeholder interni ed esterni	Input Laboratorio	Approfondisci il fattore umano dell'IS. Identificare i diversi ruoli organizzativi all'interno del SI e le competenze necessarie per ciascun ruolo. Inoltre, la mappatura iniziale dei potenziali partner. Quando applicare le diverse competenze come venditore, networker, manager, project manager, raccoglitore fondi, facilitatore. Auto-riflessione: sono la persona giusta nella posizione giusta e cosa devo sviluppare?	LO4, LO8, LO13	Lasthein et al. (2021) Mortensen & Kørnøv (2019)	Input interattivo sui ruoli negli IS e sulle competenze collegate. Lavoro di gruppo sulla mappatura delle diverse posizioni all'interno e all'esterno dell'organizzazione in relazione all'IS, così come sull'impatto sulle diverse parti dell'organizzazione. Presentazione del progetto di gruppo Auto-riflessione sulle proprie competenze IS.

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
4	Inclusione, diversità e sicurezza psicologica. Facilitare il dialogo interdisciplinare	Input Laboratorio	Facilitazione di team e gruppi in un contesto IS. Comprendere l'importanza della diversità professionale, del genere, dell'età ecc., così come della sicurezza psicologica. Praticare le competenze di base di dialogo e facilitazione, costruire comprensione e permettere un pensiero fuori dagli schemi	LO5, LO9, LO14	Edmonson & Roloff (2009) Gallo (2023) Kepinski & Nielsen (2022) Pentland (2014) Rock et al. (2016)	Input interattivo sulla facilitazione di team e reti. Sessione pratica (esercizi concreti e giochi di ruolo). Feedback dal responsabile del corso. Istruzioni sull'esame orale.
5	Facilitare l'innovazione Valutazione	Input Laboratorio	Comprendere l'innovazione incrementale vs radicale Fattori che permettono l'innovazione Facilitazione di processi innovativi all'interno dell'organizzazione e esternamente all'interno della rete	LO5, LO10, LO15	Darsø (2001) Høyrup (2010)	Input interattivo sull'innovazione e su come facilitare l'innovazione nei team. Sessione pratica (esercizi concreti e giochi di ruolo). Feedback dal responsabile del corso. Esame orale.

1.4 Metodi di Insegnamento e Apprendimento

▪ *Approccio all'apprendimento*

I moduli saranno principalmente basati sull'apprendimento in presenza, integrando compiti da svolgere tra i moduli, principalmente all'interno della loro organizzazione. L'approccio faccia a faccia permette agli studenti di sviluppare le competenze necessarie sul posto di lavoro e di ricevere feedback diretto sulle loro prestazioni dai colleghi e dal formatore.

Il modulo sarà supportato da una piattaforma digitale per l'apprendimento asincrono, dove gli studenti potranno accedere a materiali che saranno messi a disposizione dai formatori. Il materiale sulla piattaforma digitale sarà composto principalmente da letteratura e presentazioni che descrivono questioni teoriche.

▪ *Metodi di insegnamento chiave*

Durante i moduli verranno utilizzati molteplici metodi di insegnamento chiave, come input interattivi con discussioni guidate, casi di studio, discussioni di gruppo, lavori di gruppo, giochi di ruolo e simulazioni, riflessioni individuali e compiti da svolgere tra i moduli all'interno della propria organizzazione.

▪ *Approcci e metodi che supportano l'apprendimento attivo e l'applicazione pratica della conoscenza*

L'apprendimento in presenza è particolarmente adatto per creare coinvolgimento tra formatori e studenti e per garantire che la teoria sia considerata rilevante nella pratica lavorativa quotidiana. Nonostante la base teorica, la formazione sarà altamente pratica. Il corso consisterà in una combinazione di brevi input teorici, esercizi concreti e discussioni di gruppo. Gli input forniranno conoscenze teoriche per una comprensione completa dei principi, degli elementi e delle pratiche dei sistemi di investimento. Si ritiene che l'unico modo per imparare a facilitare i processi SI sia collegare la teoria alle realtà concrete delle diverse organizzazioni, provare gli strumenti nella vita reale e acquisire esperienze proprie, rifletterci sopra. Il punto di partenza per i contributi e le discussioni saranno quindi le sfide lavorative e le domande che il gruppo porterà nella stanza. Allo stesso modo, i moduli si concluderanno con compiti concreti che supporteranno gli studenti a testare nuove idee a casa. Inoltre, l'apprendimento in presenza combinato con discussioni di gruppo, giochi di ruolo e simulazioni permette agli studenti di formare una comunità in cui può avvenire l'apprendimento tra pari. Sarà compito del facilitatore assicurarsi che voci diverse vengano portate nella stanza, mostrando la complessità delle questioni IS dal punto di vista di generi, età, professioni, background culturali ecc.

79

1.5 Metodi di valutazione e prove

Il Modulo utilizza una strategia di valutazione mista che combina la partecipazione attiva e l'impegno degli studenti, la presentazione del progetto di gruppo e l'esame orale, per valutare sia il livello di conoscenza teorica degli studenti sul concetto di IS sia la loro capacità pratica di sviluppare quadri di IS sostenibili e facilitare il dialogo tra una vasta gamma di stakeholder. La valutazione non sarà solo sommativa (consegna finale valutata), ma anche formativa

(partecipazione continua e feedback da parte di colleghi e formatore durante tutti i metodi di insegnamento chiave) per supportare la progressione dell'apprendimento.

Componenti della valutazione:

- *Partecipazione e coinvolgimento (peso 40%).* Partecipazione attiva a tutti i metodi didattici adottati come input, discussioni in plenaria, giochi di ruolo e simulazioni
- *Presentazione di gruppo e progetto individuale (Peso 30%).* Presentazione del lavoro di gruppo durante i moduli, così come la presentazione di singoli compiti svolti tra uno dei moduli.
- *Esame orale finale (Peso 30%).* Ci sarà un esame orale finale per valutare se lo studente ha raggiunto l'apprendimento del modulo, collegandolo al proprio contesto organizzativo, incluso un piano di sviluppo personale come responsabile o facilitatore IS. L'esame valuta conoscenze teoriche, comprensione delle politiche politiche e competenze pratiche.

1.6 Bibliografia e strumenti

1.6.1 Obbligatoria

Darsø, L. (2001) *Innovazione in divenire*. Samfundslitteratur

Edmonson, A. & Roloff, K. (2009). Sfruttare la diversità attraverso la Sicurezza Psicologica. *Rotman Magazine*, autunno 2009
https://scholar.harvard.edu/files/afriberg/files/leveraging_diversity_through_psychological_safety_hbs_article.pdf

Accordo Verde Europeo. Disponibile su: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

Gallo, A. (2023) Cos'è la sicurezza psicologica? *Havard Business Review*, febbraio 2023
<https://hbr.org/2023/02/what-is-psychological-safety>

Høyrup, S. (2010) Innovazione guidata dai dipendenti e apprendimento sul posto di lavoro: concetti di base, approcci e temi. In: *Transfer European Review of Labour and Research* 16(2):143-154

Kepinski, L. & Nielsen, T. C. *Spinte all'inclusione. Una breve introduzione a questo approccio di cambiamento*. <https://inclusion-nudges.org/wp-content/uploads/2022/08/Inclusion-Nudges-Free-Quick-Guide.pdf>

Lasthein, M.K.; Lingås, D.B.; Johansen, L.M. (a cura di) (2021). *Guida per facilitatori di simbiosi industriale*. Transizione APS. Chrome extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.symbiosis.dk/wp-content/uploads/2021/03/Guide-for-IS-facilitators_online2.pdf

Mathews, S. (2024) Metafore delle organizzazioni: oltre la macchina. <https://www.leadingapiens.com/metaphors-of-organization/>

Mortensen, L. & Kørnøv, L. (2019) Fattori critici per il processo di emergenza della simbiosi industriale. In: *Journal of cleaner production*, 212, 56-69. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618336254>

Nolan, S (ed) (2020) *Rapide Guide. Aiutare le industrie ad aumentare l'efficienza attraverso la condivisione delle risorse*. SCALER. <chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcpcglclefindmkaj/https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/2025-09/SCALER-Quick-Guides.pdf>

Pentland, S. (2012). La nuova scienza della costruzione di grandi squadre. *Harvard Business Review*, aprile 2012 <https://hbr.org/2012/04/the-new-science-of-building-great-teams>

Tutorial sul software QGIS. Disponibile su: https://docs.qgis.org/3.40/en/docs/training_manual/index.html

Rock, D., Halvorsen, H.G. & Grey, J. (2016) I team diversificati si sentono meno a loro agio – ed è per questo che si comportano meglio. *Harvard Business Review*, settembre 2016. <https://hbr.org/2016/09/diverse-teams-feel-less-comfortable-and-that's-why-they-perform-better>

Tutorial sul software SankeyMATIC. Disponibile su: <https://sankeymatic.com/manual/>

Uzzi, B. (1997) Struttura sociale e competizione nelle reti interimprese: il paradosso dell'embeddness. In: *Administrative Science Quarterly*, 35-67

Vestergaard, B. (2012). Gestire uno sforzo di cambiamento impopolare. In: *Harvard Business Review*, 5 dicembre 2012

1.6.2 Consigliati

Coleman, J. (2013) Sei componenti di una grande cultura aziendale. In: *Harvard Business Review*, 6 maggio 2013

Fraccascia, L. & Giannoccaro, I. (2020). Cosa, dove e come misurare la simbiosi industriale: una tassonomia ragionata di indicatori rilevanti. In: *Risorse, conservazione e riciclo* 157, 104799.

McKinsey & Company: Come battere le probabilità della trasformazione. https://www.mckinsey.com/mm/~media/mckinsey/business%20functions/people%20and%20organizational%20performance/our%20insights/how%20to%20beat%20the%20transformation%20odds/how_to_beat_the_transformation_odds.pdf

Neves, A., Godina, R., Azevedo, S. G., & Matias, J. C. O. (2020). Una revisione completa della simbiosi industriale. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119113. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119113>

Placuzzi, V., Zanotti, G. (2019). *Verso una simbiosi industriale nella regione Emilia-Romagna (Italia): Uno studio sulle principali barriere alla simbiosi industriale nel contesto italiano*. <https://research.cbs.dk/en/studentProjects/towards-an-industrial-symbiosis-in-the-emilia-romagna-region-ital/>

2. Syllabus del programma formativo – IFP (EQF5)

Titolo del modulo: Principi della valutazione del ciclo di vita per valutare i benefici ambientali e gli svantaggi della condivisione delle risorse

Livello EQF: 5

Crediti ECIFP: 2-3 ECIFP

Carico di lavoro complessivo (ore): 50-75

- Ore di didattica in presenza(input, seminari, workshop, ecc.). 42-56 ore
- Studio individuale guidato: 4-9
- Project work: 4-10

Istituzione erogatrice: CAMERA DI COMMERCIO E INDUSTRIA VRATSA SDRUZHENIE (CCI VRATSA), Bulgaria.

82

2.1 Panoramica del modulo

Questo modulo dota gli studenti delle conoscenze essenziali e delle competenze pratiche per applicare la Valutazione del Ciclo di Vita (LCA) come strumento di supporto decisionale nei contesti dell'economia circolare (CE) e della simbiosi industriale (IS). Introduce il pensiero sul ciclo di vita e lo stato dell'arte delle applicazioni LCA, seguita da una panoramica della famiglia di standard di gestione ambientale ISO 14000 e da un'introduzione mirata alla metodologia ISO 14040/14044 e agli indicatori chiave di sostenibilità come l'Impronta Ambientale (EF 3.1), il Costo del Ciclo di Vita (LCC) e la LCA Sociale.

Erogato in un formato intensivo e misto di 4–5 settimane, il modulo combina workshop in presenza, seminari online, e-learning e progetti con mentoring. I partecipanti imparano a modellare e interpretare gli impatti ambientali utilizzando openLCA, valutare i compromessi e individuare opportunità di miglioramento tra i sistemi di prodotto. Il modulo collega il pensiero sul ciclo di vita con quadri più ampi per la sostenibilità, inclusi il Pacco Verde Europeo e gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite.

Gli studenti sviluppano il pensiero sistemico, la consapevolezza etica e le capacità comunicative. Non è richiesta alcuna formalità preliminare del modulo, anche se una conoscenza di base della sostenibilità o dei processi industriali è vantaggiosa.

Al termine del modulo, i partecipanti possono svolgere in modo indipendente un LCA semplificato, supportare la rendicontazione sulla sostenibilità e contribuire a decisioni

informate in contesti PMI e CE/IS. I risultati di apprendimento sono in linea con le competenze ESCO e GreenComp.

2.2 Risultati di apprendimento (LO)

Gli obiettivi di apprendimento previsti sono suddivisi nei tre domini EQF: Conoscenza, Competenze e Competenza (Autonomia e Responsabilità):

▪ **Conoscenza.** *Gli studenti dovranno:*

1. comprendere le quattro fasi di un LCA secondo ISO 14040/14044 (definizione di obiettivi e ambiti, inventario del ciclo di vita, valutazione dell'impatto del ciclo di vita, interpretazione) (LO1),
2. comprendere la struttura e lo scopo degli indicatori ambientali chiave (ad esempio metodologia EF 3.1) e il loro ruolo nel processo decisionale manageriale e nella rendicontazione sulla sostenibilità (LO2),
3. riconoscere come la LCA funzioni all'interno di strategie di sostenibilità più ampie (ad esempio modelli di economia circolare e gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile), e spiegare le interconnessioni tra i quadri dell'economia circolare, gli SDG e il pensiero sul ciclo di vita (LO3),
4. interpretare indicatori di performance ambientali, economiche e sociali utilizzando strumenti basati su LCA per confrontare gli impatti sulla sostenibilità di prodotti o processi (LO4),
5. identificare la rilevanza politica dei risultati della LCA, in particolare in relazione al Pacco Verde Europeo e al Piano d'Azione per l'Economia Circolare dell'UE (LO5).

