



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

**DOTTORATO DI RICERCA IN
SCIENZE BIOMEDICHE**

CICLO XXXV

Coordinatore: Prof. Fabrizio Chiti

**Valutazione di sostenibilità ambientale e alimentare in
una mensa universitaria italiana.
Un caso di studio e prospettive future.**

Settore Scientifico Disciplinare MED/42

Candidato PhD

Giuseppe Cavallo

Tutor

Prof. Guglielmo Bonaccorsi

Coordinatore

Prof. Fabrizio Chiti

A.A. 2019/2022

Premessa

CAPITOLO 1

Introduzione

1.1 La crisi climatica

1.2 Il sistema agroalimentare

1.3 La dieta mediterranea

1.4 La sostenibilità

1.5 Misurare la sostenibilità: Life Cycle Assessment

Caratteristiche metodologia LCA

Fasi LCA

Limiti dell'LCA

1.6 La ristorazione collettiva

1.7 Scopo della tesi

Ipotesi di ricerca

CAPITOLO 2

Materiali e metodi

Contesto

Oggetto di indagine

Rilevazioni: tempi e modalità

Strumenti di valutazione

✍ **Indice di adeguatezza mediterraneo (MAI)**

✍ **Life Cycle Assessment**

L'intervento

Analisi statistiche

CAPITOLO 3

Risultati

3.1 Analisi descrittive

- ✓ *N° pasti serviti e scarto*
- ✓ *Consumi energetici dichiarati*
- ✓ *Emissioni CO₂ trasporto*

3.2 Analisi sostenibilità alimentare

- *Indice di adeguatezza mediterraneo*

3.3 Analisi di sostenibilità ambientale

➤ *Life Cycle Impact Assessment*

3.4 Valutazioni pre e post-intervento

CAPITOLO 4

Discussioni

4.1 Pasti consumati in seguito a interventi

4.2 Sostenibilità alimentare

4.3 Scarto

4.4 Impatto ambientale

4.5 Interventi correttivi

4.6 Limiti dello studio

CAPITOLO 5

Conclusioni

BIBLIOGRAFIA e SITOGRAFIA

APPENDICE 1

RINGRAZIAMENTI

Prima legge dell'ecologia: ogni cosa è connessa

Barry Commoner.

Premessa

Il cambiamento è, per definizione, atto di diventare diverso (Treccani, 2003). Quando si parla di cambiamento climatico ci si riferisce a condizioni naturali che assumono connotazioni differenti da uno stato pregresso. Questo cambiamento è già avvenuto e ulteriori modifiche si stanno concretizzando. Siamo, adesso, in una nuova era, quella della crisi del clima. Anche sui social, ormai, milioni di post sono inondati di hashtag #ClimateCrisis e #ClimateEmergency. Persino sui social - ovvero, su canali che nella gran parte dei casi sono tutto meno che specializzati - si percepisce il problema. Gli anni (quasi un secolo, ormai) trascorsi a immettere nell'atmosfera, nell'acqua e nel terreno sostanze con un noto potere climalterante hanno determinato un cambiamento. Un'era dove tutto è già mutato e iniziano a manifestarsi, con una discreta continuità, fenomeni di riequilibrio naturali di vigorosa entità. A seconda delle latitudini, ogni zona geografica vive e vivrà la propria personale esperienza di crisi del clima con, al seguito, disastri ambientali, umanitari, sanitari ed economici (UNRIC, 2023). Solo in Italia, secondo Legambiente, nel 2022, si è assistito a 254 eventi estremi, ovvero quasi il 30% in più rispetto all'anno precedente (Legambiente, 2022). Alcune zone del mondo si sono attrezzate non per contrastare, ma per seguire gli effetti del cambiamento adeguandosi ad esso. Un processo di mitigazione e adattamento che nasce dalla presa di coscienza di aver oltrepassato il punto in cui era possibile invertire la direzione del cambiamento (Adaptation, 2023). A questo processo partecipa, in buona parte, anche il sistema agroalimentare (Vermeulen et al., 2012). La strada per modificare i segnali negativi derivanti dal sistema agroalimentare è lunga e tortuosa, per ovvie implicazioni economiche e di radicamento delle abitudini, ma qualcosa, recentemente, si è mosso e si muove tutt'ora. L'ulteriore spinta data dall'Organizzazione delle Nazioni Unite (ONU) mediante l'agenda 2030, contenente gli obiettivi di sviluppo sostenibile (SDGs) (UN, 2018), e dai diversi incentivi economici che sostengono e promuovono pratiche mirate alla mitigazione sta producendo, sia pure con lentezza e in mezzo a molte difficoltà, un cambiamento di rotta. Nel corso degli ultimi anni, diverse sono state le iniziative per diffondere la "green economy" (MASE, 2020) o "economia circolare" (Parlamento Europeo, 2022) ma, spesso, tali progettualità non rientravano in una

strategia definita che potesse sostenerle a medio e lungo termine. È necessario un approccio ragionato, affiancato da una metodologia in grado di misurare gli elementi in gioco e il loro impatto, suggerendo, di conseguenza, un cambiamento positivo che possa mettere in crisi gli effetti di una crisi ormai dilagante.

La vera crisi è la crisi dell'incompetenza. L'inconveniente delle persone e delle nazioni è la pigrizia nel cercare soluzioni e vie di uscita.

Albert Einstein.

CAPITOLO 1

Introduzione

1.1 La crisi climatica

Negli anni addietro, la domanda degli scienziati in merito all'evoluzione climatica è stata: è possibile determinare lo scenario climatico futuro partendo dalla storia del clima? La risposta è stata: sì, ma non sempre con la registrazione strumentale. Infatti, grazie alla paleoclimatologia, è stato possibile individuare dei proxy che hanno restituito la storia del clima. Si tratta di veri e propri registri naturali quali fossili, anelli degli alberi, coralli, strati di ghiaccio e rocce, sedimenti lacustri e marini, oltre a osservazioni documentate da appunti provenienti dalle prime stazioni meteorologiche e da navi (NOAA, 2022a). Le domande che ne sono seguite vanno in questa direzione: la ricostruzione della temperatura dei secoli addietro è affidabile? È possibile prevedere cosa succederà? Le risposte sono date dal National Research Council (NRC) e dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Le evidenze recenti, infatti, da parte di questi due organi internazionali, hanno mostrato che è possibile aprire una finestra sul futuro del clima assemblando le informazioni climatiche di migliaia di anni. Il risultato di questo "collage" è la figura 1, nella quale sono illustrate anomalie termiche del passato che portano a comprendere meglio le dinamiche del presente e pongono le basi per scorgere il futuro. E se è vero che un'immagine racconta più delle parole, non è difficile intuire quale possa essere stata l'evoluzione del clima nel corso dei millenni, in particolar modo dalla fine del 1800 in poi (Chapman & Davis, 2010). Infatti, nella figura 1 sono riportate le anomalie di temperatura, registrate strumentalmente, dal 1850 al 2008 (Brohan, 2006).

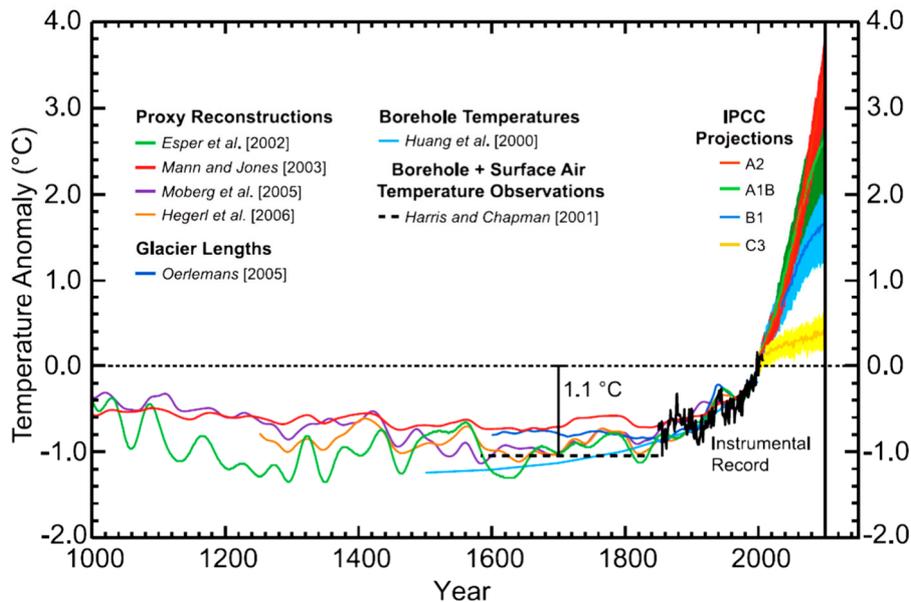


Fig. 1. Le stime sui cambiamenti di temperatura del prossimo secolo sono avvalorate dai cambiamenti di temperatura nel passato. Sono illustrate tre serie di temperature superficiali: ricostruzioni di 1000 anni di variazioni di temperatura passate basate su proxy (anelli degli alberi, coralli, ecc.), lunghezze dei ghiacciai e temperature dei pozzi; la registrazione strumentale; e le proiezioni del Gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici (IPCC) per il cambiamento di temperatura dal 2000 al 2100. Modificata. Fonte: National Research Council [2006] e IPCC [2007].

Gli ultimi otto anni sono stati i più caldi di sempre (WMO, 2022). Il periodo natalizio 2022 ha raggiunto picchi termici record, con temperature che, in Italia, hanno superato i 20°C, soprattutto nelle aree meridionali (Sky TG24, 2022). Inoltre, nel corso dell'ultimo anno, nella penisola italiana, sono state rilevate le medie termiche più alte mai registrate (Consorzio LaMMA, 2022). Quali sono le cause di queste anomalie termiche? Il contributo maggiore è fornito dalla CO₂ atmosferica e altri gas serra (GreenHouse Gases, GHG) come CH₄ e N₂O. Questi sono definiti tali per una caratteristica particolare: trattengono calore. L'anidride carbonica entra in atmosfera attraverso la combustione di combustibili fossili (petrolio, carbone e gas naturale), da attività antropiche e, mediante incendi ed eruzioni vulcaniche, processi naturali. La quota in atmosfera di questo gas è ora di 420 parti per milione (ppm), ovvero +50% in atmosfera rispetto al 1750 e 90% in più di emissioni dal 1970 (EPA, 2022; NASA, 2022). Nonostante i diversi incontri internazionali nei quali si è discusso di clima e di interventi per mitigare gli effetti della crisi, nessuna azione correttiva è stata realmente intrapresa. A novembre 2021, la quota di CO₂ atmosferica era pari a 415 ppm (NOAA, 2022b).

La tendenza in aumento è tutt'ora inalterata. Da notare come, sovrapponendo la figura 1 con parte finale della figura 2, le emissioni di CO₂ siano in linea con l'aumento della temperatura media globale e che, nonostante qualche parere insistente sulla ciclicità di concentrazioni elevate in atmosfera, la quota nell'aria di questo gas non è mai stata così elevata dall'inizio della rivoluzione industriale.

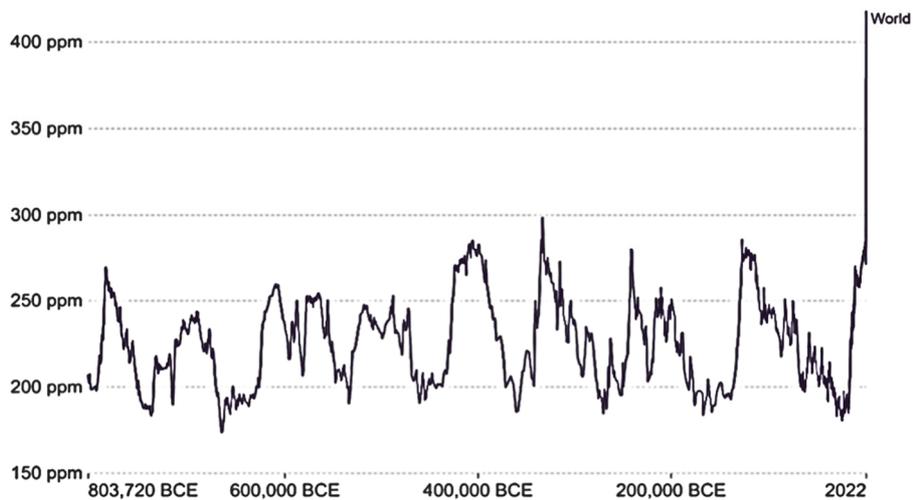


Figura 2. Concentrazione globale atmosferica di CO₂. Asse delle ordinate: concentrazione espressa in parti per milione (ppm); asse delle ascisse: tempo espresso in anni. BCE: before common era, ovvero avanti Cristo. Modificata. Fonte: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA); Ourworldindata.org

Un altro gas serra che contribuisce all'effetto generato sull'incremento termico, il metano, viene emesso nell'atmosfera soprattutto da bovini allevati in modo intensivo (si stima che tale fonte rappresenti il 40% di emissioni totali), poi da pratiche agricole, produzione e trasporto di carbone, e smaltimento di rifiuti solidi urbani. L'ossido nitroso, invece, deriva prevalentemente da attività industriali e agricole (EPA, 2022a).

Restando sempre nell'atmosfera, particolare attenzione è rivolta ai particolati (indicati con la sigla PM, particulate matter), composti, essenzialmente, dall'insieme di particelle liquide e solide disperse nell'aria. Questi composti sono classificati sulla base della loro dimensione. Due, in particolare, sono costantemente monitorati: PM₁₀ e PM_{2.5}. Il numero in pedice rappresenta il diametro espresso in micrometri. Sono particelle invisibili all'occhio umano e, per questo, più pericolose per la salute. La maggior parte di queste particelle è emessa da attività industriali, centrali elettriche e dalla circolazione dei veicoli a combustione. Alcuni PM, come

il carbone nero, esercitano un potere riscaldante sull'atmosfera. In merito al loro effetto sulla salute umana, i PM₁₀ si incistano nei polmoni, mentre i PM_{2.5} riescono a immettersi direttamente nel circolo sanguigno (EPA, 2022b).

Queste sostanze si aggiungono ad un altro composto, potenzialmente inquinante a seconda dello strato di atmosfera nel quale si accumula. Infatti, l'ozono forma uno strato sopra la nostra testa, più precisamente tra 15 e 30 km sopra la superficie terrestre (stratosfera), che permette di difenderci dalle radiazioni ultraviolette. L'immissione di sostanze ozonoalteranti o ozono lesive (Ozone Depleting Substances = ODS), come i Clorofluorocarburi (CFC) presenti nei refrigeratori, nei prodotti spray e agenti per la pulizia, nel corso degli anni ha ridotto lo strato di ozono mettendo a rischio gli ecosistemi e la salute umana. Con il protocollo di Montreal del 1989, sono stati messi al bando la maggior parte degli ODS con una visibile frenata nell'allargamento del cosiddetto "buco di ozono", nonostante ci sia ancora un rilascio lento di queste sostanze nell'atmosfera (WMO, 2019; EEA, 2022). In un altro strato dell'atmosfera (troposfera), viceversa, grazie all'emissione di ossidi di azoto e composti organici volatili non metanici (NMVOC), dovuti principalmente al traffico veicolare e all'uso di solventi organici, avvengono reazioni tra queste sostanze e le radiazioni solari che generano ossidanti fotochimici, tra i quali l'ozono. Grandi quantità di ozono nella troposfera costituiscono un pericolo per tutti gli ecosistemi viventi (EEA, 2022b).

Per quel che concerne la superficie terrestre, invece, non si può non citare il suolo come elemento fondamentale nella regolazione del clima, costituendo esso il secondo sequestratore naturale di carbonio (dopo gli oceani) che viene sottratto, così, all'atmosfera (FAO, 2023). Specie vegetali e animali popolano il suolo e i suoi corpi idrici dando luogo ad una elevata biodiversità. La superficie coltivabile tappezza circa il 15% della superficie del Pianeta non ricoperta da ghiacciai. L'Italia, secondo il rapporto dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) del 2022 sul consumo del suolo, perde oltre 2 metri quadrati di suolo ogni secondo (ISPRA, 2021). L'aumento della temperatura, dovuto alle attività antropiche, ha ridotto sempre di più, nel corso degli ultimi anni, soprattutto nelle fasce tropicali e temperate, l'umidità del suolo portando a desertificazione, riduzione della biodiversità (senza

precedenti nella storia della Terra), calo delle rese agricole. Se a questo si aggiunge la deforestazione, è intuibile prevedere una drammatica riduzione nel ruolo del suolo come regolatore della CO₂ (Shukla et al., 2019; EEA, 2017).

Se la quota minore della superficie terrestre è occupata da terre emerse, il 72% è dominata dagli oceani, i più grandi accumulatori di CO₂ atmosferica. Proprio per questa loro funzione, il pH dei mari è diventato sempre più basso fino a portare ad uno stato di acidificazione marina. Quando il mare è saturo di CO₂, questi cessa il proprio ruolo specifico di accumulatore e tende a cambiare la propria chimica di base, con influenze sulla salinità e le correnti oceaniche (fondamentali nella regolazione termica). Inoltre, tende a riscaldare la terraferma, l'atmosfera e i ghiacciai che, sciogliendosi, contribuiscono all'innalzamento del livello del mare, incidendo sulla salinizzazione di corsi d'acqua dolce che hanno effetti, a propria volta, sulla fertilità delle terre circostanti (EEA, 2017). Un esempio di questo effetto si è verificato nel giugno del 2022 a scapito del fiume più grande di Italia, il Po, con un cuneo salino di oltre 20 km (ANSA, 2022). Preservare la quota di acqua dolce è indispensabile per la sopravvivenza di tutte le specie. La crescita della popolazione mondiale ha comportato un aumento del consumo dell'acqua che, nel corso degli anni, è diventato sempre più rilevante, con impatto sulle risorse idriche del Pianeta, come illustrato dalla figura 3.

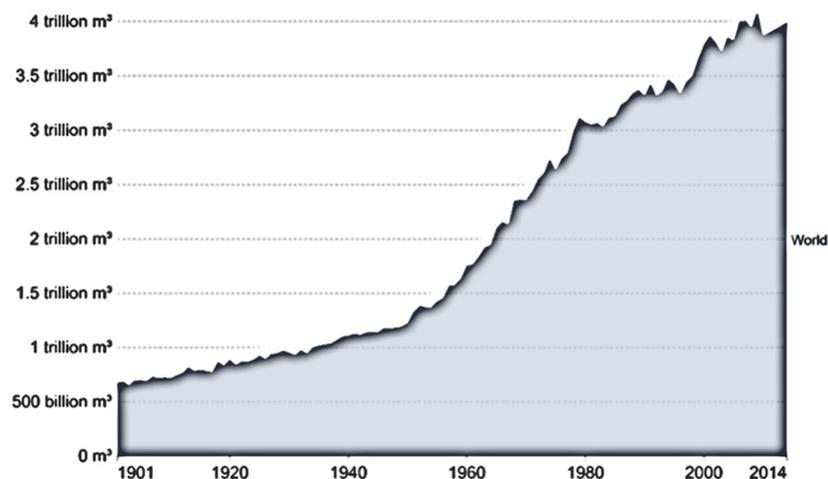


Figura 3. Consumo di acqua potabile dal 1900 al 2014. Asse delle ordinate: volume di acqua espresso in miliardi (billion) e miliardo di miliardi (trillion) di metri cubi; asse delle ascisse: tempo espresso in anni. Modificata. Fonte: Global International Geosphere-Biosphere Programme (IGB).

Lo stress idrico, dovuto sia a eccessiva richiesta che a depauperamento della quota disponibile a causa di fenomeni di siccità, colpisce già diverse aree del mondo. Secondo *Burek e colleghi* (Burek et al., 2016), la principale causa di esaurimento delle acque sotterranee sono da imputare all'irrigazione e il 30% di queste si sta esaurendo (Richey et al., 2015). Uno dei fattori più incidenti è il mancato trattamento delle acque reflue che potrebbero essere recuperate ad uso umano (Qadir et al., 2020). In tutto il mondo, la quasi totalità delle acque reflue, sia di derivazione domestica che industriale, non viene trattata prima di essere reimpressa nell'ambiente, aumentando la propria ecotossicità (WWAP, 2017), generata dalla presenza di sostanze altamente inquinanti derivanti da molte delle attività antropiche già precedentemente citate (Oginah et al., 2022). Definire i confini dell'ecotossicità delle acque dolci, così come dell'inquinamento da contaminanti chimici prodotti da attività umane è impresa piuttosto ardua. *Kosnik et al* (Kosnik et al., 2022) offrono una panoramica illustrata delle interazioni tra composti chimici e i confini entro i quali agiscono (Fig. 4).