▪ **Competenze.** *Gli studenti possono:*

6. Raccogliere e organizzare i dati necessari (ad esempio dati di Materiale e di processo) per costruire un modello LCA, garantendo la qualità e la completezza dei dati (LO6),
7. Utilizzare il software openLCA per effettuare valutazioni del ciclo di vita – incluso l'uso del wizard "Quick LCA" per casi semplificati – e modellare scenari di economia circolare o simbiosi industriale per valutare gli impatti ambientali (LO7),
8. Analizzare e interpretare i risultati dell'LCA per supportare la produzione sostenibile e il processo decisionale aziendale, identificando punti caldi e opportunità di miglioramento (LO8),
9. Incorporare approcci di base del Costo del Ciclo di Vita (LCC) e Social LCA (S-LCA) per valutare le dimensioni economiche e sociali insieme agli impatti ambientali per una valutazione della sostenibilità più olistica (LO9),
10. Traducere i risultati tecnici della LCA in comunicazioni visive e verbali chiare (rapporti, presentazioni) adattate a diversi stakeholder e decisori (LO10).

▪ **Competenze (autonomia e responsabilità).** *Gli studenti sono in grado di:*

11. Lavorare in modo indipendente e metodico su compiti LCA, assumendosi la responsabilità dell'accuratezza dei dati, della corretta metodologia e della corretta interpretazione dei risultati (LO11),
12. Prendere l'iniziativa di contestualizzare i risultati della LCA all'interno di obiettivi più ampi di sostenibilità e business, e individuare opportunità per utilizzare l'LCA negli sforzi organizzativi di miglioramento e conformità (LO12),
13. Comunicare i risultati dell'ACL in modo responsabile e trasparente, riconoscendo chiaramente incertezze, limitazioni e confini di sistema dell'analisi (LO13),
14. Dimostrare pensiero sistemico e consapevolezza etica quando si valutano impatti ambientali, economici e sociali, considerando la natura interconnessa delle sfide della sostenibilità (LO14),
15. Rifletti in modo critico sui compromessi, le prospettive degli stakeholder e i conflitti di valori insiti nelle transizioni dell'economia circolare, e bilancia questi fattori quando formuli raccomandazioni (LO15).

2.3 Programmazione indicativa del percorso formativo e modalità di erogazione

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
1	Fondamenti di LCA & CE/IS	Faccia a faccia, Bootcamp	Pensiero sul ciclo di vita e contesto della sostenibilità; LCA in economia circolare e simbiosi industriale; politiche attuali e applicazioni industriali; ISO 14000 e ISO 14040/14044; Principi LCA, unità funzionali e confini di sistema.	LO1, LO3, LO5, LO14	Panoramica della famiglia ISO 14000 (estratti selezionati); Estratti ISO 14040/44; Green Deal della CE	Lezione interattiva, discussione guidata, dimostrazione del software, esercizio pratico.
2	Raccolta dati e modellazione LCI	Seminari online, e-learning, mentoring	raccolta dati BoM e LCI; qualità dei dati; Database LCI; costruire sistemi di prodotto in openLCA; Affrontare le lacune di dati	LO6, LO7, LO11	Template BoM; Tutorial LCI; esempi di dataset; openLCA Guida per principianti	Apprendimento a ritmo autonomo, incarichi sul posto di lavoro, check-in con il mentore.
3	LCIA & Interpretazione	Webinar dal vivo + Pratica applicata	Metodo EF 3.1; indicatori di punto medio/punto finale; esecuzione della LCIA; analisi dei punti caldi; confronto tra scenari circolari e lineari; Introduzione al LCC e al S-LCA	LO2, LO4, LO8, LO9, LO12, LO15	Documentazione del metodo EF 3.1; Valdivia et al. (2021)	Guida del software; analisi di casi di studio; Discussione tra pari.

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
4	Sviluppo del Progetto LCA e Revisione tra Pari	Project work Mentored + Workshop Online	Finalizzazione del modello LCA; interpretazione dei risultati; opzioni di miglioramento; preparare un riassunto in 5 slide; Sessione di revisione tra pari	LO4, LO8, LO10, LO11, LO12, LO13, LO15	Modello di interpretazione; Elenco di controllo per la presentazione	Project work indipendente; incontri con mentori; Feedback strutturato tra pari.
5	Valutazione finale	Valutazione ibrida	Presentazione di modello e rapporto; presentazione finale; Difesa orale	LO10, LO11, LO12, LO13, LO14, LO15	file modello LCA; diapositive; Rubrica di valutazione	Valutazione sommativa; Esame orale.

2.4 Metodi di Insegnamento e Apprendimento

Questo modulo è erogato in un formato misto che integra un bootcamp iniziale in presenza, seminari online, e-learning e progetti guidati. L'approccio pedagogico enfatizza l'apprendimento attivo e orientato alla pratica attraverso lezioni interattive, discussioni guidate, formazione pratica sull'OpenLCA e casi di studio reali. Gli studenti completano un progetto applicato di LCA e ricevono supporto settimanale da parte di mentore.

Questo approccio applicato e misto costruisce l'autonomia, le capacità di problem solving e le competenze analitiche richieste al Livello 5 dell'EQF.

Il modulo segue principi di insegnamento inclusivo e garantisce l'accessibilità di materiali digitali, valutazioni e attività di apprendimento.

2.5 Metodi di valutazione e prove

La valutazione in questo modulo è integrata con il lavoro pratico di progetto per valutare autenticamente il raggiungimento dei risultati di apprendimento. La strategia di valutazione include sia componenti formative che sommative, con un'enfasi sulla dimostrazione delle competenze reali dell'ACL:

Valutazione Formativa: Durante tutto il modulo, gli studenti ricevono feedback continui sui loro progressi. I mentori esaminano i lavori preliminari (come definizioni di ambito LCA, set di dati intermedi e risultati preliminari) e forniscono indicazioni. La sessione di feedback tra pari nella Settimana 9 è anche un'opportunità formativa per gli studenti di perfezionare le loro presentazioni e approfondire la comprensione in un contesto a basso rischio. Sebbene le attività formative non siano valutate, sono fondamentali per l'apprendimento e la preparazione.

Valutazione sommativa: La valutazione formale si svolge nella settimana 10 ed è composta da tre parti:

- *Presentazione del progetto LCA (ponderazione approssimativa del 50%):* Ogni studente presenta un dossier completo del progetto LCA. Questo include il **file di progetto** openLCA (o pacchetto esportato) con un modello completamente definito (che documenta l'unità funzionale, il confine del sistema, i dati dell'inventario, il metodo di valutazione dell'impatto scelto e qualsiasi assunzione). Un breve rapporto scritto o diapositive di presentazione annotate che riassumano l'ambito, la metodologia e i principali risultati dello studio possono accompagnare il modello. Questa componente valuta la capacità tecnica dello studente di condurre un LCA e produrre la documentazione necessaria.
- *Presentazione (circa 20%):* Gli studenti offrono una presentazione concisa (circa 5 diapositive) che comunica il progetto LCA al pubblico. Questo testa la capacità di distillare e presentare le informazioni in modo chiaro – coprendo l'obiettivo e l'ambito, i risultati importanti (ad esempio i principali contributori all'impatto), l'interpretazione inclusi eventuali confronti o scenari di miglioramento, e raccomandazioni pratiche. Qui vengono valutati la chiarezza della comunicazione, l'efficacia visiva e l'attenzione agli insight rilevanti per la decisione.

- *Difesa orale (circa 30%)*: Immediatamente dopo la presentazione, gli studenti partecipano a un **esame orale** (una sessione strutturata di domande e risposte o "viva voce"). Il valutatore analizza la comprensione del lavoro da parte dello studente: chiedendo giustificazioni delle scelte (ad esempio perché sono stati utilizzati determinati dati, metodi di impatto o assunzioni), interpretazione di risultati specifici (specialmente relativi alle categorie di impatto EF 3.1) e implicazioni dei risultati. Agli studenti si può anche chiedere quali siano i limiti del loro studio e come abbiano gestito le incertezze (affrontando LO13). Questa componente valuta la profondità della comprensione, il pensiero critico e la capacità di articolare e difendere il lavoro – competenze chiave in EQF5.

Se applicabile, può essere utilizzato anche un elemento di feedback tra pari (non valutato) in cui i colleghi compilano un modulo o una griglia di valutazione per ogni presentazione. Questo promuove una pratica riflessiva ma non influisce direttamente sui voti.

Prove di valutazione: Per superare con successo il modulo, gli studenti devono produrre **prove concrete** delle proprie competenze. Questo include:

- Il *file modello openLCA* (o archivio esportato) contenente tutti i dati del modello, che dimostra la corretta configurazione ed esecuzione di uno studio LCA.
- Un *file di presentazione* (PDF di slide o rapporto) che comunica in modo conciso il processo e i risultati della LCA.
- Una *registrazione o un'osservazione dal vivo* della difesa orale, che fornisce prove delle capacità spiegate e di ragionamento dell'apprendente.
- Una *rubrica di valutazione completata* o un modulo di valutazione dall'insegnante, che documenta le prestazioni secondo ciascun criterio (ad esempio accuratezza tecnica, applicazione degli standard, qualità della comunicazione e approfondimenti analitici).
- (Opzionale) *Moduli di feedback tra pari* o appunti di auto-riflessione dello studente, che vengono utilizzati nel processo di apprendimento e possono essere inclusi come parte di un portfolio.

Sia l'oggetto del progetto che l'esecuzione orale devono rispettare standard minimi di qualità. La griglia di valutazione è allineata con gli esiti di apprendimento per garantire equità e trasparenza. Gli studenti devono dimostrare competenza in ogni area principale (competenze tecniche LCA, analisi/interpretazione e comunicazione) per ottenere i 3 crediti ECIFP completi e il **badge digitale SymbioTech "EcoFootprint Assessor"** per questo modulo.

2.6 Bibliografia e strumenti

2.6.1 Articoli sottoposti a revisione paritaria

Aissani, L., Lacassagne, A., Bahers, J., & Le Féon, S. (2019). Valutazione del ciclo di vita della simbiosi industriale: una revisione critica degli scenari di riferimento rilevanti. *Journal of Industrial Ecology*, 23(4), 972–985. <https://doi.org/10.1111/jiec.12887>

Daddi, T., Nucci, B., & Iraldo, F. (2017). Utilizzare la valutazione del ciclo di vita (LCA) per misurare i benefici ambientali della simbiosi industriale in un cluster industriale di PMI. *Journal of Cleaner Production*, 147, 157–164. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.090>

Kerdlap, P., Low, J. S. C., Tan, D. Z. L., Yeo, Z., & Ramakrishna, S. (2020). M³-IS-LCA: Una metodologia per la valutazione delle prestazioni ambientali multilivello del ciclo di vita delle reti di simbiosi industriali. *Risorse, Conservazione e Riciclaggio*, 162, 104963. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104963>

Valdivia, S., Backes, J. G., Traverso, M., Sonnemann, G., & Finkbeiner, M. (2021). Principi per l'applicazione della valutazione della sostenibilità del ciclo di vita. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26(9), 1900–1905. <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01993-4>

2.6.2 Report sulle politiche e istituzioni dell'UE

Commissione Europea. (2019). *Il Green Deal Europeo* (COM/2019/640 finale). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640>

Commissione Europea. (2020). *Piano d'azione per l'economia circolare: per un'Europa più pulita e competitiva* (finale COM/2020/98). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0098>

Centro Congiunto di Ricerca (Commissione Europea). (2022). *Metodo dell'impronta ambientale 3.1*. <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/EnvironmentalFootprint.html>

2.6.3 Standard Internazionali (ISO)

Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione. (2006a). *Gestione ambientale—Valutazione del ciclo di vita—Principi e quadro* (ISO 14040:2006). ISO.

Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione. (2006b). *Gestione ambientale—Valutazione del ciclo di vita—Requisiti e linee guida* (ISO 14044:2006). ISO.

2.6.4 Software e Database

GreenDelta. (2023). *openLCA* (Versione 1.11) [Software]. <https://www.openlca.org>

GreenDelta. (2023). *openLCA Nexus* [Piattaforma di database]. <https://nexus.openlca.org>

Associazione Ecoinvent. (2023). *Ecoinvent database* (Versione 3.8) [Database dell'inventario del ciclo di vita]. <https://www.ecoinvent.org>

SankeyMATIC. (2023). *SankeyMATIC* [Software basato sul Web]. <https://sankeymatic.com>

2.6.5 Risorse opzionali / supplementari

Commissione Europea. (s.d.). *Pagina principale dell'impronta ambientale (EF)*. https://ec.europa.eu/environment/eoap/initiatives/eu-environmental-footprint-home_en

Piattaforma Europea per la Valutazione del Ciclo di Vita (EPLCA). (s.d.). *Risorse per l'Iniziativa del Ciclo di Vita*. <https://eplca.jrc.ec.europa.eu>

3. Syllabus del programma formativo – IFP (EQF5)

Titolo del modulo: Relazioni tra organizzazioni

Livello EQF: 5

Crediti ECIFP: 2-3 ECIFP

Carico di lavoro complessivo (ore): 65

- Ore di didattica in presenza(input, seminari, workshop, ecc.). 45 ore
- Studio individuale guidato: 20

Istituzione erogatrice: EXEO LAB S.R.L. (Exeo Lab), Italia.