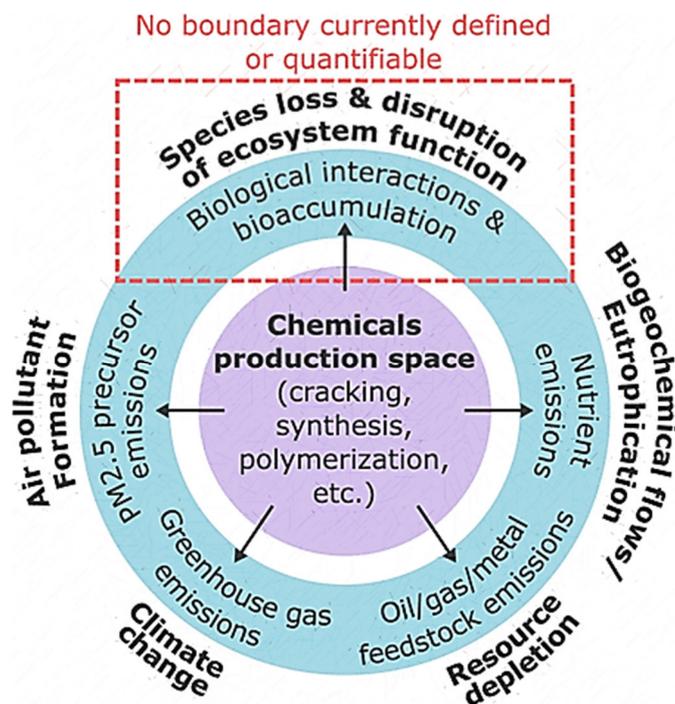


Figura 4. Panoramica delle interazioni tra sostanze chimiche emesse dall'uomo e loro impatto sui drivers del cambiamento climatico. Modificata. Fonte: Kosnik et al. 2022

Esistono oltre 30 000 sostanze chimiche utilizzate dall'uomo per gli usi più disparati, dall'agricoltura al campo medico, dalla produzione industriale all'ambiente domestico. I

pesticidi, ad esempio, sono rilasciati nell'ambiente e possono diffondersi oltre la zona di utilizzo, andando a intaccare e interagire con ecosistemi acquatici e terrestri. L'emissione chimica può avvenire in ciascuna delle fasi di un ciclo produttivo e non è possibile, allo stato attuale, stimare il grado di contaminazione derivante da tutti gli elementi in gioco, considerando anche il numero di composti utilizzati (Oginah et al., 2022; Kosnik et al., 2022). Tra le sostanze chimiche immesse nell'ambiente dall'uomo, ci sono anche quelle che presentano una oncotossicità nota e che, quindi, hanno un impatto diretto sulla salute umana. A seconda del tempo e del grado di esposizione a queste sostanze, la tossicità può essere bassa, moderata o elevata. Un elenco di queste sostanze è reperibile su *cancer.gov* (NIH, 2022). Tra le radiazioni ionizzanti, il radon ricopre un ruolo primario. Oltre ad essere cancerogeno, può causare un danno anche indiretto ai polmoni. Come si evince dalla figura 5, il radon costituisce buona parte delle radiazioni ionizzanti alle quali è esposto l'essere umano (ISS, 2014; ISSalute, 2020).



Figura 5. Contributi all'esposizione della popolazione alle radiazioni ionizzanti. Modificata. Fonte: ISS salute.

Il suolo è il principale deposito di radon. Nelle calotte artiche, ma anche nella tundra russa, ci sono depositi di radon, metano e anidride carbonica. Il costante innalzamento delle temperature sta portando il rilascio continuo e incontrollato di queste sostanze nell'ambiente (Nash & Nicol, 2022).

Uno degli effetti visibili del cambiamento chimico e termico delle acque marine è l'eutrofizzazione. La variazione nella composizione dell'ambiente acquatico comporta una diversa disponibilità di sostanze nutritive, con un eccessivo rilascio di azoto, che si traduce in

una selezione di specie vegetali e ittiche, oltre che ad una riduzione della disponibilità di ossigeno nell'acqua. Ciò comporta la morte di molte specie di organismi acquatici, riducendo la biodiversità, e la proliferazione incontrollata di alghe e molluschi. La decomposizione delle alghe, infine, porta ad un accumulo di CO₂ negli ecosistemi marini che riconduce, come precedentemente descritto, ad acidificazione (NOAA, 2023).

Inondazioni, ondate di calore e di freddo, incendi, siccità, cicloni tropicali, tornado, grandinate e mareggiate sono eventi estremi che, negli ultimi anni, si stanno verificando con frequenza e intensità maggiori, contribuendo a decessi e malattie, cancellazione di habitat e di risorse naturali, danni economici incalcolabili (Meyer et al., 2022).

Le sostanze e i processi descritti in questo capitolo sono elementi chiave nell'alterazione del clima e negli effetti della crisi climatica. Tra i tanti settori che vi hanno contribuito, il sistema agroalimentare ha avuto e sta avendo un impatto considerevole.

1.2 Il sistema agroalimentare

Tracciare i precisi confini teorici di ciò che un sistema alimentare sia e rappresenti ha richiesto studi approfonditi e una costante evoluzione concettuale. Una definizione conclusiva, che ne racchiude altre che si sono succedute e integrate nel tempo, è stata data dalla Food and Agriculture Organization (FAO) che definisce il sistema agroalimentare come un *insieme di tutti gli elementi (ambiente, persone, input, processi, infrastrutture, istituzioni, ecc.) e le attività che riguardano la produzione, la trasformazione, la distribuzione, la preparazione e il consumo del cibo, e gli output di queste attività, inclusi i risultati economici e ambientali* (HLPE, 2014). Se si considera che esso è composto da molteplici fasi che si connettono fra loro e con parti terze, è possibile intuire la complessità che esso rappresenta.

Utilizzo di risorse naturali, fasi produttive, confezionamento, trasporto, trasformazione, distribuzione, conservazione e, infine, consumo (UN, 2021a). Questo è il flusso al livello di macrosistema. All'interno di esso, infatti, esistono sottosistemi, come il comparto agricolo e degli allevamenti, la gestione dei rifiuti, la fornitura di input, e sistemi di interazione (approvvigionamento energetico e idrico, commercializzazione e aspetti sanitari) (FAO, 2014).

La somma di questi singoli elementi produce gli impatti illustrati in figura 6 (Our World in Data, 2022).

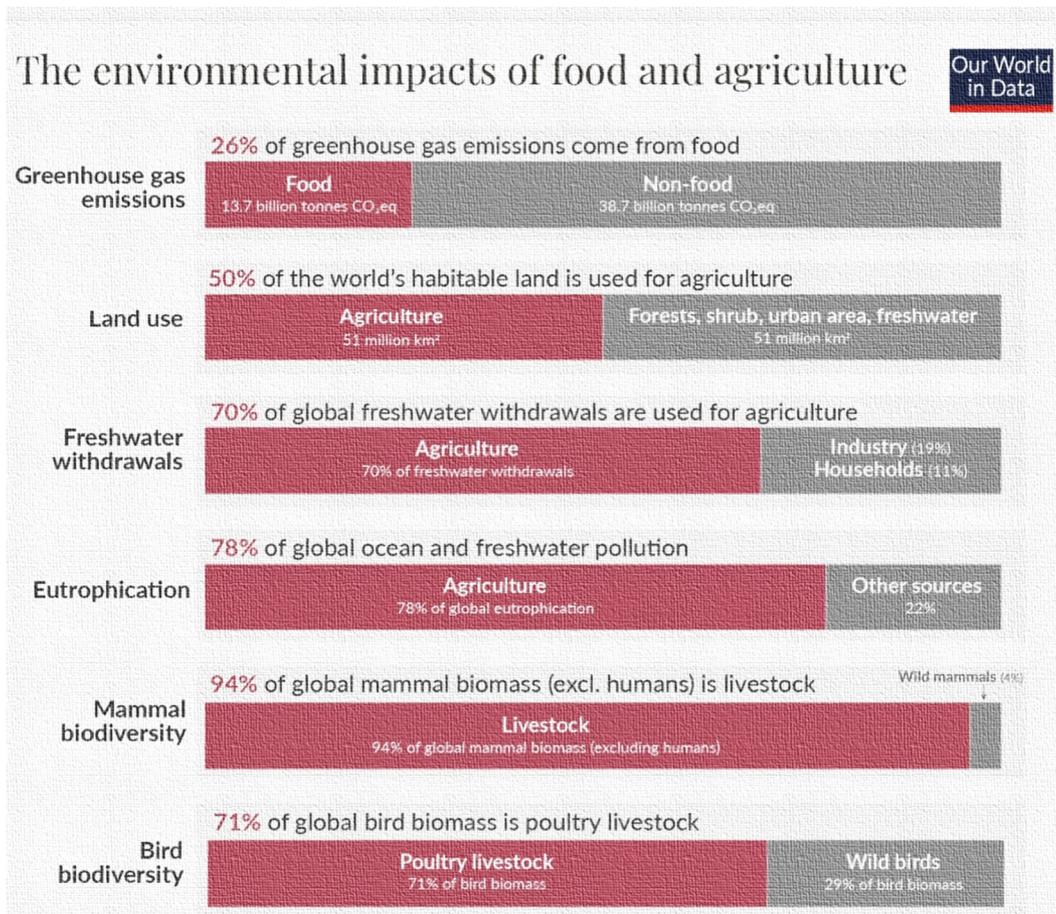


Figura 6. Contributo del sistema agroalimentare sugli indicatori di cambiamento climatico. Modificata.
Fonte: OurWorldData. Org – UN FAO – UN AQUASTAT – Poore & Nemecek (2018) – Bar-On et al. (2018).

Partendo dai settori del sistema produttivo alimentare che impattano maggiormente sugli indicatori di cambiamento climatico, si può notare come agricoltura e allevamenti incidano in modo rilevante su ognuno di essi rispetto alle altre attività umane. Inoltre, mettendo a fuoco i componenti di ognuno dei due settori coinvolti - agricoltura e allevamenti - si ottengono i dati riportati in figura 7 (Our World in Data, 2022).

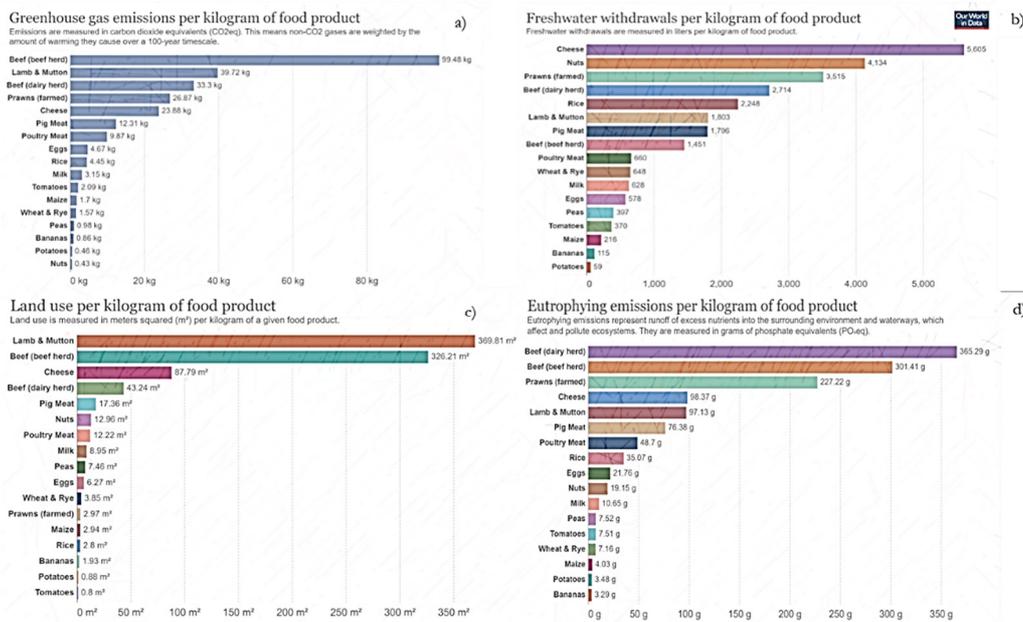


Figura 7. Modificata.