3.1 Panoramica del modulo

90

Questo modulo fornisce agli studenti le competenze pratiche necessarie per iniziare e facilitare collaborazioni inter-organizzative all'interno degli ecosistemi della Simbiosi Industriale (IS). Il suo obiettivo è migliorare le competenze dei futuri Manager SymbioTech, degli studenti IFP e dei professionisti che lavorano nei settori industriale, municipale o ambientale per scoprire partner rilevanti, favorire la fiducia e incoraggiare la collaborazione nelle prime fasi di scambio di risorse.

Il modulo tratta argomenti importanti come la profilazione e la mappatura degli stakeholder, le strategie di comunicazione e costruzione della fiducia, la gestione dei conflitti e delle opposizioni, gli approcci chiave alla negoziazione e la creazione di semplici documenti di cooperazione (ad esempio, Memorandum d'Intesa). Il modulo è strutturato **su cinque settimane** e consiste in dieci unità di apprendimento concise organizzate in una sequenza progressiva e orientata alla pratica. Questo progetto segue un approccio IFP basato sulle competenze, combinando brevi input teorici con applicazione, riflessione e pratica delle competenze continue. Ogni settimana si concentra su un'area tematica coerente e porta a risultati di apprendimento tangibili che contribuiscono a un progetto finale di coinvolgimento dei partner. La struttura è allineata ai principi esperienziali e di microapprendimento, garantendo sostenibilità cognitiva, acquisizione efficace di competenze e un forte trasferimento di apprendimento nei contesti professionali.

Seminari pratici ed esercizi di gioco di ruolo permettono agli studenti di esercitarsi nella comunicazione, nella facilitazione degli incontri e nelle tecniche persuasive in situazioni reali.

Questo modulo è principalmente rivolto agli **studenti IFP e ai professionisti** che lavorano nell'economia circolare, nei servizi ambientali, nelle operazioni industriali o nello sviluppo locale. Si concentra sulle conoscenze introduttive presentate nel *Modulo 1: Quadro di Simbiosi Industriale*, in particolare sui concetti SI e sulla rilevanza degli stakeholder. Prepara inoltre gli studenti a moduli di successo che coprono tecnologie digitali, gestione ambientale e coordinamento avanzato delle partnership.

Non sono necessarie qualifiche formali, tuttavia si suggerisce esperienza pregressa in sostenibilità, competenze comunicative di base o dinamiche organizzative.

3.2 Risultati di apprendimento (LO)

▪ **Conoscenza.** *Gli studenti dovranno:*

1. comprendere le dinamiche della collaborazione interorganizzativa nella Simbiosi Industriale (IS), incluso come identificare e profilare i tipi tipici di partner (PMI, utilities, comuni, operatori di rifiuti). Sviluppare una comprensione dei problemi complessi di sostenibilità e della loro evoluzione, riconoscendo che i componenti del sistema si comportano in modo diverso quando analizzati isolatamente rispetto all'interno del sistema più ampio (LO1),
2. conoscere i principi di costruzione della fiducia, allineamento degli interessi e comportamento collaborativo in ambienti multistakeholder (LO2),
3. riconoscere le fonti comuni di resistenza al cambiamento e comprendere le strategie comportamentali per affrontare e mitigare la resistenza nelle iniziative IS precoci (LO3),
4. comprendere la struttura, lo scopo e i componenti essenziali di un Memorandum d'Intesa (MoU) di base per definire i termini di collaborazione (LO4),
5. conoscere i principi fondamentali di negoziazione, comunicazione persuasiva e lobbying all'interno delle partnership aziendali rilevanti per la Simbiosi Industriale (LO5).

▪ **Competenze.** *Gli studenti possono:*

6. mappare e documentare gli stakeholder utilizzando strumenti semplici (ad esempio, modelli, matrici), identificando i loro interessi, influenza, potenziali contributi e barriere rilevanti per le iniziative di Simbiosi Industriale (LO6),
7. comunicare professionalmente in formati scritti e verbali, inclusa la stesura di email di sensibilizzazione, la creazione di sceneggiature per le riunioni, la conduzione di chiamate di discovery e la preparazione di visite in loco con potenziali partner (LO7),
8. facilitare attività di collaborazione nelle fasi iniziali guidando discussioni introduttive, gestendo le interazioni in piccoli gruppi e supportando il dialogo tra diversi attori organizzativi (LO8),
9. applicare tecniche di negoziazione e persuasione di base per affrontare le preoccupazioni, gestire le obiezioni e favorire la comprensione condivisa tra potenziali partner IS (LO9),

10. rediga un semplice Memorandum d'Intesa (MoU) che definisca chiaramente ruoli, aspettative, potenziali scambi di risorse, rischi e benefici reciproci (LO10),
11. utilizzare tecniche di costruzione della fiducia, ascolto attivo e riformulazione per influenzare e coinvolgere partner esitanti o scettici, rafforzando le dinamiche di collaborazione nelle prime fasi (LO11).

▪ **Competenze (autonomia e responsabilità).** *Gli studenti sono in grado di:*

12. assumersi la responsabilità della pianificazione e dell'esecuzione delle attività di contatto con i partner, inclusa la ricerca preliminare, la preparazione delle riunioni e il follow-up tempestivo (LO12),
13. anticipare possibili resistenze o incomprensioni durante gli scambi interorganizzativi e adattare strategie di comunicazione per mantenere fiducia, chiarezza e coinvolgimento costruttivo (LO13).
14. rappresentare la propria organizzazione in modo professionale, etico e diplomatico nelle interazioni con gli stakeholder esterni, garantendo una comunicazione trasparente e rispettosa (LO14),
15. Far passare questioni complesse, sensibili o legali ai supervisori o ai responsabili di progetto, mantenendo indipendentemente lo slancio nei primi processi di collaborazione (LO15).
16. coinvolgere proattivamente i partner dimostrando iniziativa, perseveranza e pratica riflessiva per rafforzare l'efficacia della collaborazione nei contesti IS (LO16).

3.3 Programmazione indicativa del percorso formativo e modalità di erogazione

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
1	U.1 Introduzione alle relazioni interorganizzative nell'IS	Input teorico + Workshop	Panoramica delle partnership IS; comprendere i tipi di partner (PMI, utilities, comuni, operatori di rifiuti); Introduzione ai complessi problemi di sostenibilità e al comportamento del sistema ("I componenti si comportano in modo diverso in isolamento rispetto al sistema")	LO1, LO3	Casi di studio (ad esempio, Eco-Industrial Parks, ECO3)	Lezione interattiva; discussione guidata; Analisi introduttiva dello scenario.
	U.2 Mappatura degli stakeholder e teoria dell'engagement	Input teorico+Workshop	Teoria del coinvolgimento degli stakeholder (modello Freeman, modello di salienza, griglie di interesse/influenza); mappare gli interessi, l'influenza, le motivazioni e le barriere degli attori; identificare il potenziale di collaborazione negli ecosistemi IS.	LO1, LO2, LO6, LO8	Modelli di mappatura degli stakeholder; Casi di studi sugli IS	Input teorico interattivo; laboratorio di mappatura pratica; Esercizi in piccoli gruppi.
2	U.3 Strategie di costruzione della fiducia e comunicazione	Input + Role-play	Costruzione di relazioni in ambienti multi-stakeholder; stili comunicativi; fiducia e reciprocità; Inquadramento e ascolto attivo. Applicazione alle interazioni IS nelle prime fasi iniziali.	LO2, LO7, LO8, LO11	Toolkit di comunicazione: brevi letture sulla costruzione della fiducia	Simulazioni di gioco di ruolo; feedback dei pari; Discussione guidata.
	U.4 Resistenza al cambiamento e tecniche di persuasione	Laboratorio	Tipi di resistenza organizzativa e comportamentale; gestione delle obiezioni; strategie di persuasione e influenza; Riformulare i benefici per partner esitanti.	LO3, LO9, LO11	Mazzo Scenario di Resistenza	Simulazioni basate su casi; micro-esercizi; Feedback dell'istruttore.

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
3	U.5 Attività di sensibilizzazione con i partner e coinvolgimento precoce	Input + Workshop	Redazione di email di sensibilizzazione; pianificare le chiamate introduttive; la preparazione e la facilitazione delle visite in loco; gestendo le prime interazioni con attori diversi.	LO7, LO8, LO12	Modelli di script per email e chiamate	Laboratori di scrittura; simulazioni a coppia; Esercizi pratici di comunicazione.
	U.6 Nozioni di base della negoziazione nei contesti IS	Input + Simulazione	Principi di negoziazione vantaggioso per tutti; identificare interessi rispetto a posizioni; proposte di elaborazione; negoziazione dei termini di cooperazione anticipata.	LO5, LO9, LO11	Esempi di casi di negoziazione	Simulazioni di negoziazione strutturate; Riflessione di gruppo.
4	U.7 Redazione di un Memorandum d'Intesa (MoU)	Laboratorio	Scopo e struttura dei protocolli d'intesa; la stesura di clausole (ruoli, flusso, rischi, benefici, riservatezza, passi successivi); Revisione tra pari delle bozze.	K4, S5	Modello MoU	Sessione di disegno di gruppo; Workshop di valutazione tra pari.
	U.8 Progetto di coinvolgimento dei partner basato sul luogo di lavoro	Autoapprendimento guidato	Gli studenti scelgono un partner reale o ipotetico; preparare il profilo degli stakeholder, il piano di coinvolgimento, i campioni di comunicazione e rediga i termini del MoU.	LO6–LO11, LO12–LO16	Dati e contesto sul posto di lavoro	Mentoring da tutor; feedback iterativo; sviluppo autonomo di progetti.
5	Clinica per la Valutazione Finale	Valutazione	Presentazione del piano di coinvolgimento dei partner; un gioco di ruolo registrato che simulava una negoziazione con un partner esitante; breve sessione orale di domande e	Tutti i LO	Rubrica di valutazione; Linee guida video/registrazione	Debriefing orale; valutazione delle prestazioni.

3.4 Metodi di Insegnamento e Apprendimento

Il modulo adotta un approccio di apprendimento IFP orientato alla pratica ed esperienziale, progettato per rafforzare le competenze interpersonali, comunicative e negoziali necessarie alla collaborazione interorganizzativa nella Simbiosi Industriale. I metodi di insegnamento e apprendimento combinano brevi input teorici con attività pratiche, riflessione e applicazione sul posto di lavoro per supportare l'acquisizione di competenze e la competenza comportamentale.

1. Input teorico: presentazioni brevi e mirate (10–25 minuti) che introducono concetti chiave come la teoria del coinvolgimento degli stakeholder, la costruzione della fiducia, la resistenza al cambiamento, la comunicazione persuasiva e i principi di negoziazione. Questi input forniscono agli studenti i quadri essenziali necessari per una partecipazione informata alle attività pratiche.

2. Workshop: gli studenti analizzano scenari degli stakeholder, conducono la mappatura degli stakeholder, redigono messaggi di sensibilizzazione e discutono potenziali percorsi di collaborazione. I workshop enfatizzano la partecipazione attiva, la risoluzione dei problemi e l'apprendimento tramite il pratico, permettendo agli studenti di applicare concetti teorici a situazioni realistiche.

3. Giochi di ruolo e simulazioni: incontri simulati tra partner, esercizi di negoziazione e scenari di gestione della resistenza permettono agli studenti di esercitarsi con tecniche di comunicazione, persuasione e facilitazione in un ambiente sicuro. I giochi di ruolo includono feedback strutturati da parte di coetanei e formatori, migliorando la consapevolezza di sé e la competenza comportamentale.

4. Lavoro di gruppo e apprendimento tra pari: i team collaborano su esercizi di mappatura, stesura di protocolli d'intesa, strategie di sensibilizzazione e analisi dei casi. Il peer learning promuove prospettive diverse e rispecchia reali dinamiche di collaborazione interorganizzativa, sviluppando al contempo competenze trasversali come ascolto, coordinamento e gestione dei conflitti.

5. Apprendimento basato su scenari: studi di caso realistici (parchi industriali, cluster locali, partnership municipali) guidano gli apprendenti a esplorare barriere, opportunità e dinamiche relazionali nella Simbiosi Industriale. L'apprendimento basato su scenari supporta il processo decisionale, il pensiero sistemico e la risoluzione pratica dei problemi.

6. Formazione sulle micro-competenze: attraverso brevi esercizi pratici (ad esempio, costruire le righe di oggetto delle email, provare le prime linee delle chiamate, riassumere la posizione del partner), gli studenti affinano specifiche competenze di comunicazione e facilitazione necessarie per un coinvolgimento e una sensibilizzazione efficaci.

7. Pratica riflessiva: gli studenti rivedono le proprie prestazioni dopo i giochi di ruolo, esaminano punti di forza e debolezza e individuano aree di miglioramento personale. Reflection supporta lo sviluppo continuo delle competenze, l'autonomia e la maturità nella gestione delle interazioni professionali.

8. Apprendimento basato sul posto di lavoro: gli studenti applicano i concetti di modulo nel proprio ambiente lavorativo o in un ambiente professionale simulato, profilando un partner

reale o potenziale, preparando un piano di coinvolgimento e redigendo contenuti per i protocolli d'interruzione. Questo collega la teoria con la pratica autentica e supporta la rilevanza per i ruoli lavorativi.