- a) le emissioni di gas serra per chilogrammo di prodotto. Fonte: Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science - OurWorldInData.org;
- b) gli alimenti che necessitano di un maggior prelievo idrico per durante la fase di produzione per kg di prodotto. Fonte Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science - OurWorldInData.org;
- c) consumo di suolo per chilogrammo di prodotto. Fonte: Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science - OurWorldInData.org;
- d) emissioni eutrofizzanti per chilogrammo di prodotto. Fonte: Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science - OurWorldInData.org .

Come è possibile notare, sono gli alimenti di origine animale a presentare i valori più elevati per le quattro categorie di impatto riportate nei grafici di figura 7, con l'eccezione della frutta secca che, alla voce consumo di acqua, occupa il secondo gradino del podio. In figura 8, si entra più nel dettaglio per quel che concerne l'emissione di GHG, principali drivers del cambiamento climatico.

Global greenhouse gas emissions from food production

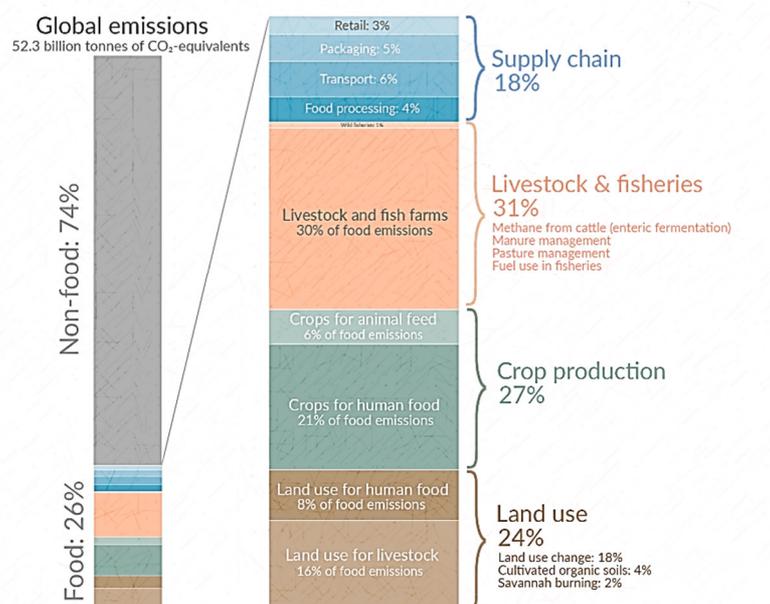


Figura 8. Emissioni globali di GHG con focus sulle diverse fasi del sistema alimentare. Modificata.
 Fonte: Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science. - OurWorldInData.org.

In figura 8 (Our World in Data, 2022), sono rappresentati anche i contributi delle altre fasi del sistema alimentare che impattano per il 18% delle emissioni totali della produzione di cibo. In particolare, sono trasporti e packaging ad avere una quota di emissioni superiore agli altri processi. Da notare anche come suolo destinato agli allevamenti, colture per alimentazione animale e stabilimenti per il mantenimento e la macellazione degli animali concorrano a oltre il 50% delle emissioni di gas serra del sistema agroalimentare (Poore & Nemecek, 2018). Il grafico in figura 9 (Our World in Data, 2022) aggiunge anche la quota di rifiuti sulla pressione ambientale dei GHG provenienti dal sistema alimentare.

Global emissions from food by life-cycle stage, Total GHGs

Emissions from the food system are broken down by their stage in the life-cycle, from land use and on-farm production through to consumer waste. This is measured in carbon dioxide-equivalents¹.

Our World
In Data

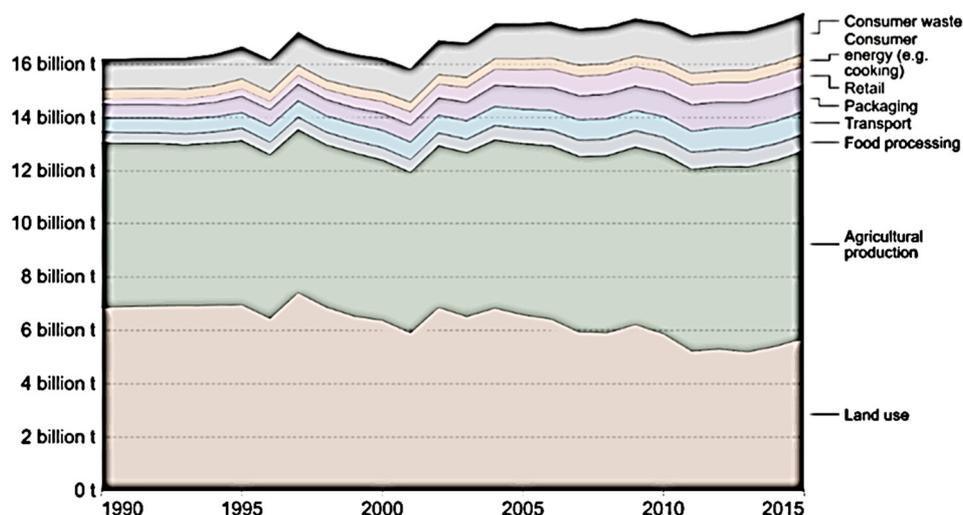


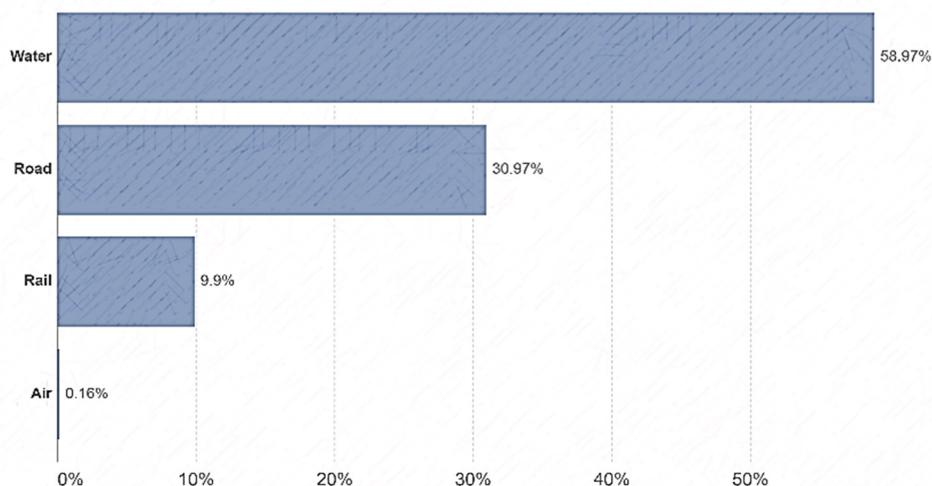
Figura 9. Emissioni di GHG durante tutto il ciclo di vita del sistema agroalimentare (trasporto, imballaggio, trasformazione, distribuzione, consumo, refrigerazione e rifiuti). Le emissioni di GHG sono misurate in CO₂ eq. Modificata. Fonte: Crippa et al. (2021). Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. Nature Food. - OurWorldInData.org

Stringendo il focus sui trasporti, dall'analisi di *Poore e Nemecek* (Poore & Nemecek, 2018) risulta che la quota maggiore di cibo viene trasportata via mare (figura 10) (Our World in Data, 2022), ma le emissioni maggiori provengono dal trasporto aereo e su strada (figura 11) (Our World in Data, 2022).

Share of global food miles by transport method

Food miles are measured in tonne-kilometers, which is a unit of measure of freight transport which represents the transport of one tonne of goods over a distance of one kilometre. Shown is each transport method's share of global food miles.

Our World
In Data



Source: Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science

CC BY

Figura 10. Modalità di trasporto globale del cibo misurato per tonnellate-chilometro. Modificata. Fonte: Poore, J., & Nemecek, T. (2018). *Reducing food's environmental impacts through producers and consumers*. OurWorldInData.org.

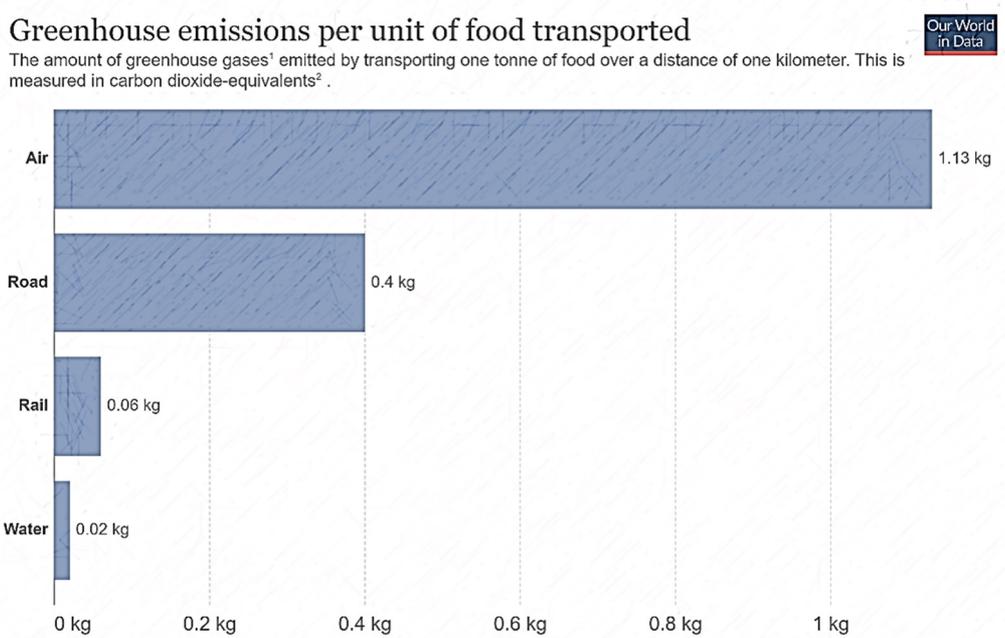


Figura 11. Contributo delle modalità di trasporto del cibo sulle emissioni di gas serra.
Fonte: Ecoinvent v3.3, come applicato nel lavoro di Poore & Nemecek (2018).

Infine, a completamento del ciclo di vita della produzione alimentare, è stato possibile stimare anche l'impatto dei rifiuti in termini di emissioni GHG (figura 12 (Our World in Data, 2022)), e non è una quota trascurabile. Oltre alla considerevole mole di cibo persa lungo la catena di produzione, particolare rilevanza, anche nell'ottica di interventi mirati su determinate sottopopolazioni, riveste la quota di rifiuti prodotta dai consumatori.