9. Mentoring e feedback: i formatori forniscono feedback personalizzati su esempi di comunicazione, strategie di coinvolgimento e bozze di protocolli d'intesa. Il mentoring migliora il trasferimento dell'apprendimento e rafforza la fiducia degli studenti nella gestione di situazioni di collaborazione nella vita reale.

3.5 Metodi di valutazione e prove

La strategia di valutazione per questo modulo combina componenti formativi e sommativi per valutare la capacità degli studenti di impegnarsi efficacemente in processi di collaborazione interorganizzativa rilevanti per la Simbiosi Industriale. Le valutazioni misurano non solo la comprensione teorica, ma anche le capacità comunicative, le competenze comportamentali e la capacità di applicare strumenti e metodi in contesti realistici.

- *Partecipazione e coinvolgimento – 30% (formativo + sommativo).* Gli studenti vengono valutati sul loro contributo attivo a workshop, giochi di ruolo, discussioni, attività di mappatura degli stakeholder ed esercizi di micro-abilità.

Competenze valutate: comunicazione, collaborazione, comportamento professionale, pratica riflessiva.

Prove: note di osservazione dell'insegnante, feedback dei pari, registro delle partecipazioni.

- *Piano di coinvolgimento del partner – 40% (sommativo).* Ogni studente sviluppa un piano strutturato per coinvolgere un partner esterno reale o ipotetico allineato a un'opportunità di Simbiosi Industriale.

Il piano include: i) profilo degli stakeholder e mappatura; ii) identificazione di interessi, preoccupazioni e influenze; iii) email/messaggio di sensibilizzazione; iv) schema di una chiamata o incontro di discovery; v) tempistica per i passaggi di ingaggio; vi) rediga la sezione MoU (ruoli, benefici, rischi, prossimi passi).

Competenze valutate: analisi degli stakeholder, strategia di comunicazione, pianificazione strutturata, comprensione dei componenti del MoU.

Prove: rapporto scritto (1.000–1.500 parole), campioni di comunicazione, mappe degli stakeholder, bozza del MoU.

- *Simulazione di gioco di ruolo + riflessione orale – 30% (sommativo).* Gli studenti registrano o eseguono un'interazione simulata con un partner esitante (incontro iniziale, negoziazione, gestione delle obiezioni o scenario di comunicazione persuasiva).

Segue una breve sessione orale di domande e risposte in cui lo studente spiega: le ragioni dietro le strategie comunicative scelte; come veniva affrontata la costruzione della fiducia; come veniva gestita la resistenza; cosa avrebbero migliorato

Competenze valutate: negoziazione, persuasione, ascolto attivo, adattamento comportamentale, rappresentanza professionale.

Prove: simulazione video o dal vivo (5–10 minuti); debriefing orale (5 minuti); rubrica di valutazione compilata dal formatore.

3.6 Bibliografia e strumenti

Chertow, M. (2000). *Simbiosi industriale: letteratura e tassonomia*.

Paquin, R., & Howard-Grenville, J. (2012). *L'evoluzione della simbiosi industriale facilitata*.

Lombardi, D., & Laybourn, P. (2012). *Ridefinire la simbiosi industriale*.

Fraccascia, L., Giannoccaro, I., & Albino, V. (2017). *Simbiosi industriale: Scoprire il potenziale di sinergia*.

Commissione Europea. *Piano d'azione per l'economia circolare* (contesto politico). Cropper, S., et al. (2008). *Il Manuale Oxford delle Relazioni Inter-Organizzative*.

Huxham, C., & Vangen, S. (2005). *Riuscire a collaborare: la teoria e la pratica del vantaggio collaborativo*.

Ring, P. S., & Van de Ven, A. (1994). *Processi di sviluppo delle relazioni cooperative interorganizzative*.

Freeman, R. E. (1984). *Gestione strategica: un approccio agli stakeholder*.

Mitchell, R., Agle, B., & Wood, D. (1997). *Verso una teoria dell'identificazione e della rilevanza degli stakeholder*.

Bryson, J. (2018). *Pianificazione strategica per organizzazioni pubbliche e non profit* (strumenti per gli stakeholder tools).

Gray, B. (1989). *Collaborazione: Trovare un terreno comune per i problemi multipartitivi*.

Kaner, S. (2014). *Guida del facilitatore al processo decisionale partecipativo*.

Dahlman, C., & Simkins, B. (2016). *Comunicazione e negoziazione in un contesto globale*.

4. Syllabud del programma formativo – IFP (EQF5)

Titolo del modulo: IA e machine learning per prevedere i flussi di materiali e ottimizzare la catena di approvvigionamento/i processi

Livello EQF: 5

Crediti ECIFP: 3 ECIFP

Carico di lavoro complessivo (ore): 75

- Ore di didattica in presenza(input, seminari, workshop, ecc.). 45-50 ore
- Studio individuale guidato: 10-15 ore
- Project work: 10-15 ore

Istituzione erogatrice: PRIOS KOMPETANSE AS (PRIOS), Norvegia.

98

4.1 Panoramica del modulo

Questo modulo introduce i concetti fondamentali e le applicazioni pratiche dell'Intelligenza Artificiale (IA) e del Machine Learning (ML) all'interno della Simbiosi Industriale (IS). Fornisce agli studenti una comprensione chiara e operativa della modellazione predittiva, riconoscimento di pattern, clustering e supporto decisionale basato su dashboard, con un forte focus sui tipi di dati industriali tipicamente disponibili nelle PMI. Il modulo consente agli studenti di interpretare previsioni, identificare tendenze e anomalie e tradurre approfondimenti analitici in raccomandazioni pratiche che supportano l'efficienza delle risorse, l'equilibrio tra domanda e offerta, e l'ottimizzazione degli scambi simbiotici.

Gli studenti esplorano come gli strumenti supportati dall'IA possano migliorare i processi decisionali nei cluster industriali, incluso come gestire l'incertezza, evitare fraintendimenti e applicare pratiche etiche e responsabili sui dati quando si lavora con dataset sensibili o incompleti. Il modulo rafforza inoltre le capacità di comunicazione e reportistica attraverso esercizi che richiedono una chiara spiegazione dei risultati analitici a stakeholder non esperti.

Come parte del percorso SymbioTech IFP, questo modulo si basa sui concetti fondamentali di IS introdotti in precedenza nel curriculum e prepara gli studenti a moduli focalizzati su strumenti digitali, implementazione EMS e ottimizzazione energetica/risorse. Non è richiesta alcuna esperienza precedente con IA o programmazione; una familiarità di base con i dati IS e i processi industriali è vantaggiosa.

4.2 Risultati di apprendimento (LO)

▪ **Conoscenza.** *Gli studenti dovranno:*

1. Comprendere i principi fondamentali di IA e ML rilevanti per la Simbiosi Industriale, inclusi apprendimento supervisionato e non supervisionato (previsione, clustering) (LO1),
2. Conoscere i principali tipi di dati IS utilizzati per l'analisi predittiva, come flussi di materiali, consumo energetico, variabilità della produzione e flussi di rifiuti (LO2),
3. Essere consapevoli di come funzionano le dashboard come strumenti di supporto alle decisioni, inclusi componenti, filtri, variabili e logica a finestra temporale (LO3),
4. Essere consapevoli delle limitazioni comuni dei modelli e delle fonti di bias (LO4),
5. Comprendere le pratiche etiche e responsabili dei dati quando si utilizzano strumenti supportati dall'IA, inclusi trasparenza, incertezza e limitazioni dei modelli predittivi (LO5).

▪ **Competenze.** *Gli studenti possono:*

6. Validare i dati di input, identificare anomalie e segnalare schemi discutibili prima dell'analisi (LO6),
7. Interpretare i risultati dei modelli di previsione e clustering applicati ai dataset IS, identificando tendenze, anomalie e punti caldi (LO7),
8. Configura e utilizza modelli di dashboard per esaminare i dati industriali, modificare i parametri ed esplorare diverse viste analitiche (LO8),
9. Sviluppare spiegazioni scritte e orali chiare e basate su evidenze dei risultati analitici per i manager PMI e il personale operativo (LO9),
10. Produrre raccomandazioni concrete che colleghino le intuizioni predittive a decisioni IS fattibili e a misure di ottimizzazione (LO10).

▪ **Competenze (autonomia e responsabilità).** *Gli studenti possono:*

11. Utilizzare dashboard supportate dall'IA per informare e giustificare decisioni relative agli IS in modo indipendente all'interno di un contesto operativo (LO11),
12. Valutare la fattibilità e le implicazioni delle raccomandazioni generate dall'IA, considerando i vincoli delle PMI, l'incertezza e gli aspetti etici (LO12),
13. Comunicare in modo chiaro e responsabile approfondimenti analitici ai non esperti, supportando il processo decisionale collaborativo (LO13),
14. Riflettere sui limiti e i rischi associati agli strumenti predittivi e adeguare di conseguenza le raccomandazioni (LO14).

4.3 Programmazione indicativa del percorso formativo e modalità di erogazione

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
1	Contesto dell'IA e Prontezza dei Dati	Contributi e Workshop	Panoramica: IA/ML in Simbiosi Industriale (IS); Apprendimento supervisionato vs. non supervisionato. Dati: Esplorazione dei dataset IS (flussi di materiale, logaritmi energetici); Identificare problemi di qualità dei dati (rumore, valori mancanti) nei contesti SME.	LO1, LO2, LO6	Hyndman & Athanasopoulos (2021) Cap. 1-2; Sezione strumenti di Yeo et al. (2020).	Lezione interattiva; Esempi di fonti di dati; Revisione pratica dei dati.
2	Modellizzazione Predittiva: Previsione e Clustering	Input & Laboratorio	Previsione: Logica della regressione e delle serie temporali; stagionalità e incertezza. Clustering: Rilevamento di hotspot, segmenti e anomalie nel flusso. Attività: Interpretare output di modelli predefiniti (approccio black-box) piuttosto che programmare da zero.	LO1, LO5, LO7, LO10	Hyndman & Athanasopoulos (2021) Cap. 3; Esempi di clustering di Patel & Dave (2019); Chandola et al. (2009) Rilevamento di anomalie	Dimostrazione visiva; "Laboratorio di Interpretazione" usando fogli di calcolo/strumenti visivi.
3	Configurazione del cruscotto e analisi visiva	Laboratorio	Struttura: variabili del dashboard, filtri, finestre temporali. Configurazione: Caricamento dei dati IS nei template; Regolare i parametri. Interpretazione: Lettura delle visualizzazioni per.	LO3, LO6, LO8	<i>Few (2006) Cap. 1-2; Alcune sezioni selezionate (2012).</i>	Workshop guidato (configurazione del modello); Domande e risposte tra pari.

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
4	Supporto alle decisioni, etica e comunicazione	Seminario e Laboratorio di Scrittura	Logica decisionale: collegare le previsioni al bilanciamento tra domanda e offerta e fattibilità. Etica: governance dei dati, gestione responsabile e comunicazione dell'incertezza. Risultati: Redazione di memorie di raccomandazione basate su evidenze per non esperti.	LO4, LO5, LO9, LO12, LO13, LO14	<i>Mittelstadt (2019) Etica dell'IA; Sezione narrativa di Knaflitz (2015).</i>	Guida dello scenario; Laboratorio di scrittura pratica; Discussione riflessiva.
5	Progetto Integrato di Scenario & Valutazione Finale	Project work e Valutazione	Progetto: Applicare le intuizioni della dashboard a uno scenario decisionale realistico di PMI. Valutazione: Presentazione finale dell'interpretazione del dashboard, raccomandazioni e difesa orale riguardo fattibilità ed etica.	LO9, LO10, LO11, LO12, LO14	Riassunto del progetto; Rubrica di valutazione.	Clinica di progetto supervisionata; Presentazione formale/discussione orale.

4.4 Metodi di Insegnamento e Apprendimento

▪ *Approccio all'apprendimento*

Questo modulo adotta un approccio di apprendimento ibrido che combina attività sincrone (lezioni, discussioni, workshop, laboratori) con materiali asincroni che gli studenti possono esplorare in modo indipendente. Questo formato supporta sia l'interazione immediata durante le sessioni guidate sia una riflessione più profonda attraverso uno studio auto-ritmato. Gli elementi asincroni — materiali di lettura, briefing dei dati e guide analitiche strutturate — garantiscono agli studenti di poter rivedere la logica di previsione, i principi di clustering e le tecniche di interpretazione dei dati secondo necessità, per consolidare la comprensione.

▪ *Metodi di insegnamento chiave*

I metodi didattici includono lezioni interattive per introdurre i concetti fondamentali di AI/ML, seminari per discutere l'etica e l'incertezza dei dati, e casi di studio per illustrare l'uso di strumenti predittivi in contesti di simbiosi industriale. Workshop e laboratori pratici offrono opportunità strutturate per esercitarsi nell'interpretare previsioni, identificare anomalie e configurare modelli di dashboard. I compiti di gruppo basati su scenari coltivano il ragionamento collaborativo, mentre il lavoro basato su progetti permette agli studenti di applicare metodi analitici a contesti dati realistici delle PMI e sviluppare raccomandazioni basate su evidenze.