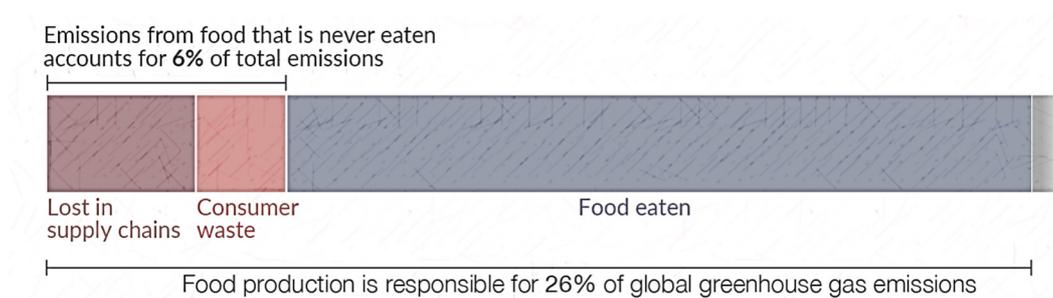


Figura 12. Emissioni di GHG della quota di cibo non utilizzato o non consumato nel ciclo di vita della produzione alimentare, consumatori finali inclusi. Modificata.
Fonte: Poore, J., & Nemecek, T. (2018). *Reducing food's environmental impacts through producers and consumers*. OurWorldInData.org. Autore: Hannah Ritchie.

Si distinguono due tipi di rifiuti lungo la catena del sistema agroalimentare: lo spreco, inteso come cibo non servito e che può essere recuperato perché non giunto al consumatore finale, e lo scarto, rappresentato da cibo ancora edibile che avanza nel piatto del consumatore finale

e non può essere recuperato per uso umano (ma può essere destinato agli animali) (FAO, 2011).

Uno sperpero di cibo che contrasta con i dati sulla sicurezza alimentare. Infatti, sono oltre 820 milioni le persone nel mondo malnutrite, secondo l'ONU (2019) (UN, 2022a). Due miliardi sono gli individui con carenze, anche gravi, di micronutrienti. Il rovescio della medaglia è nei numeri delle persone sovrappeso o obese. Queste rappresentano più di 1/4 della popolazione mondiale (Willett et al, 2019) che, attualmente, ha superato quota otto miliardi (UN, 2022b). La malnutrizione in eccesso rappresenta un grave problema sanitario. Infatti, questa produce oltre 1 miliardo di adulti sovrappeso o obesi e si colloca al sesto posto tra i fattori di rischio che contribuiscono al carico di malattia nel mondo (Haslam & James, 2005). L'obesità, in particolare, è classificata come malattia cronica ed è associata a mortalità per malattie cardiovascolari, diabete mellito, ipertensione, osteoartriti, ictus e alcuni tipi di cancro (WHO, 2021). Se la tendenza dovesse confermarsi, nell'anno del raggiungimento degli obiettivi dell'agenda 2030 si stima 1/5 della popolazione mondiale obesa e quasi il 40% sovrappeso (Smith & Smith, 2016). Una vera e propria pandemia. Questi numeri sono correlabili a stili di vita malsani, tra i quali rivestono un ruolo cardine le abitudini alimentari. La dilagante assuefazione ad una alimentazione occidentale, ricca di grassi saturi, zuccheri e sale, ha contribuito all'incremento delle malattie croniche, in particolare a malattie metaboliche quali obesità, diabete, disordini cardiovascolari, alcuni tipi di tumore e disordini neurologici (Fedacko et al., 2022; Garcia-Gutierrez & Sayavedra, 2022; López-Taboada, 2020). L'adozione diffusa di pratiche dietetiche errate alimenta gli impatti ambientali negativi del sistema agroalimentare. Graficamente, questo concetto è stato illustrato dal *Barilla Center for Food & Nutrition* nella doppia piramide riportata in figura 13.

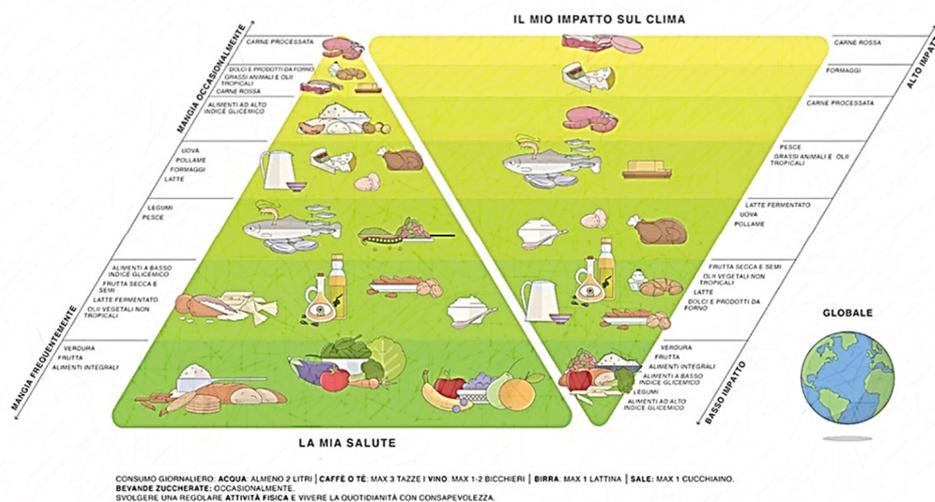


Figura 13. Doppia piramide della salute e del clima. Modificata.
Fonte: www.fondazionebarilla.com

È necessario, quindi, riportare l'ago della bussola nella direzione delle scelte alimentari sostenibili per il Pianeta e per l'uomo. E quale miglior scelta se non quella di affidarsi all'unica dieta patrimonio immateriale dell'umanità (UNESCO, 2013)?

1.3 La dieta mediterranea

Fu il fisiologo statunitense Ancel Keys a notare i benefici dell'alimentazione mediterranea nelle popolazioni del sud Italia e della Grecia. Osservazioni che poi riportò nel celebre "studio dei sette Paesi" che diede il la a molti altri studi di conferma nei quali emerse come questo pattern alimentare, composto da alimenti ed elementi presenti in figura 15, fosse protettivo per malattie cardiovascolari, neurodegenerative e tumorali e riduceva, in modo significativo, la mortalità per tutte le cause (Martínez-González & Sánchez-Villegas, 2004; Trichopoulou et al., 2005; Mentella et al., 2019; Sofi et al., 2010). I benefici descritti dalle evidenze di letteratura poggiano su fondamenti nutrizionali estremamente solidi e vantaggiosi per la salute umana. Infatti, la dieta mediterranea (DM) fornisce, a livello nutritivo, tutti i macro e micronutrienti necessari al fabbisogno dell'essere umano, nelle giuste quantità e con una adeguata qualità (Willett et al., 2019; Davis et al., 2015).



Figura 14. Piramide mediterranea. Fondazione dieta mediterranea. Modificata. Fonte: Bach-Faig et al. (2011). Mediterranean Diet Foundation Expert Group. Mediterranean diet pyramid today. Science and cultural updates.

L'aderenza alla dieta mediterranea, quindi, è sostenibile per gli aspetti nutrizionali e salutistici. Ma lo è anche da un punto di vista ambientale? Dalla pubblicazione “Sustainable Healthy Diets - Guiding Principles” della FAO e della World Health Organization (WHO) (FAO & WHO, 2019), sembrerebbe di sì. Adottando questo stile dietetico, infatti, è possibile ridurre la propria impronta idrica – *definita come il volume totale di acqua dolce utilizzata per produrre beni e servizi, misurata in termini di volumi d'acqua consumati (evaporati o incorporati in un prodotto) e inquinati per unità di tempo* (MASE, 2015) – fino al 43%, le emissioni di gas serra di oltre il 70%, il consumo di suolo di quasi il 60% e dimezzare l'energia necessaria per la produzione (FAO & WHO, 2019). La dieta mediterranea rappresenta una potenziale antesignana della dieta per la salute del Pianeta o Planetary Health Diet (Vaidyanathan, 2021). Date le sue caratteristiche di salute e salubrità, nel corso degli anni molti sono stati gli strumenti progettati e utilizzati per misurare l'aderenza alla dieta mediterranea. Uno di questi, tra i primi riportati in letteratura a quanto risulta dalla ricerca effettuata, è l'indice di adeguatezza mediterraneo (Mediterranean Adequacy Index, MAI), di *Alberti-Fidanza e Fidanza* (Alberti-Fidanza & Fidanza, 2004).

Questo strumento è nato per comparare le assunzioni dietetiche adottate da una certa popolazione rispetto a un pattern dietetico di riferimento. La traduzione in calcolo dell'idea

degli autori è un rapporto tra la somma della percentuale di energia ottenuta da alimenti tipici della dieta mediterranea - le cui quantità sono espresse in grammi - e la somma della percentuale di energia derivante da alimenti non abitualmente riconosciuti come mediterranei (sempre espressi in grammi). Al primo gruppo appartengono alimenti quali pane, pasta, cereali, legumi, patate, ortaggi, frutta, pesce, vino rosso, oli vegetali, mentre al secondo latte, formaggio, carne, uova, grassi animali e margarine, bevande dolci, torte, crostate e biscotti, zucchero (Alberti-Fidanza & Fidanza, 2004). Risulta evidente che, con i cambiamenti degli stili di vita avvenuti nel corso del tempo, aderire pienamente alla dieta mediterranea, strettamente legata alla cultura e alla tradizione di determinati luoghi, potrebbe risultare difficile, stanti i cambiamenti produttivi e distributivi delle derrate alimentari in tutti i Paesi occidentali (da Silva et al., 2009). Ciò che va a vantaggio di questo strumento, però, è la semplicità di utilizzo e la possibilità di ottenere una fotografia di consumi alimentari che possano orientare verso iniziative in grado di promuovere l'adozione di tale dieta. Il MAI è stato utilizzato in alcuni studi per verificare l'incidenza di determinate patologie rispetto all'effettiva aderenza alla dieta mediterranea, come nel caso di eventi cardiovascolari (Fidanza et al., 2004; Menotti et al., 2012; Menotti & Puddu, 2020). La dieta mediterranea rappresenta, quindi, un potenziale comportamento in grado di coniugare sostenibilità alimentare e ambientale. Un concetto, quello della sostenibilità, che racchiude in sé più dimensioni e che è necessario chiarire per comprendere come applicarlo nei diversi settori delle attività umane.