▪ *Approcci che supportano l'apprendimento attivo e l'applicazione pratica*

Le attività di apprendimento sono progettate per sostenere un coinvolgimento attivo e uno sviluppo progressivo delle competenze. Workshop e laboratori permettono agli studenti di lavorare direttamente con modelli e dataset, traducendo concetti astratti in competenze operative. Le discussioni basate su casi e i compiti di scenario incoraggiano il pensiero critico e supportano l'applicazione dei risultati analitici a situazioni decisionali reali. Il progetto finale integra conoscenze, competenze e competenze richiedendo agli studenti di interpretare in modo indipendente i risultati predittivi, giustificare decisioni, affrontare l'incertezza e comunicare intuizioni che riflettano chiaramente il livello di autonomia e responsabilità previsto al livello 5 dell'EQF.

102

4.5 Metodi di valutazione e evidenze

▪ *Approccio di valutazione*

La valutazione in questo modulo combina **componenti formative** e **sommative** per verificare lo sviluppo di conoscenze, competenze pratiche e competenze analitiche allineate ai risultati di apprendimento. Le valutazioni formative sono integrate durante tutto il modulo per fornire feedback continuo, guidare gli studenti nell'interpretazione dei risultati predittivi e supportare lo sviluppo progressivo della alfabetizzazione dei dashboard, dell'interpretazione dei dati e delle competenze comunicative. La valutazione sommativa consiste in un progetto finale strutturato che richiede agli studenti di interpretare i dataset di simbiosi industriale utilizzando un modello di dashboard, preparare un insieme di raccomandazioni basate su evidenze e dimostrare una comprensione riflessiva dell'incertezza e delle considerazioni etiche.

▪ Valutazione formativa

I compiti di valutazione formativa includono brevi esercizi analitici svolti durante workshop e laboratori, come l'interpretazione delle tendenze nelle viste dei dashboard, l'identificazione di anomalie, la validazione di problemi di qualità dei dati e la stesura di dichiarazioni preliminari di approfondimento. Altri elementi formativi includono la partecipazione a discussioni di caso, contributi al lavoro di gruppo su scenari e brevi riflessioni scritte legate all'incertezza e agli aspetti etici degli strumenti predittivi. Queste attività non sono corrette ma forniscono feedback essenziali, permettendo agli studenti di consolidare la comprensione prima della valutazione finale.

▪ Valutazione sommativa

La valutazione sommativa si basa su un **progetto individuale** che integra tutti i componenti del modulo. Gli studenti devono compilare un modello di dashboard utilizzando un dataset fornito, interpretare i risultati predittivi (ad esempio, tendenze, anomalie, punti di riferimento) e preparare un breve brief scritto di raccomandazione indirizzato a un decisore PMI. La valutazione si conclude con una **presentazione e una discussione orale**, durante le quali gli studenti giustificano il proprio ragionamento analitico, spiegano le scelte di configurazione, comunicano incertezza e rispondono a domande su fattibilità e implicazioni etiche. Viene applicata una **griglia di valutazione strutturata** per garantire trasparenza e coerenza nella valutazione dell'accuratezza analitica, chiarezza della comunicazione, giustificazione delle decisioni, consapevolezza etica e competenza complessiva.

Pesatura dei componenti

Il voto finale è composto da:

- *Componente formativo: 30%*
 - Esercizi di laboratorio/laboratorio (compiti di interpretazione)
 - brevi riflessioni scritte sull'incertezza/etica
 - Contributo al lavoro di gruppo basato su scenari
- *Componente sommativa: 70%*
 - Interpretazione della dashboard e brief di raccomandazione scritta (45%)
 - Presentazione e discussione orale (25%)

Le componenti formative contribuiscono al voto finale a riconoscere l'importanza di un coinvolgimento continuo e dello sviluppo delle competenze, mentre il progetto sommativo garantisce che gli studenti possano applicare in modo indipendente metodi analitici supportati dall'IA in un contesto di simbiosi industriale. I criteri di valutazione includono accuratezza e adeguatezza dell'interpretazione, corretta identificazione di anomalie e limitazioni, chiarezza e rilevanza delle raccomandazioni, coerenza nella comunicazione, consapevolezza etica e giustificazione riflessiva delle decisioni.

4.6 Bibliografia e strumenti

4.6.1 Obbligatorie

I seguenti materiali supportano i concetti fondamentali e le attività applicate di questo modulo. Capitoli o estratti selezionati possono essere assegnati in base alle conoscenze pregresse degli studenti e al focus delle unità specifiche.

Poche, S. (2006). Progettazione delle dashboard informative: La comunicazione visiva efficace dei dati. O'Reilly Media.

Poche, S. (2012). Mostrami i numeri: progettare tabelle e grafici per illuminare (2^a ed.). Analytics Press.

Knaflitz, C. N. (2015). Storytelling con i dati: una guida alla visualizzazione dei dati per professionisti del business. Wiley.

Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). Previsione: principi e pratica (3^a ed.). OTexts.

Patel, H., & Dave, C. (2019). Applicazioni dell'algoritmo di clustering K-means: una revisione. International Journal of Computer Science and Mobile Computing, 8(5), 182–191.

Järvenpää, A.-M. (2021). Simbiosi industriale, economia circolare e Industria 4.0. Pubblicazioni dell'Accademia Polacca delle Scienze, 69–76.

Yeo, Z., Low, J. S. C., & Tan, P. S. (2020). Strumenti per promuovere la simbiosi industriale: una revisione sistematica. Programma d'Azione per Rifiuti e Risorse (WRAP) / Università di Warwick.

Mittelstadt, B. (2019). Principi dell'etica dell'intelligenza artificiale: una guida per i professionisti. Oxford Internet Institute.

104

4.6.2 Consigliati

Per un'esperienza di apprendimento più profonda può essere utilizzata anche la seguente raccolta di materiali:

Géron, A. (2019). Apprendimento automatico pratico con Scikit-Learn, Keras e TensorFlow (2^a ed.). O'Reilly Media.

Flach, P. (2012). Machine learning: L'arte e la scienza degli algoritmi che danno senso ai dati. Cambridge University Press.

Jain, A. K. (2010). Clustering dei dati: 50 anni oltre le medie K. Pattern Recognition Letters, 31(8), 651–666.

Chandola, V., Banerjee, A., & Kumar, V. (2009). Rilevamento anomalie: un sondaggio. Indagini di calcolo ACM, 41(3), 1–58.

Simbiosi industriale assistita dal machine learning: Test della capacità dei IFPtori di parola di stimare la somiglianza per sostituzioni di materiali - Davis - 2022 - Journal of Industrial Ecology

Bin, S., Yeo, Z., Low, J. S. C., Koh, D., Kurle, D., Cerdas, F., & Herrmann, C. (2015). Un approccio di analisi dei big data per sviluppare simbiosi industriali nelle grandi città. Procedia CIRP, 29, 450–455.

5. Syllabus del programma formativo – IFP (EQF5)

Titolo del modulo: Tecnologie blockchain, per creare sistemi di tracciamento e certificazione trasparenti e sicuri per i flussi di materiali ed energia

Livello EQF: 5

Crediti ECIFP: 3 ECIFP

Carico di lavoro complessivo (ore): 75

- Ore di didattica in presenza(input, seminari, workshop, ecc.). 45-50 ore
- Studio individuale guidato: 10-15 ore
- Project work: 10-15 ore

Istituzione erogatrice: PRIOS KOMPETANSE AS (PRIOS), Norvegia.

105

5.1 Panoramica del modulo

Questo modulo introduce l'uso pratico delle tecnologie blockchain per supportare la tracciabilità trasparente nelle catene del valore circolari e industriali della simbiosi. Fornisce agli studenti una comprensione chiara e operativa di come i sistemi blockchain autorizzati registrino dati a livello di batch, documentino in modo sicuro e forniscono prove verificabili per audit, certificazioni e collaborazioni tra molteplici stakeholder.

Il modulo si concentra sulle competenze di tracciabilità abilitate blockchain richieste nella pratica di IS digitale: inserimento e aggiornamento delle informazioni dei lotti, allegazione di documenti di supporto, generazione di codici QR, verifica delle voci del registro e spiegazione dei risultati di tracciabilità a partner o revisori. Gli studenti esplorano come la blockchain aumenti la fiducia negli scambi di risorse, supporti i Digital Product Passport (DPP) e riduca le lacune informative nelle reti simbiotiche. Il modulo affronta anche considerazioni etiche e di governance, inclusa la gestione responsabile dei dati e i limiti della blockchain quando i dati di origine sono inaffidabili o incompleti.

Questo modulo si basa su una formazione IFP precedente in Simbiosi Industriale e strumenti digitali, preparando gli studenti per i moduli successivi che coinvolgono sistemi di gestione ambientale e ottimizzazione operativa. Non è richiesta alcuna conoscenza tecnica pregressa; Una conoscenza di base dei processi industriali o delle pratiche di documentazione è utile ma non obbligatoria.

5.2 Risultati di apprendimento (LO)

▪ **Conoscenza.** *Gli studenti dovranno:*

1. Comprendi i principi fondamentali della blockchain rilevanti per la Simbiosi Industriale, inclusi registri distribuiti, reti autorizzate, blocchi, transazioni, hash e il ruolo dell'immutabilità nell'integrità dei dati (LO1),
2. Scopri come la blockchain supporta la tracciabilità trasparente nelle catene circolari e simbiotiche del valore, inclusa la registrazione a livello di lotto, la certificazione digitale e il collegamento con i Digital Product Passports (DPP) e la reportistica sulla sostenibilità (LO2),
3. Comprendere la struttura e lo scopo dei sistemi blockchain autorizzati (ad esempio, Hyperledger), inclusi partecipanti, asset, transazioni e diritti di accesso (LO3),
4. Essere consapevoli delle considerazioni etiche, di governance e di protezione dei dati quando registri e condividi dati di tracciabilità, inclusi rischi, limitazioni e il significato operativo di "integrità dei dati". (*Canone: etica, governance dei dati, anti-greenwashing*) (LO4),
5. Conosci i tipi di documenti e dati tipicamente allegati ai record blockchain (ad esempio, batch ID, posizione, timestamp, certificati, note di consegna) e il loro ruolo nel supportare audit e la fiducia degli stakeholder (LO5).

▪ **Competenze.** *Gli studenti possono:*

6. Creare e aggiornare i record di tracciabilità in un ambiente blockchain autorizzato, inserendo correttamente dati batch, metadati e documenti di supporto (LO6),
7. Generare e utilizzare codici QR collegati alle voci blockchain, garantendo la corretta funzionalità per recuperare le informazioni di tracciabilità (LO7),
8. Navigare in un'interfaccia basata su Hyperledger o in un ambiente low-code per distribuire, testare e verificare semplici reti aziendali, seguendo procedure definite (LO8),
9. Verifica la correttezza delle voci blockchain, inclusa completezza dei record, conferma hash, allegato ai documenti e coerenza con i dati operativi (LO9),
10. Interpretare i risultati di tracciabilità basati su blockchain, identificare lacune o incongruenze e valutare cosa conferma o meno il record blockchain (LO10),
11. Prepara spiegazioni scritte o orali chiare sui flussi di lavoro di tracciabilità per gli stakeholder PMI, dimostrando come la blockchain supporti trasparenza, certificazione e fiducia (LO11),

▪ **Competenze (autonomia e responsabilità).** *Gli studenti possono:*

12. Gestire un flusso di lavoro di tracciabilità blockchain in modo indipendente all'interno di un contesto di PMI o simbiosi industriale, seguendo regole consolidate di governance e gestione dei dati (LO12),

13. Assumersi la responsabilità dell'integrità dei dati durante l'inserimento o la modifica delle informazioni di tracciabilità, garantendo accuratezza, completezza e adeguata documentazione (LO13),
14. Applicare pratiche etiche e responsabili nella gestione di dati sensibili o riservati nei registri di tracciabilità, riconoscendo confini e limitazioni (LO14),
15. Comunicare le prove basate su blockchain in modo trasparente a partner, revisori o collaboratori IS, supportando la costruzione della fiducia e prevenendo interpretazioni errate o greenwashing (LO15),
16. Valuta quando la blockchain è uno strumento appropriato per una necessità di tracciabilità, basandosi sui requisiti di trasparenza, sulla complessità multi-stakeholder, sulle esigenze di audit e sulle alternative disponibili (LO16).

5.3 Programmazione indicativa del percorso formativo e modalità di erogazione

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
1	Fondamenti e Contesto della Tracciabilità	Input e dimostrazione	Concetto: registri distribuiti, blocchi, hash e il concetto di "immutabilità". Contesto: Come la tracciabilità supporta l'Economia Circolare (Passaporti Digitali di Prodotto) e la fiducia negli scambi simbiotici. Demo: navigare in un'interfaccia registro autorizzata (visualizzando partecipanti e risorse).	LO1, LO2, LO3, LO8	Antonopoulos & Wood (2018) – Nozioni di base; Commissione Europea (2022) – contesto ESPR.	Lezione interattiva; analisi dei casi (catene di approvvigionamento circolari); Osservazione strutturata dell'interfaccia.
2	Scrivere sul registro: inserimento dati e documentazione	Laboratorio / Laboratorio	Struttura Dati: Comprendere i metadati batch (ID, timestamp) rispetto alle prove allegate (PDF, certificati). Azione: Pratica pratica di inserimento di nuovi record di tracciabilità in un ambiente sandbox. Qualità: Assicurarsi la completezza prima di "sigillare" il disco.	LO5, LO6, LO12, LO13	GS1 (2022) – Framework di tracciabilità e metadati; Strumenti Sandbox di Hyperledger.	Laboratorio pratico; Micro-esercizi (riempire i campi); Pratica supportata dagli istruttori.
3	Leggere il registro: Verifica e recupero	Laboratorio / Laboratorio	Verifica: Utilizzo di checksum/hash per verificare l'integrità dei dati; identificare lacune o registri manipolati. Recupero: Generazione di codici QR collegati a voci del registro;	LO7, LO9, LO10	GS1 Digital Link (2020); Antonopoulos & Wood – Hashing/Integrità.	Laboratorio pratico (generazione QR); Verifica tra pari (verificare le voci reciproche).

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
4	Governance, Etica e Decisioni Strategiche	Seminari e Lavoro di Gruppo	Strategia: "Quando usare la Blockchain?" (Criteri decisionali: fiducia, complessità, esigenze di audit). Etica: Gestione dei dati sensibili, della privacy ed evitare il "greenwashing" (esagerare basandosi su dati di fonte deboli). Governance: Chi ha il permesso di scrivere/leggere?	LO4, LO14, LO15, LO16	WEF (2018) Oltre l'hype; Francisco & Swanson (2018) – Rischi legati alla trasparenza.	Esercizio di mappatura decisionale (Blockchain vs. Database); Discussione riflessiva sul greenwashing.
5	Progetto e Valutazione Integrata di Tracciabilità	Project work e Valutazione	Progetto: Creare un record completo del ciclo di vita (Voce + Allegato documento + Codice QR) per uno scenario IS specifico. Valutazione: Presentazione del flusso di lavoro e difesa orale riguardo all'integrità dei dati e alle limitazioni del sistema.	LO6, LO9, LO11, LO13, LO16	Riassunto del progetto; Rubrica di valutazione.	Clinica di progetto supervisionata; Presentazione finale ed esame orale.

5.4 Metodi di Insegnamento e Apprendimento

Questo modulo adotta un approccio di apprendimento misto che combina attività sincrone (lezioni, workshop, laboratori, seminari, clinic di progetto) con materiali asincroni che gli studenti possono esplorare autonomamente. Questa combinazione supporta sia una guida in tempo reale durante le sessioni pratiche sia la consolidazione auto-ritmata di concetti, flussi di lavoro e abilità di interpretazione.

I metodi didattici includono lezioni interattive per introdurre i concetti chiave di blockchain e tracciabilità, seminari per esplorare questioni etiche e di governance, e sessioni basate su casi per collocare la tracciabilità all'interno delle catene del valore circolari e industriali della simbiosi. Workshop e laboratori pratici costituiscono il nucleo del modulo, offrendo opportunità strutturate per esercitarsi nella creazione di voci nel registro, nell'allegazione di documentazione, nella generazione di codici QR e nella verifica dell'integrità dei dati in un ambiente blockchain autorizzato. L'analisi guidata e gli esercizi basati su scenari aiutano gli studenti a interpretare i risultati della blockchain e a sviluppare un giudizio su quando la blockchain sia o meno adatta a particolari esigenze di tracciabilità.

Durante tutto il modulo, si pone enfasi sull'apprendimento attivo, sull'accuratezza e sulla responsabilità. Le sessioni pratiche richiedono agli studenti di lavorare con formati documentali reali, seguire le regole di governance dei dati e testare i propri output per garantire la coerenza. Le discussioni di gruppo e le spiegazioni orali rafforzano le capacità comunicative, mentre il lavoro basato su progetti supporta lo sviluppo delle competenze nel processo decisionale, nella qualità della documentazione e nell'uso etico dei dati di tracciabilità. Questi metodi garantiscono collettivamente che gli studenti sviluppino le capacità operative attese dai Manager SymbioTech di EQF5, con la fiducia di applicare responsabilmente gli strumenti di tracciabilità in contesti industriali.

110

5.5 Metodi di valutazione e prove

La valutazione in questo modulo combina componenti formative e sommative per valutare le conoscenze, le competenze applicate e le competenze degli studenti nella tracciabilità abilitata dalla blockchain. Le valutazioni formative sono integrate in tutto il modulo per fornire feedback continuo e supportare la progressione dalla comprensione concettuale all'operazione indipendente dei flussi di lavoro di tracciabilità.

Valutazione formativa

- Brevi esercizi pratici durante workshop e laboratori (creazione di voci, allegazione di documenti, verifica dei dati, navigazione dell'interfaccia blockchain di permessi, localizzazione di elementi di record).
- Partecipazione a seminari e discussioni di gruppo su etica, governance e processo decisionale.
- Compiti di analisi guidata si concentravano sull'interpretazione dei risultati blockchain e sull'identificazione di record incompleti o incoerenti.
- Brevi note riflessive su limitazioni, integrità dei dati o considerazioni etiche.

Questi elementi formativi aiutano gli studenti a consolidare l'accuratezza procedurale, rafforzare le capacità di interpretazione e prepararsi per il progetto finale.

Valutazione sommativa

La valutazione sommativa è un progetto individuale composto da quattro componenti:

1. Compito di tracciabilità (*registrazione del registro + documentazione + QR*)

Gli studenti devono creare o aggiornare un record completo di tracciabilità nell'ambiente blockchain autorizzato, inclusi metadati accurati, documenti di supporto appropriati e un link QR funzionante.

2. Verifica e controllo dell'integrità

Gli studenti verificano il proprio curriculum, identificano potenziali problemi e documentano correzioni o limitazioni.

3. Breve memoria scritta (*interpretazione delle prove*)

Una spiegazione concisa di ciò che conferma il record blockchain, cosa non conferma e come supporta la trasparenza per gli stakeholder.

4. Presentazione e discussione orale

Una breve presentazione del fascicolo finale, seguita da un esame orale che copre le decisioni prese, i vincoli incontrati, i risultati della verifica e le considerazioni etiche (ad esempio, sensibilità dei dati, rischio di sovraccclamazione).

111

Ponderazione della valutazione

- *Componenti formativi*: 30% (workshop, laboratori, compiti di riflessione, partecipazione)
- *Progetto sommativo*: 70%
 - Integrità del compito del registro + documentazione: 40%
 - Memoria scritta (interpretazione e limitazioni): 10%
 - Presentazione e discussione orale: 20%

Criteri di valutazione

- Accuratezza e completezza dell'inserimento del registro e dei metadati.
- Uso corretto dei documenti di supporto e collegamento tramite QR link.
- Qualità della verifica e del controllo dell'integrità (identificando lacune o limitazioni).
- Chiarezza e correttezza nell'interpretare ciò che dimostra il registro blockchain.
- Consapevolezza etica e gestione responsabile di dati sensibili o incompleti.
- Capacità comunicative e capacità di spiegare le decisioni a non esperti.

- Autonomia complessiva, affidabilità e rispetto delle regole di governance.

Questi metodi di valutazione riflettono l'enfasi di EQF5 sulla competenza applicata, il processo decisionale responsabile e la comunicazione chiara—garantendo che gli studenti possano gestire in modo indipendente flussi di lavoro di tracciabilità abilitati dalla blockchain all'interno di contesti di simbiosi industriale.

5.6 Bibliografia e Strumenti

5.6.1 Bibliografia

Commissione Europea. (2022). Ecodesign per la regolamentazione dei prodotti sostenibili (ESPR): panoramica. https://single-market-economy.ec.europa.eu/sustainability/ecodesign-sustainable-products-regulation_en.

Antonopoulos, A. M., & Wood, G. (2018). *Padroneggiare la blockchain: Tecnologia del registro discografico distribuito, decentralizzazione e smart contract spiegati* (2^a ed.). O'Reilly Media. <https://learning.oreilly.com/library/view/mastering-blockchain-2nd/9781788839044/>

Forum Economico Mondiale. (2020). *Toolkit per il deployment della blockchain: una guida per l'adozione aziendale*. <https://widgets.weforum.org/blockchain-toolkit/index.html>

Francisco, K., & Swanson, D. (2018). La catena di approvvigionamento non ha vestiti: Adozione tecnologica della blockchain per la trasparenza della catena di approvvigionamento. *Logistica*, 2(1), 2. <https://doi.org/10.3390/logistics2010002>

GS1. (2022). *Standard globale di tracciabilità: panoramica*. <https://www.gs1.org/standards/traceability>

GS1. (2020). *GS1 Digital Link: Collegare prodotti fisici alle informazioni digitali*. <https://www.gs1.org/standards/gs1-digital-link>

Forum Economico Mondiale. (2018). *La blockchain è lo strumento giusto per la tua azienda? Domande chiave da porsi*. <https://www.weforum.org/stories/2018/04/questions-blockchain-toolkit-right-for-business>

Forum Economico Mondiale. (2018). *La blockchain oltre l'hype: un quadro pratico per i leader aziendali*. <https://www.weforum.org/publications/blockchain-beyond-the-hype/>

Deloitte. (s.d.). *Utilizzare la blockchain per promuovere la trasparenza e l'innovazione della catena di approvvigionamento*. <https://www.deloitte.com/us/en/services/consulting/articles/blockchain-supply-chain-innovation.html>

Fondazione Hyperledger. (2022). *Hyperledger Fabric: architettura, concetti e componenti*. <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/latest/architecture.html>

5.6.2 Strumenti e Piattaforme

Hyperledger Foundation Labs (sandbox): <https://labs.hyperledger.org>

Hyperledger Fabric Test Network: https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/latest/test_network.html

Generatore di codici QR (open source): <https://qrcode-monkey.com>

Calcolatrice di somma di controllo SHA-256: https://emn178.github.io/online-tools/sha256_checksum.html

6. Syllabus del programma formativo– IFP (EQF5)

Titolo del modulo: Tecnologie e modelli simbiotici di efficienza energetica/gestione

Livello EQF: 5

Crediti ECIFP: 3 ECIFP

Carico di lavoro complessivo (ore): 50-75 ore

Istituzione erogatrice: SLOVENSKA INOVACNA A ENERGETICKA AGENTURA (SIEA), (SIEA), Slovacchia

6.1 Panoramica del modulo

Questo modulo è progettato specificamente per i SymbioTech Manager che cercano competenze complete e pratiche nella gestione di sistemi energetici simbiotici in ambienti industriali e manifatturieri, in conformità con la Direttiva UE sull'Efficienza Energetica (EED) 2023/1791 e i Piani Nazionali per l'Energia e il Clima (NECP 2021-2030). Fornisce un esame approfondito dei framework principali EMS, con particolare attenzione alla ISO 50001, che supporta standard internazionali riconosciuti per le prestazioni energetiche e la conformità nelle reti industriali simbiotiche.

I partecipanti acquisiranno una solida comprensione dei principi e dei requisiti fondamentali di questi quadri energetici, permettendo loro di progettare, implementare e mantenere efficacemente pratiche di gestione energetica efficaci. Il programma esplora a fondo ogni componente dei sistemi energetici simbiotici all'interno dell'EMS, come la formulazione di politiche energetiche adattate alla simbiosi industriale, l'audit di conformità normativa legata all'energia, la gestione del rischio energetico e i meccanismi di miglioramento continuo. Si presta particolare attenzione a garantire che questi sistemi non solo siano conformi, ma anche strategicamente allineati ai principi dell'economia circolare e della simbiosi industriale, incoraggiando l'efficienza delle risorse, la minimizzazione dei rifiuti e la collaborazione simbiotica tra industrie. Inoltre, i manager di SymbioTech impareranno a comprendere e implementare la gerarchia di gestione dei rifiuti nella pratica, concentrandosi sulla prevenzione, riutilizzo e riciclo dei sottoprodotti industriali, in particolare quelli legati all'energia. I manager condurranno bilanci energetici e mapperanno gli input e output delle materie prime tramite l'Analisi del Flusso di Materiali (MFA), per identificare lo spreco energetico che può servire come risorsa per altri processi all'interno del quadro della simbiosi industriale. Per quanto riguarda la progettazione circolare del prodotto, i responsabili di SymbioTech capiranno come

114

i ridisegni dei processi, informati da strumenti energetici, riducano la produzione di materiali non riciclabili all'inizio del ciclo produttivo.

I manager utilizzeranno strumenti pratici avanzati e metodologie per la valutazione dell'impatto energetico - come l'analisi del pizzo, l'imaging termico e semplici misurazioni legate all'energia - imparando a interpretare sistematicamente questi dati per decisioni strategiche volte a migliorare l'efficienza energetica. I manager di SymbioTech padroneggeranno i fondamenti dell'analisi del pinch per progettare reti di integrazione termica tra aziende simbiotiche - collegando il calore residuo in eccesso di un'azienda alle esigenze di processo di un'altra tramite cascate di scambiatori condivisi - permettendo una leadership strategica nella simbiosi industriale. La formazione include la definizione di obiettivi energetici, la definizione di indicatori di performance e lo sviluppo di strumenti di reportistica. Il modulo copre anche le tecniche per condurre audit interni ed esterni della gestione energetica, assicurando che le organizzazioni rispettino tutti i requisiti ISO 50001.

I workshop, come sessioni interattive, approfondiranno la comprensione concettuale, mentre le simulazioni offrono scenari pratici per applicare competenze di audit energetico e implementazione – come l'uso di dati di termografia per decisioni di team. Questo fornisce supporto ai manager SymbioTech per affrontare le complessità dell'integrazione dei sistemi energetici simbiotici all'interno dei processi organizzativi esistenti e favorisce miglioramenti tangibili nelle prestazioni ambientali.