1.4 La sostenibilità

Nel 1972, in anticipo rispetto a posizioni ufficiali assunte da organizzazioni internazionali rappresentative, veniva pubblicato il Rapporto "I limiti della crescita" del Club di Roma (associazione non governativa che annoverava tra le sue fila scienziati, economisti, imprenditori e persone della società civile). In questo documento, si sottoponeva all'attenzione dei decisori politici la possibilità che una elevata industrializzazione, unitamente alla crescita della popolazione e conseguente depauperamento di risorse naturali, potesse portare ad un crollo, da lì a cento anni, della demografia e dell'economia mondiale, in seguito all'incremento

demografico contestuale all'utilizzo delle risorse. Mediante una simulazione di scenario elaborata dal Massachusetts Institute of Technology (MIT), il Rapporto prevedeva che la popolazione non potesse crescere senza cibo, la produzione alimentare sarebbe aumentata con iniezione costante di capitale e risorse, le risorse scartate sarebbero diventate inquinamento e questi avrebbe interferito con la crescita sia della popolazione che con la produzione di cibo (Club of Rome, 1972). Nello stesso anno, a Stoccolma, si è tenuta la prima conferenza della Nazioni Unite nella quale è stato messo al centro del dibattito l'ambiente. È in questa occasione che compare, per la prima volta, la parola sostenibilità che è nata, quindi, con una forte connotazione ambientale (UN, 1972). Per la prima volta, in un summit internazionale, si mettevano in allarme i governi delle possibili implicazioni delle azioni umane sull'equilibrio del Pianeta e sul futuro delle generazioni a venire, ponendo il focus sulla costante crescita della popolazione mondiale e sul relativo consumo di risorse naturali. Nel 1987, con il "Report of the World Commission on Environment and Development - Our Common Future", denominato anche rapporto Brundtland, il concetto di sostenibilità viene associato al concetto di crescita. Nasce così lo sviluppo sostenibile definito come *uno sviluppo che soddisfi i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni...* (WCED, 1987). "Un'agenda globale per il cambiamento" che ha portato, nel 2015, alla pubblicazione dell'agenda 2030, sottoscritta da 193 Paesi membri dell'ONU e che racchiude, in particolare, tra i 17 obiettivi di sviluppo sostenibile (SDGs), la lotta ai cambiamenti climatici, fame zero e la salute e il benessere per tutti (UN, 2023). Un documento che presenta le 5 P dello sviluppo sostenibile, anche se in un ordine non prioritario per la sostenibilità: Persone, Prosperità, Pace, Partnership e Pianeta (MASE, 2017). In sintesi, l'agenda 2030 prevede che tutti i Paesi del mondo raggiungano uno sviluppo sostenibile nelle sue 3 dimensioni (figura 15), economica, sociale (nella quale sono inserite anche le dimensioni salute e nutrizione) e ambientale con un approccio integrato e all'insegna dell'equilibrio (UN ESCAP, 2015).

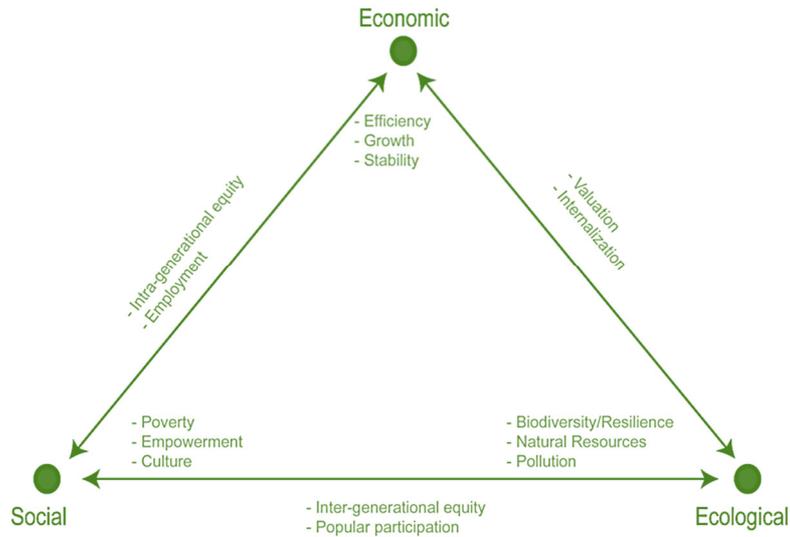


Figura 15. Le 3 dimensioni della sostenibilità. Modificata. Fonte: Ruggerio (2021) – Adattata da Munasinghe (1993)

L'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione, la Scienza e la Cultura (UNESCO) ha sottolineato come la cultura sia una dimensione trasversale alle altre e abbia un ruolo cruciale nel definire strategie decisionali integrate e globali (UNESCO, 2021). La stessa agenzia ha pubblicato un manuale dal titolo “Educazione agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile – Obiettivi di apprendimento” per formare i professionisti nella promozione di stili di vita più sostenibili (UNESCO, 2017).

Nonostante le iniziative periodiche a livello internazionale e nazionale di promozione della sostenibilità e della salute, i dati indicano un aumento dei casi di soggetti affetti da malattie croniche e un aggravarsi della situazione, già precaria, del pianeta Terra (Kjærsgård et al., 2014). Un quadro che necessita di un cambiamento di rotta con interventi mirati a livello politico, industriale e di comunità. L'ambito di interesse di questa tesi, il sistema agroalimentare, impatta su tutte le dimensioni della sostenibilità ed è chiamato in causa in tutti i 17 SDGs, direttamente o indirettamente, come mostrato nella figura 16.

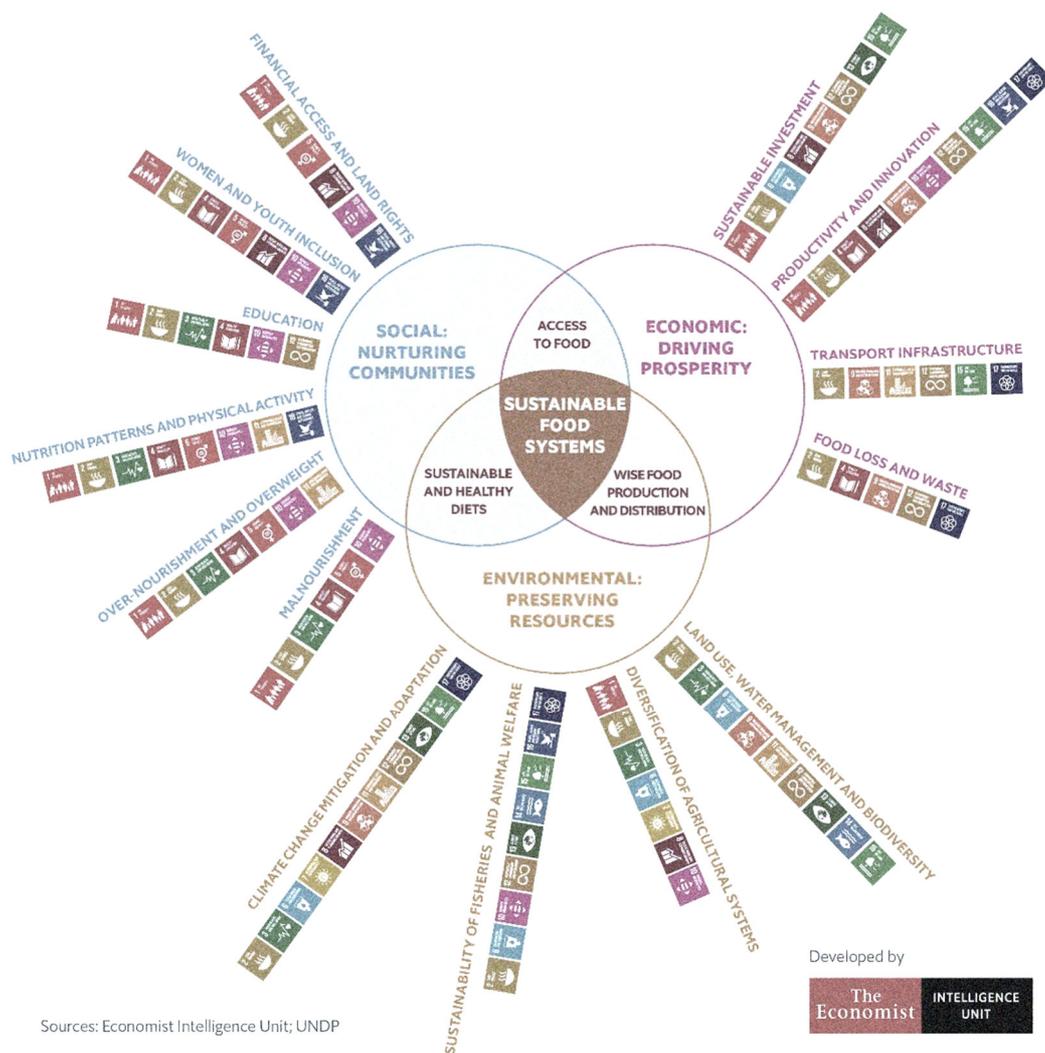


Figura 16. La relazione tra sistema agroalimentare, le dimensioni della sostenibilità e gli obiettivi di sviluppo sostenibile. Modificata. Fonte: United Nations Development Program (UNDP) e European Food Information Council (EUFIC). Immagine elaborata da “The Economist”.

Un sistema agroalimentare è sostenibile se *garantisce sicurezza alimentare e nutrizione per tutti in modo tale che le basi economiche, sociali e ambientali per generare sicurezza alimentare e nutrizionale delle generazioni future non siano compromesse* (HLPE, 2014). Per poter realizzare questo traguardo, però, è importante effettuare una valutazione di ogni area della nostra quotidianità, composta da processi, servizi e prodotti, per intervenire in modo puntuale e supportare, caso per caso, la transizione sostenibile.

Tra i diversi strumenti per misurare il grado di sostenibilità del sistema agroalimentare c'è il Life Cycle Assessment (LCA).

1.5 Misurare la sostenibilità: Life Cycle Assessment

La storia è ricca di racconti legati a scoperte scientifiche che hanno rivoluzionato il modo di vivere dell'essere umano. Molte di queste, però, erano pensate per applicazioni quotidiane per un dato periodo di tempo, senza alcun riferimento a quello che sarebbe avvenuto dopo l'utilizzo. Un esempio è dato da Alexander Parkes e la sua scoperta del materiale oggi più diffuso per gli usi quotidiani: la plastica. Mai si sarebbe immaginato che 160 anni dopo quella sua rivoluzione avrebbe prodotto così tanti rifiuti da formare una intera isola di plastica nel Pacifico grande 8 volte l'Italia (Heijungs et al., 2010). Ciò che mancava, all'epoca, era l'insieme di informazioni relative a ciò che avrebbe prodotto, alla fine del proprio ciclo di vita, quel materiale così innovativo. Da quando il concetto di sostenibilità è entrato a far parte dei sistemi valutativi, sono stati proposti diversi approcci per valutare processi, prodotti e servizi soprattutto per gli aspetti di costo-beneficio e ambientale (Heijungs et al., 2010). La valutazione di cause ed effetti in un determinato ambito conduce i decisori, pubblici o privati, a riconsiderare e riformulare un servizio o un processo di produzione. Si parla, quindi, di valutazione del ciclo di vita. Un concetto che si estende a tutto ciò che esiste sul Pianeta, dagli organismi viventi a quelli non viventi, dagli attrezzi che utilizziamo ai governi che si susseguono a vari livelli (Heijungs et al., 2010). La valutazione del ciclo di vita, però, non è solo un concetto astratto. È una metodologia ben definita, scientifica e regolamentata dall'Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione (ISO) con la norma 14040, che fornisce la definizione di ciclo di vita come *fasi consecutive e interconnesse di un sistema di prodotti, dall'acquisizione delle materie prime o dalla generazione da risorse naturali allo smaltimento finale* (ISO, 2022). La definizione di LCA, invece, è stata data dalla Società di Tossicologia e Chimica Ambientale (SETAC) nel 1990, parlando di *un procedimento oggettivo di valutazione dei carichi energetici ed ambientali relativi ad un processo o attività, effettuato attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. La valutazione include l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'utilizzo, il riuso, lo stoccaggio, il riciclaggio e lo smaltimento finale* (SETAC, 2018). Contestualmente, nasce il primo gruppo LCA di SETAC con l'obiettivo di *far progredire la scienza, la pratica e l'applicazione dell'LCA per ridurre*

l'onere ambientale e il consumo di risorse associati a prodotti, imballaggi, processi o attività (Postlethwaite, 1994). Successivamente, una definizione normata è stata data dalla ISO, indicando l'LCA come un metodo di *compilazione e valutazione degli input, degli output e dei potenziali impatti ambientali di un sistema di prodotto lungo tutto il suo ciclo di vita* (ISO, 2022).