Durante tutto il modulo, si pone l'accento sul rafforzamento delle capacità di leadership nella gestione dell'energia simbiotica, dando potere ai manager SymbioTech di promuovere la responsabilità energetica continua all'interno delle loro organizzazioni. Al termine del corso, i partecipanti saranno preparati per guidare progetti di efficienza energetica che non solo rispettano gli standard internazionali tra cui ISO 50001, ma contribuiscono anche in modo significativo a pratiche industriali sostenibili e alla gestione collaborativa dell'energia e agli EMS tra reti industriali.

115

6.2 Risultati di apprendimento (LO)

Gli obiettivi di apprendimento previsti sono suddivisi in tre domini EQF:

▪ **Conoscenza.** *Gli studenti dovranno:*

1. comprendere i principi fondamentali di efficienza energetica e spreco energetico, inclusi concetti come il recupero del calore di scarto, l'ottimizzazione dei sistemi, la gerarchia della gestione dei rifiuti, l'analisi del flusso di materiali (MFA) per la mappatura delle risorse all'interno di un'azienda e la progettazione circolare di prodotti per consentire lo scambio di prodotti tra partner industriali (LO1),
2. familiarizzare con i fondamenti dell'analisi del pinch (flussi caldo/freddo, punto di pizzi) come metodo per migliorare l'integrazione dell'energia termica – applicandolo internamente per l'efficienza dei processi e esternamente tra le aziende, collegando il calore residuo in eccesso di un'azienda come input per i requisiti di riscaldamento di un'altra (LO2),
3. riconoscono i componenti chiave degli standard ISO 50001 che guidano i sistemi di gestione energetica in contesti industriali (LO3).

▪ **Competenze.** *Gli studenti possono:*

4. eseguire semplici misurazioni energetiche (temperatura, letture di potenza) su macchinari industriali utilizzando strumenti di base (LO4),
5. Utilizzare dispositivi come telecamere a imaging termico per identificare le zone di perdita di calore e raccogliere dati di supporto. L'uso della Termocamera offre un'esperienza pratica necessaria ai manager SymbioTech per individuare opportunità di condivisione tra industrie (LO5).
6. applicare checklist e strumenti introduttivi di Pinch Analysis per valutare i modelli di consumo energetico, individuare inefficienze e proporre adeguati aggiustamenti tecnici (ad esempio, isolamento, sistemi di recupero, miglioramenti di processo) (LO6),
7. documentare chiaramente le conclusioni e strutturare le raccomandazioni in un piano d'azione correttivo (LO7).

▪ **Competenze (autonomia e responsabilità).** *Gli studenti possono:*

8. lavorare in modo sicuro e attento in ambienti industriali, rispettando i protocolli operativi consolidati, in particolare nella gestione di superfici calde, con sistemi elettrici o nell'uso di attrezzature in movimento (LO8),
9. prendere l'iniziativa nell'identificare i punti di perdita energetica e redigere raccomandazioni, riconoscendo al contempo l'importanza di collaborare con i team di ingegneria per giustificare l'implementazione (LO9),
10. mantenere registri chiari e sistematici delle osservazioni energetiche, garantendo tracciabilità e affidabilità per scopi di follow-up o audit (LO10).

6.3 Programmazione indicativa del percorso formativo e modalità di erogazione

Settimana	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi consigliati
1	Addestramento Bootcamp in loco (faccia a faccia)	Lezione / workshop / e-learning	Fondamenti dell'efficienza energetica, veri esempi di risparmio energetico.	LO1, LO2	Branca et al. (2022), Kemp et al. (2020), Direttiva sull'efficienza energetica 2023/1791	Uso di telecamere termiche e sensori; gli studenti si esercitano a identificare le perdite di calore da apparecchiature selezionate; Esercizi di analisi del pizzicamento.
2	Mentore per E-learning e Workplace Taks	Seminario / e-learning	Gestione dell'energia, bilanci energetici, gerarchia della gestione dei rifiuti, MFA, progettazione circolare del prodotto, tecniche di riduzione dei rifiuti, calcolo del consumo energetico (casi di studio)	LO1, LO3, LO4, LO5, LO6, LO7	Green Deal Europeo, Adatto a 55 anni, Direttiva sull'Efficienza Energetica 2023/1791, ISO 50001 (Sistemi di Gestione Energetica)	Case study simulati, quiz auto-ritmati, conduzione di un mini audit energetico.
3, 4	Clinica per la Valutazione Finale	Lezione / workshop / e-learning	Mappa degli sprechi energetici sulle perdite energetiche, piano d'azione correttivo sulle misure di miglioramento.	LO1, LO8, LO9, LO10	Cervo et al. (2020), Fraccascia et al. (2020)	Autoapprendimento, sessioni di domande e risposte, analisi della difesa.

6.4 Strumenti e risorse chiave

- **Camera e Sensori a Imaging Termico** – Utilizzati durante la formazione in loco del bootcamp e altri lavori di progetto per rilevare e documentare le perdite di calore in apparecchiature o processi.
- **Liste di controllo per l'efficienza energetica** – Basate sulla **ISO 50001**, questi strumenti aiutano gli studenti a ispezionare sistematicamente i processi e a identificare le cause comuni di inefficienza energetica (ad esempio, macchinari inattivi, mancanza di isolamento).

6.5 Metodi di Insegnamento e Apprendimento

- *Approccio all'apprendimento*

Per questo modulo sarà adottato un approccio di apprendimento ibrido. In altre parole, verranno utilizzati sia l'apprendimento sincrono che asincrono. In particolare, attraverso l'apprendimento sincrono, formatori e manager si riuniranno virtualmente nello stesso momento e luogo (in una classe digitale) e interagiranno in tempo reale. D'altra parte, basandosi sull'apprendimento asincrono, i manager possono accedere a materiali che saranno disponibili su una piattaforma digitale (caricati dai formatori). Questi materiali (ad esempio lezioni preregistrate, presentazioni, file word/pdf, figure, video, ecc.) descriveranno questioni teoriche e casi di studio pratici. Così, i manager possono interagire con ogni materiale al proprio ritmo e per periodi più lunghi.

- *Metodi di insegnamento chiave*

Durante il modulo verranno utilizzati molteplici metodi di insegnamento chiave, come lezioni interattive con discussione guidata, studi di caso, seminari, webinar di esperti, workshop e laboratori pratici. Le questioni relative alla Simbiosi Industriale (IS), all'Economia Circolare (CE) e alla Sostenibilità saranno riflesse nei metodi didattici sopra menzionati. Le risorse chiave per i moduli includono una telecamera termica e sensori, che saranno utilizzati durante la formazione del bootcamp in loco durante la Settimana 1 per rilevare e documentare le perdite di calore in apparecchiature o processi, e una checklist per l'efficienza energetica.

- *Approcci e metodi che supportano l'apprendimento attivo e l'applicazione pratica della conoscenza.*

L'approccio di apprendimento sincrono è particolarmente adatto a creare un coinvolgimento immediato di formatori e manager con uno scambio più rapido di informazioni, contribuendo così a costruire un senso di comunità e chiarire fraintendimenti. Inoltre, l'approccio di apprendimento asincrono è più flessibile. Permette ai manager di avere più tempo per esplorare e interagire con il materiale.

Inoltre, i metodi di insegnamento chiave (come le lezioni) forniranno conoscenze teoriche delle IS per una comprensione completa dei principi, degli elementi e delle pratiche delle SI. Questa conoscenza, insieme ai numerosi esempi pratici forniti dai metodi di insegnamento orientati alla pratica (come i casi di studio IS), getta le basi per un SymbioTech Manager.

I webinar e i seminari di esperti contribuiranno ulteriormente ad approfondire la conoscenza teorica e pratica dell'IS. Il lavoro di squadra, promosso attraverso metodi didattici come workshop, lavori di gruppo e progetti, permette al manager SymbioTech di collaborare con successo con gli stakeholder e sviluppare reti IS efficaci.

6.6 Metodi di valutazione e evidenze

La valutazione e la valutazione per il modulo SymbioTech Managers sono progettate per misurare sia la comprensione teorica sia l'applicazione pratica dei concetti di simbiosi energetica all'interno delle reti industriali. I manager saranno valutati attraverso una combinazione di compiti individuali, come rapporti tecnici che analizzano i miglioramenti dell'efficienza energetica utilizzando dati reali, e progetti di gruppo che richiedono lo sviluppo e la presentazione di soluzioni di gestione energetica su misura. La partecipazione a discussioni su casi di studio, workshop e sessioni di problem solving contribuirà a una valutazione continua attraverso l'osservazione strutturata del team, la valutazione del pensiero critico e delle soft skills come leadership, collaborazione e comunicazione e adattabilità in contesti di gruppo. Inoltre, i saggi riflessivi su lezioni ospiti e visite sul campo o visite virtuali incoraggeranno gli studenti a collegare le intuizioni del settore con le conoscenze accademiche. Questo approccio di valutazione mista garantisce che gli studenti acquisiscano competenze misurabili nella gestione di sistemi energetici innovativi e sostenibili in contesti industriali reali.

I partecipanti hanno l'opportunità di partecipare a conferenze ospiti e interventi di settore (sessioni condotte da esperti del settore energetico, che mettono in evidenza politiche tecnologiche all'avanguardia e tendenze di mercato) e visite sul campo o visite virtuali. Le visite sul campo sono completamente opzionali all'interno del corso e includono la visita a siti industriali che praticano la simbiosi energetica per osservare in prima persona applicazioni tecnologiche e pratiche di gestione.

119

Componenti della valutazione:

Risultati di Audit Energetico:

- Mappa di spreco energetico (ad esempio, diagramma, tabella o immagine termica annotata) che mostra le zone di perdita di energia.
- Il Piano d'Azione Correttivo che delinea miglioramenti suggeriti con giustificazione (ad esempio, isolamento termico, scambiatore di calore, arresti di processo).

Difesa orale (Q&A):

- Gli studenti spiegano i risultati energetici, descrivono gli strumenti utilizzati e rispondono a domande su strategie di efficienza energetica e metodi di audit.

Presentazione delle prove:

- Completa un mini pacchetto di audit che include registri di osservazione, diagrammi e schede delle azioni.
- Valutazione su una rubrica di 20 punti, con feedback forniti sull'accuratezza tecnica, la consapevolezza della sicurezza e la qualità delle raccomandazioni.

6.7 Bibliografia e strumenti

6.7.1 Obbligatori

Branca T., Colla V., Fornai B., Petrucciani A., Pistelli M., Faraci E., Cirilli F., Schröder A. (2022). Stato attuale della Simbiosi Industriale e dell'Efficienza Energetica nei settori europei ad alta intensità energetica, *Matériaux & Techniques* 109 (5-6).

Cervo H., Ferrasse J.-H., Descales B. (2020). Blueprint: Una metodologia che facilita lo scambio di dati per migliorare la rilevazione delle opportunità di simbiosi industriale—Application to a refinery, *Chem. Eng. Sci.* 211.

Fraccascia L., Yazdanpanah V., van Capelleveen G. & Yazan D.M. (2020). Simbiosi industriale basata sull'energia: una revisione della letteratura sulla transizione energetica circolare, *Volume* 23, 4791–4825.

He K., Wang L. (2017). Una rassegna dell'uso energetico e delle tecnologie a risparmio energetico per l'industria del ferro e dell'acciaio, *Renew. Sosteni. Energia Rev.* 70, 1022-1039.

Malinauskaite J., Jouhara H., Ahmad L., Milani M., Montorsi L., Venturelli M. (2020). Ottimizzazione dell'efficienza dello scambio di risorse nella simbiosi industriale (IS). *Consumo e produzione responsabili*, 1–12, *Energia*, Volume 172, 255–269.

Malinauskaite J., Jouhara H., Ahmad L. (2019). Efficienza energetica nell'industria: politiche UE e nazionali in Italia e Regno Unito, *Energy* 172, 255–269.

Curtin Joseph, Atanasiu, B., & Bowie Randall. (2014). *Diritto energetico dell'UE. V. 7, efficienza energetica nell'Unione Europea.* Claeys & Casteels.

Kemp, I. C., & Lim, J. S. (2020). *Analisi del pinch per la riduzione dell'impronta energetica e di carbonio: guida utente all'integrazione dei processi per un uso efficiente dell'energia.* Butterworth-Heinemann.

6.7.2 Consigliati

Capehart, B. L., Turner, W. C., & Kennedy, W. J. (2020). *Guida alla gestione dell'energia.* River Publishers.

Curtin Joseph, Atanasiu, B., & Bowie Randall. (2014). *Diritto energetico dell'UE. V. 7, efficienza energetica nell'Unione Europea.* Claeys & Casteels.

Sancho, Lasheras M. (2024). *Analisi dei determinanti del miglioramento dell'efficienza energetica nelle imprese europee: il ruolo dei paesaggi normativi e delle capacità organizzative.* Sciences Pro Paris.

Al-Shemmeri, T. (2013). *Audit energetici: un quaderno di esercizi per la gestione dell'energia negli edifici.* Wiley.

7. Syllabus del programma formativo – IFP (EQF5)

Titolo del modulo: Sistemi di Gestione Ambientale (EMS)

Livello EQF: 5

Crediti ECIFP: 2-3 ECIFP

Carico di lavoro complessivo (ore): 50-75 ore

- Ore di didattica in presenza (lezioni, laboratori, seminari, workshop, ecc.): 30-45 ore
- Studio individuale guidato: 10-15 ore
- Project work: 10-15 ore

Istituzione erogatrice: VSB - UNIVERSITÀ TECNICA DI OSTRAVA (VSB - TUO), Cechia.

121

7.1 Panoramica del modulo

Questo modulo introduce gli studenti alla struttura, implementazione e valutazione dei Sistemi di Gestione Ambientale (EMS), con particolare attenzione ai framework ISO 14001 ed EMAS. Attraverso attività pratiche, analisi di casi e audit simulati, gli studenti impareranno a condurre revisioni ambientali, definire obiettivi e indicatori, implementare controlli operativi e garantire la conformità alle normative.

Basandosi sulle conoscenze acquisite nei Moduli 1-6 del percorso SymbioTech, questo modulo mira a sviluppare capacità EMS applicate per contesti di simbiosi industriale. Prepara gli studenti a guidare PMI o cluster verso un miglioramento delle prestazioni ambientali, l'allineamento normativo e strategie di sostenibilità a lungo termine.

Il modulo è pensato per studenti IFP, manager aziendali, consulenti e facilitatori impegnati nell'innovazione efficiente in termini di risorse. Una comprensione generale della sostenibilità è utile ma non necessaria.

7.2 Risultati di apprendimento (LO)

Gli obiettivi di apprendimento previsti sono suddivisi in tre domini EQF:

▪ **Conoscenza.** *Gli studenti dovranno:*

1. Comprendere il ruolo strategico dell'EMS: Spiegare come la gestione ambientale bilanci le esigenze economiche, sociali e ambientali all'interno di un'organizzazione (LO1),
2. Distinguere i framework EMS: Distinguere tra standard chiave, in particolare ISO 14001 ed EMAS, e i loro passaggi di implementazione (LO2),
3. Collegare l'EMS a obiettivi più ampi: Riconoscere i legami tra EMS, simbiosi industriale, economia circolare e politiche di neutralità climatica dell'UE (LO3).

▪ **Competenze.** *Gli studenti possono:*

4. Condurre revisioni ambientali: Eseguire un'analisi ambientale iniziale per identificare gli aspetti e gli impatti significativi di un'organizzazione (LO4),
5. Sviluppare componenti EMS: redigere politiche ambientali, definire obiettivi misurabili e definire indicatori chiave di performance (KPI) (LO5),
6. Creare rapporti ambientali: Preparare dichiarazioni ambientali trasparenti in conformità con gli standard di rendicontazione (ad esempio, le basi del CSRD) (LO6).

▪ **Competenze (autonomia e responsabilità).** *Gli studenti sono in grado di:*

7. Coordinare l'implementazione EMS: guidare la pianificazione e l'esecuzione di progetti EMS all'interno di PMI o cluster industriali (LO7),
8. Gestire la conformità e gli audit: Garantire l'allineamento con le normative ambientali e preparare un'organizzazione per audit interni o esterni (LO8),
9. Facilitare il coinvolgimento degli stakeholder: comunicare efficacemente le prestazioni ambientali a regolatori, partner e pubblico (LO9).

122

7.3 Programmazione indicativa del percorso formativo e modalità di erogazione

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi Ricommentati
1	Introduzione ai Sistemi di Gestione Ambientale (EMS) e per la certificazione ambientale	Lezione + seminario / e-learning	EMS come strumento per bilanciare le esigenze ambientali ed economiche. Vantaggi della certificazione (di mercato, regolamentazione, operativa).	LO1, LO3	Tinsley (2015), Watson M., Emery A. (2004), Dentch M.P. (2016), McKeiver C., Gadenne D. (2005), Hui et al. (2001); Ferenhof et al. (2014), Daddi T., Iraldo F., Testa F. (2015), Sheldon e Yoxon (2012).	Lezione interattiva con discussione guidata. Seminario utilizzando il programma di apprendimento basato sulla ricerca (RBL)
2	EMAS: Schema di Audit Eco-Management - Fase di pianificazione	Lezione + seminario / E-learning	Introduzione alla struttura EMAS e "Passaggi verso EMAS". Impegno della gestione e conduzione della prima revisione ambientale.	LO2, LO4	Guida utente EMAS (2023) Regolamento EMAS (2009) Sheldon C., Yoxon M. (2012)	Lezione interattiva. Introduzione alla pianificazione basata su seminari.
3	EMAS: Definizione della politica e del programma ambientale (1) - Creazione e implementazione di EMAS	Workshop / e-learning	Definire obiettivi, obiettivi e misure ambientali. Risorse, responsabilità, revisione della conformità legale e preparazione per l'audit.	LO4, LO5, LO7, LO8	Guida utente EMAS (2023) Regolamento EMAS (2009)	Progetto di gruppo Parte 1: Definizione di obiettivi e misure. Esercizio di revisione della conformità.

A/A	Titolo dell'unità / sezione	Tipo di sessione	Argomento / Attività	LO previsti	Lecture / Materiali obbligatori	Metodi Ricommentati
4	Dichiarazione ambientale con EMAS	Workshop / e-learning	Requisiti per la dichiarazione ambientale e i KPI fondamentali. Conformità alle normative sulla rendicontazione della sostenibilità (ESRS, CSRD).	LO3, LO6, LO9	Guida utente EMAS (2023) Regolamento EMAS (2009) Campos et al. (2015) ESRS: E1 (cambiamento climatico), E2 (inquinamento), E3 (risorse idriche e marine), E4 (biodiversità ed ecosistemi), E5 (uso delle risorse ed economia circolare)	Progetto di gruppo Parte 2: Redazione e perfezionamento del rapporto.
5	Conformità EMAS alla ISO 14001:2015 Valutazione del progetto	Seminario / e-learning Valutazione	Confronto tra EMAS e ISO 14001; identificare sinergie. Presentazione del Portafoglio EMS.	LO1 – LO9	ISO 14001:2015, ISO 14001 Benefici chiave, Regolamento EMAS (2009), Dent M.P. (2016) Salim H.K et al. (2018), Campos et al. (2015), Oliveira et al. (2016), Camilleri M.A. (2022)	Brainstorming: mappatura della conformità. Presentazione di progetti di gruppo (politiche, revisione, rapporto).

7.4 Metodi di Insegnamento e Apprendimento

- *Approccio all'apprendimento*

Per questo modulo può essere adottato un approccio di apprendimento ibrido. In altre parole, si possono utilizzare sia l'apprendimento sincrono che quello asincrono. In particolare, attraverso l'apprendimento sincrono, formatori e studenti si riuniranno virtualmente nello stesso momento e luogo (in una classe digitale) e interagiranno in tempo reale. D'altra parte, basandosi sull'apprendimento asincrono, gli studenti possono accedere a materiali che saranno disponibili su una piattaforma digitale (caricati dai formatori). Questi materiali (ad esempio lezioni preregistrate, presentazioni, file word/pdf, figure, video, ecc.) descriveranno questioni teoriche e casi di studio pratici. Così, gli studenti possono interagire con ogni materiale al proprio ritmo e per periodi più lunghi.

- *Metodi di insegnamento chiave*

Durante il Modulo saranno utilizzati diversi metodi di insegnamento chiave. Per approfondimenti teorici e concettuali, questo corso offre lezioni interattive con discussioni guidate e seminari che utilizzano elementi di brainstorming o apprendimento basato sulla ricerca. Per gli aspetti pratici (come quelli dell'implementazione EMAS) questo modulo offre workshop per consentire ai partecipanti la collaborazione nello sviluppo del progetto.

- *Approcci e metodi che supportano l'apprendimento attivo e l'applicazione pratica della conoscenza.*

L'approccio di apprendimento sincrono è particolarmente adatto a creare un coinvolgimento immediato di formatori e studenti e a uno scambio più rapido di informazioni, aiutando così a costruire un senso di comunità e chiarire i fraintendimenti. Inoltre, l'approccio di apprendimento asincrono è più flessibile. Permette agli studenti di avere più tempo per esplorare e interagire con il materiale e consente l'accesso a una gamma più ampia di studenti.

Inoltre, i metodi di insegnamento chiave (come le lezioni) forniranno la conoscenza teorica dell'IS per una comprensione completa dei principi, degli elementi e delle pratiche dell'IS. Questa conoscenza, insieme ai numerosi esempi pratici forniti dai metodi di insegnamento orientati alla pratica (come casi di studio di IS, laboratori pratici), getta le basi per uno studente di istruzione superiore e un manager aziendale per diventare manager di sistemi di investimento. I webinar e i seminari di esperti contribuiranno ulteriormente ad approfondire le conoscenze teoriche e pratiche dell'IS. Il lavoro di squadra, promosso attraverso metodi didattici come workshop, lavori di gruppo e progetti, permette al responsabile IS di collaborare con successo con gli stakeholder e sviluppare reti IS efficaci.

125

7.5 Metodi di valutazione e evidenze

Il Modulo utilizza una strategia di valutazione mista che combina la partecipazione attiva e il coinvolgimento degli studenti, i risultati dei progetti di gruppo e l'esame scritto. Questi metodi saranno utilizzati per valutare le conoscenze generali dei partecipanti sui sistemi di gestione ambientale, nonché le competenze e le competenze nell'implementazione pratica dell'EMS, basandosi sull'esempio dell'EMAS.

Componenti della valutazione:

- *Partecipazione e Coinvolgimento (Peso 20%)*: Contributo attivo a discussioni, seminari e attività di workshop.
- *Portfolio Pratico EMS (Progetto di Gruppo) (Peso 80%)*: Gli studenti lavoreranno in gruppo per sviluppare una simulazione EMS completa per un'entità scelta. Il voto è distribuito su quattro risultati cumulativi per garantire uno sforzo continuo:
 - *Politiche e Obiettivi Ambientali (20%)*: Redazione della direzione strategica e degli obiettivi misurabili.
 - *Conformità e Revisione (20%)*: Esecuzione della revisione iniziale e del controllo di conformità legale.
 - *Dichiarazione/Rapporto Ambientale Finale (30%)*: Sintesi dei dati in un rapporto pubblico finale (inclusi KPI).
 - *Debriefing e riflessione (10%)*: Valutazione delle prestazioni e discussione riflessiva

7.6 Bibliografia e strumenti

7.6.1 Obbligatori

Dentch, M. P. (2016). Il Manuale di Implementazione ISO 14001:2015: Utilizzo dell'approccio processuale per costruire un sistema di gestione ambientale. Milwaukee: ASQ Quality Press.

Daddi, T., Iraldo, F., & Testa, F. (2015). Certificazione Ambientale per Organizzazioni e Prodotti: Approcci gestionali e strumenti operativi. New York: Routledge.

Commissione Europea. (2023). Guida utente di EMAS. Decisione della Commissione (UE) 2023/2463. [Online]. Disponibile su: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dec/2023/2463/oj/eng>

Parlamento Europeo e Consiglio. (2009). Regolamento (CE) n. 1221/2009 (Regolamento EMAS). [Online]. Disponibile su: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2009/1221/oj/eng>

Commissione Europea. (2023). Standard Europei di Rendicontazione sulla Sostenibilità (ESRS). Regolamento Delegato (UE) 2023/2772.

ISO. (2015). ISO 14001:2015 Sistemi di gestione ambientale – Requisiti con linee guida per l'uso.

Sheldon, C., & Yoxon, M. (2012). Sistemi di Gestione Ambientale: Una guida passo dopo passo all'implementazione e alla manutenzione (3^a ed.). New York: Earthscan / Routledge.

Tinsley, S. (2014). Gestione ambientale in un'economia a basse emissioni di carbonio. New York: Routledge.

7.6.2 Consigliati

Camilleri M.A. (2022) La motivazione della certificazione ISO 14001: una revisione sistematica e un'analisi costi-benefici, *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 29(4): 1067-1083, <https://doi.org/10.1002/csr.2254>

Campos L., Heizen D.A., Verdinelli M.A., Miguel P.A. (2015) Indicatori di performance ambientale: uno studio sulle aziende certificate ISO 14001, *Journal of Cleaner Production*, 99: 286-296 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.019>

Ferenhof H.A., Vignochi L., Selig P.M., Lezana A.G., Campos L. (2014) Sistemi di gestione ambientale nelle piccole e medie imprese: analisi e revisione sistematica, *Journal of Cleaner Production*, 74: 44-53, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.027>

Hui I.K., Chan A.H.S., Pun K.F. (2001), Uno studio sulle pratiche di implementazione del Sistema di Gestione Ambientale, *Journal of Cleaner Production*, 9(3) 269-276, [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(00\)00061-5](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(00)00061-5)

McKeiver C., Gadenne D. (2005) Sistemi di gestione ambientale nelle piccole e medie imprese, *International Small Business Journal: Researching Entrepreneurship*, 23(5) <https://doi.org/10.1177/0266242605055910>

Oliveira J.A., Oliveira O.J., Ometto A.R., Ferraudo A.S. Salgado M.H. (2016), Sistema di Gestione Ambientale ISO 14001 fattori per promuovere l'adozione di pratiche di produzione più pulita, *Journal of Cleaner Production*, 133: 1384-1394, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.013>

Salim H.K, Padfield R., Hansen S.B., Mohamed S.E., Yuzir A., Syayuti K., Tham M.H., Papargyropoulou E. (2018), Tendenze globali nei sistemi di gestione ambientale e nella ricerca ISO14001, *Journal of Cleaner Production*, 170: 645-653, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.017>

Watson M., Emery A. (2004) Sistemi di gestione e audit ambientale: la realtà dell'autoregolamentazione ambientale, *Managerial Auditing Journal* 19 (7): 916-928, <https://doi.org/10.1108/02686900410549439>

127

link: <https://symbiotech-project.eu/symbiotech-d31-training-modules-for-hei-andvet-students>