L'LCA permette di analizzare le prestazioni ambientali di prodotti, servizi o processi in ogni fase della loro realizzazione, consentendo di identificare i punti dove intervenire per diminuire l'impatto sull'ambiente e sulla salute umana. Il tutto si realizza mediante la selezione di opportuni indicatori di monitoraggio dell'impatto e delle tecniche per misurarli. In seguito alla valutazione, è possibile informare i decisori aziendali, industriali, governativi e non, sui risultati ottenuti e suggerire le aree di intervento, anche mediante, ad esempio, le dichiarazioni ambientali e/o l'etichettatura ecologica (ISO, 2022).

Di seguito, saranno descritte le fasi del Life Cycle Assessment secondo la norma ISO 14040:2006 Gestione ambientale — Valutazione del ciclo di vita — Principi e contesto.

Uno studio LCA consta di 4 fasi (figura 17):

- 1) Definizione degli obiettivi e ambito/campo di applicazione
- 2) Analisi di inventario (Life Cycle Inventory, LCI)
- 3) Valutazione dell'impatto (Life Cycle Impact Assessment, LCIA)
- 4) Interpretazione dei risultati

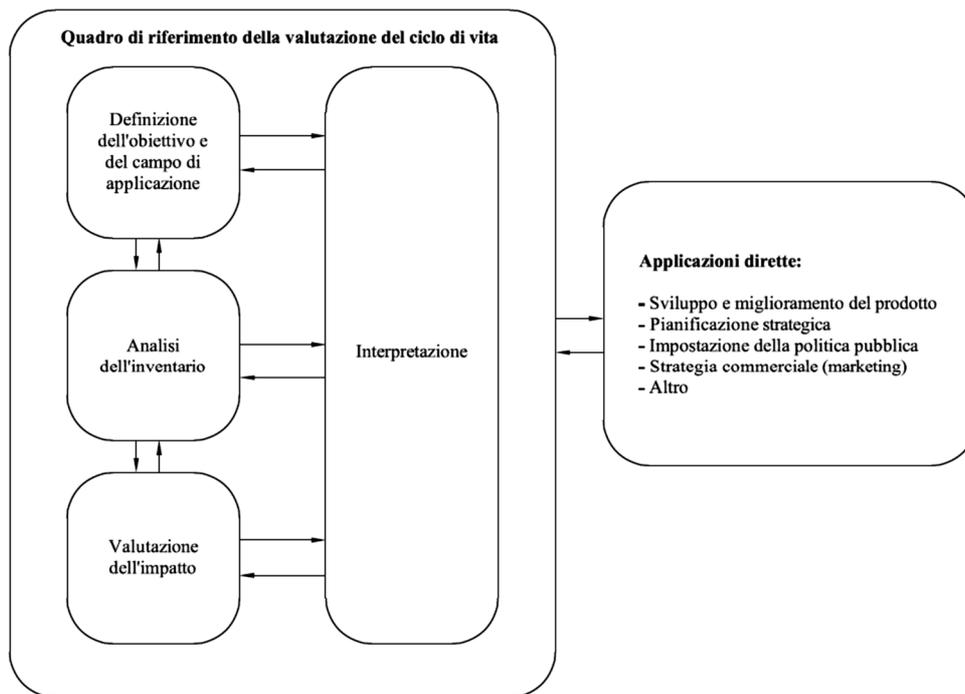


Figura 17. Strutturazione delle fasi di LCA. Modificata. Fonte: European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability: International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment – Tratta da ISO 14040:2006.

Le norme ISO prevedono anche reporting e revisione critica dell'LCA, limitazioni dell'LCA, relazione tra le fasi LCA, e condizioni di utilizzo delle scelte di valore e degli elementi facoltativi. Sono fasi successive che concernono studi LCA molto ampi.

Prima di addentrarsi nel dettaglio delle fasi, è utile riportare la spiegazione dei termini utilizzati in uno studio LCA.

- LCA (life cycle assessment) o analisi del ciclo di vita: comprende stesura e misurazione delle componenti in ingresso e in uscita e degli eventuali impatti ambientali *dalla culla alla tomba* di un sistema di prodotto;
- LCI (Life Cycle Inventory analysis) o analisi dell'inventario: consiste nel catalogare e quantificare gli elementi in gioco, sia in entrata che in uscita, per la realizzazione di un prodotto o un servizio nel corso del suo ciclo di vita;
- LCIA (Life Cycle Impact Assessment) o analisi di impatto del ciclo di vita: offre la possibilità di conoscere e valutare la dimensione dei potenziali impatti ambientali di un sistema di prodotto dalla produzione della materia prima allo smaltimento;

- l'interpretazione dei risultati prevede una valutazione dei valori ottenuti da LCI e/o LCIA, in riferimento agli obiettivi e ai campi di applicazione stabiliti, in modo da poter elaborare report utili per i decisori;
- asserzione comparativa tra due o più prodotti/servizi/processi in merito ad una equivalente o superiore prestazione ambientale di uno rispetto agli altri;
- trasparenza, necessaria nel momento in cui si presentano le informazioni inserite nell'analisi e ottenute dai risultati;
- l'aspetto ambientale suggerisce la possibile interazione di elementi ambientali con quelli in gioco nella valutazione di un prodotto/servizio/processo;
- il prodotto, nella terminologia LCA, è inteso come bene o servizio. Da qui in poi, si utilizzerà questo termine per indicare prodotto/servizio/processo. Infatti, per prodotti si intendono servizi come il trasporto, un software, un hardware, materiali da processo continuo (un esempio sono i lubrificanti);
- coprodotto, inteso come prodotto che, durante la produzione di uno o più prodotti, in un dato momento del processo, esce dal sistema di prodotto;
- un processo rappresenta i/passaggi/o mediante il quale gli input diventano output;
- flusso elementare, definisce elementi materiali o energetici che entrano ed escono dal processo senza essere trasformati dall'uomo;
- flusso di energia, in un processo o in sistema di prodotto, sia in entrata che in uscita, espresse in unità di energia;
- energia di alimentazione, espresso come potere calorifico, è riferita al calore generato dalla combustione di una materia prima in entrata che non svolge ruolo di fonte energetica nel sistema di prodotto;
- materia prima, componente elementare per la realizzazione di un prodotto. Può essere primaria, cioè ex novo o secondaria, da riciclo o riuso;
- elemento ausiliario in entrata, è utilizzato da un processo, ma non si ritrova nel prodotto finale;

- allocazione, distribuzione dei flussi in entrata o in uscita di un processo o di un sistema di prodotto tra il sistema di prodotto esaminato e uno o più sistemi di prodotto non oggetto di indagine;
- criteri di cut-off, ovvero l'esclusione dalla valutazione di un processo unitario o al sistema di prodotto della quantità di materia o energia in base alla loro incidenza ambientale;
- qualità dei dati, prerogativa dei valori utilizzati in grado di soddisfare i requisiti fissati;
- unità funzionale, quantificazione dell'unità di riferimento in un sistema di prodotto;
- elemento in entrata, componente materiale o energetico che entra in un processo unitario;
- flusso intermedio, componente materiale o energetico che fluisce tra i processi unitari del sistema di prodotto in esame;
- prodotto intermedio, componente output di un processo unitario che diventa di input in altri processi unitari. Sono possibili ulteriori trasformazioni per il prodotto intermedio;
- risultati dell'analisi dell'inventario del ciclo di vita, o LCI, costituiscono gli elementi del ciclo di vita catalogati in flussi materiali ed energetici del sistema di prodotto, fornendo la base sulla quale effettuare la valutazione dell'impatto del ciclo di vita;
- elemento in uscita, componente materiale o energetico di energia che esce da un processo unitario;
- energia di processo, energia richiesta da un processo unitario, esclusa l'energia in entrata necessaria per la produzione e la distribuzione di suddetta energia;
- flusso di prodotti, in entrata o in uscita da un diverso sistema di prodotto;
- sistema di prodotto, l'insieme dei singoli processi unitari, comprensivo di flussi elementari e di prodotti, che definisce la/le funzione/i e configura il ciclo di vita di un prodotto (figura 18);

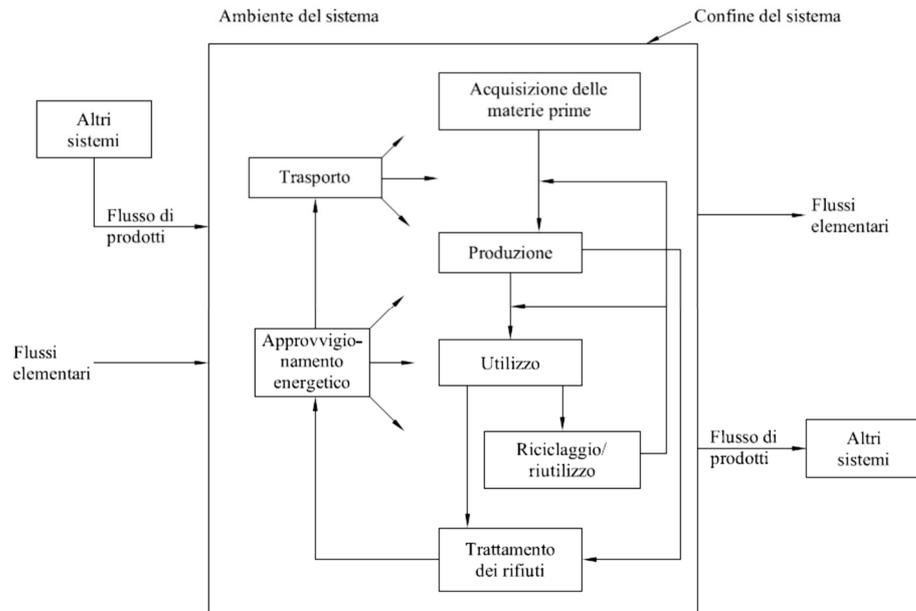


Figura 18. Sistema di prodotto all'interno di uno studio LCA. Modificato. Fonte: UNI EN ISO 14044:2006 Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida

- flusso di riferimento, misura degli output dei processi richiesta in un sistema di prodotto, per realizzare la funzione dell'unità funzionale;
- emissioni, nell'atmosfera, nell'acqua e nel suolo;
- analisi di sensibilità, al fine di verificare gli effetti delle scelte effettuate in merito ai dati e alla metodologia applicata per l'ottenimento dei risultati;
- confine del sistema, caratteristiche che definiscono i limiti dei processi unitari che prendono parte ad un sistema di prodotto;
- analisi dell'incertezza, quantifica il grado di indeterminatezza dei risultati dall'analisi d'inventario del ciclo di vita, dalla somma di effetti cumulativi relativi all'imprecisione del modello, dell'indefinitezza degli input e della variabilità dei dati;
- processo unitario, elemento base dell'analisi dell'inventario del ciclo di vita nel quale input e output vengono quantificati;
- rifiuto, componenti destinati ad essere smaltiti;
- categoria endpoint, una variabile di impatto legata all'ambiente alla salute umana o alle risorse naturali che restituisce valori degni di osservazione per eventuali ripercussioni;

- fattore di caratterizzazione, derivato da un modello utilizzato per trasformare un risultato dell'LCI in unità comune di indicatore di categoria di impatto;
- meccanismo ambientale, insieme di elementi fisici, chimici e biologici di una data categoria di impatto che integra i risultati di LCI agli indicatori di categoria e alle categorie endpoint;
- categoria di impatto, classe di indicatori relativi a questioni ambientali di interesse alla quale è assegnata l'insieme di dati derivanti da LCI;
- indicatore della categoria di impatto, misurazione quantitativa di una categoria di impatto;
- controllo di completezza, procedura di verifica delle informazioni presenti nelle fasi LCA al fine di poter fornire conclusioni in linea con l'obiettivo e il campo di applicazione;
- controllo di coerenza, procedura di verifica della coerenza nell'applicazione di ipotesi, metodo e dati durante lo studio LCA e della conformità con obiettivi e campo di applicazione;
- controllo di sensibilità, procedura di verifica di conformità per l'utilizzo di informazioni derivanti da analisi di sensibilità per fornire conclusioni e raccomandazioni;
- valutazione, verifica dell'affidabilità dei risultati dell'LCA nella fase di interpretazione dei risultati;
- riesame critico, procedura di verifica della coerenza tra una LCA e i principi e requisiti delle norme internazionali sulla LCA;
- parte interessata, riferito a individuo, gruppo o azienda direttamente coinvolte dai risultati della LCA e dalle prestazioni ambientali di un sistema di prodotto, o dai risultati della valutazione del ciclo di vita.

Caratteristiche metodologia LCA

Una delle caratteristiche dell'LCA è la connessione di tutte le fasi con l'unità funzionale, dagli input agli output dell'analisi di inventario, fino alla valutazione di impatto. Una valutazione che avviene *dalla culla alla tomba*, ovvero dall'inizio alla fine di un sistema di produzione considerando tutti gli elementi coinvolti.

L'iterazione del metodo LCA permette la comunicazione delle informazioni tra le diverse fasi della valutazione, contribuendo alla qualità dei dati che risulteranno, così, completi e coerenti con i risultati e lo studio.

Fasi LCA

1) Definizione degli obiettivi e ambito/campo di applicazione

L'obiettivo dello studio nasce dalle domande: “perché eseguo lo studio?”, “a quali domande si cerca di rispondere?”, “a chi è rivolto il risultato dello studio?”. Le risposte a queste domande definiscono l'obiettivo dell'LCA e getta le basi per individuare il campo di applicazione.

Quest'ultimo, in particolare, inquadra e delinea elementi fondamentali per l'analisi LCA:

- Unità funzionale: descrizione quantitativa della funzione (prodotto/servizio/processo) oggetto della valutazione. È propedeutica all'individuazione del flusso di riferimento nel quale convergono tutti i flussi di input e output che saranno quantitativamente raccolti nell'analisi di inventario;
- Analisi del sistema di prodotto per individuare le attività e i processi inseriti all'interno del ciclo di vita del prodotto oggetto di indagine;
- Selezione delle categorie di impatto in base alla valutazione ambientale del prodotto;
- Confine di sistema: definisce i processi unitari da inserire nel sistema di prodotto.

Inoltre, stabilisce le impostazioni geografiche e temporali dello studio.

- Stabilire la prospettiva dello studio o framework di modellazione LCA:
consequenziale – ovvero che valuta gli impatti attesi in virtù di una modifica effettuata per verificare come performa una alternativa ad un sistema di prodotto già esistente – oppure attributiva – che valuta gli impatti di un sistema di prodotto già presente.
- Revisione critica: da effettuare nel caso gli esiti dello studio – di tipo comparativo tra due sistemi prodotto differenti – debba essere diffuso al pubblico.

Le definizioni di obiettivo e campo di applicazione sono fondamentali per i passaggi successivi dell'LCA e incidono sulla validità delle conclusioni e le raccomandazioni derivanti dai risultati.

2) Analisi di inventario

Raccolta delle informazioni sui flussi fisici (input di elementi materiali ed energetici, semi-prodotti e prodotti e output in termini di emissioni, rifiuti e prodotto finito) per il sistema di prodotto. È la fase nella quale si catalogano i processi appartenenti al sistema di prodotto. I flussi sono quantificati in base al flusso di riferimento dato dall'unità funzionale. In molti casi, l'analisi di inventario è effettuata a partire da uno o più database completi di ogni processo unitario (es., produzione materia prima, trasporto, trasformazione, distribuzione e smaltimento) che porta alla realizzazione di molteplici prodotti già studiati e inventariati. Il risultato che si ottiene da questa fase è un elenco di flussi elementari fisici quantificati e associati all'unità funzionale del sistema di prodotto oggetto di indagine.

3) Analisi di impatto

I dati raccolti nell'elenco prodotto dall'analisi di inventario vengono, in questa fase, tradotti in impatti ambientali. Prima di procedere all'analisi, però, sulla base di quanto previsto dal regolamento ISO 14040, cinque sono i punti da espletare, di cui i primi tre obbligatori (figura 19):

- i. Selezione delle categorie di impatto: devono rappresentare i parametri di valutazione definiti nel campo di applicazione. Ogni categoria di impatto è associata ad un

indicatore, definito da un modello ambientale, che permette di misurare quantitativamente il carico dell'impatto, sull'indicatore, dei flussi elementari.

- ii. Classificazione: assegnazione dei flussi elementari dell'inventario, in base al loro contributo sull'indicatore selezionato, alle categorie di impatto.
- iii. Caratterizzazione quantitativa del grado di incidenza sulle categorie di impatto considerate da parte dei flussi elementari assegnati ad un indicatore della categoria. È possibile aggregare i valori degli impatti ottenuti con diversi indicatori (espressi con un'unità di misura comune) in modo da ottenere il profilo di impatto del sistema di prodotto.
- iv. Normalizzazione: fornisce informazioni sul grado di relatività dei valori ottenuti per le diverse categorie di impatto confrontandoli a un pool di impatti di riferimento. La normalizzazione produce, per il sistema di prodotto, un profilo di impatto normalizzato dove tutti i valori degli indicatori di categoria di impatto riportano la stessa unità di misura.
- v. Raggruppamento: o ponderazione, permette di comparare e unire le categorie di impatto ordinandole in base al grado di rischio percepito, oppure operare con fattori di ponderazione che permettano di pesare il carico di una categoria di impatto rispetto alle altre.

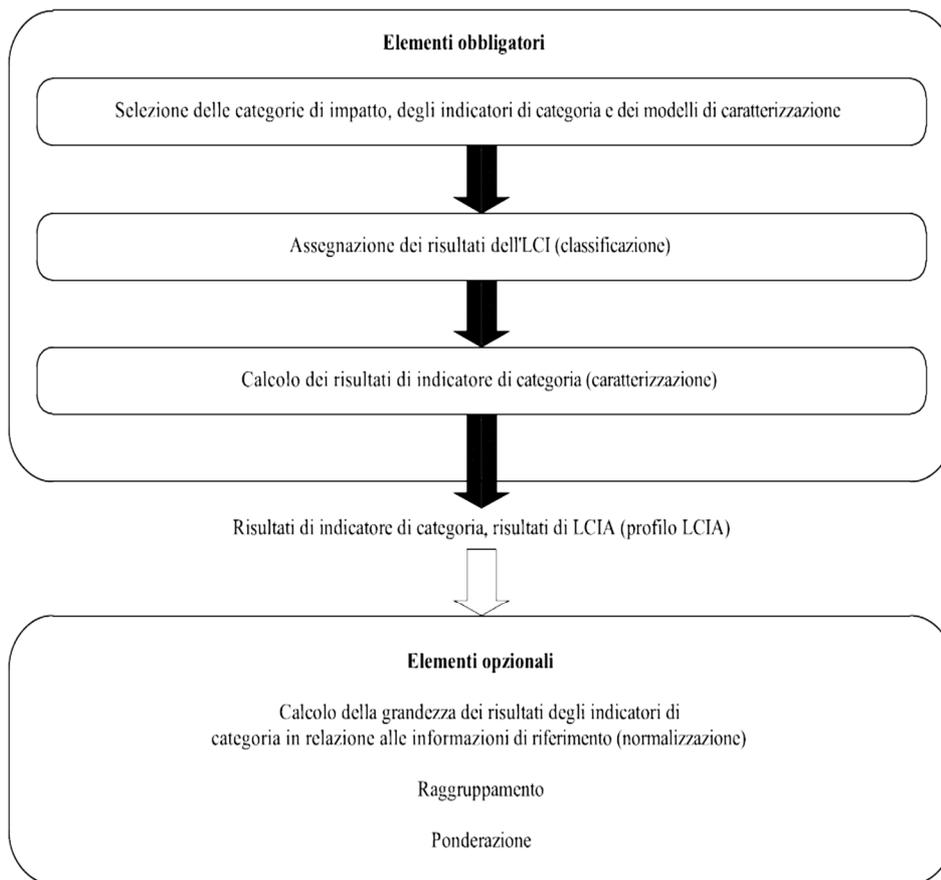


Figura 19. Elementi obbligatori e opzionali di LCIA. Modificato. Fonte: UNI EN ISO 14044:2006 Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida

4) Interpretazione dei risultati

È la sintesi finale dei risultati dell'analisi di inventario e di impatto (laddove possibile, anche di normalizzazione e ponderazione) che deve tenere conto di quanto definito nell'obiettivo e nel campo di applicazione. Per rafforzare ulteriormente le conclusioni, sono spesso effettuate analisi di sensibilità e di incertezza per l'identificazione di punti nodali da tenere in considerazione per ulteriori indagini (ISO, 2022; Klüppel, 2005; EC, 2010; Michael et al., 2018; Klöpfer e Grahl, 2014; Guinée, 2002).

☒ Limiti dell'LCA

La metodologia dell'LCA appena descritta presenta alcuni limiti, di seguito presentati:

- valutazione non completa dei problemi ambientali del sistema di prodotto, ma solo di quelli esplicitati nell'obiettivo e nel campo di applicazione;

- caratterizzazione e analisi di sensibilità e incertezza sono modelli che necessitano di ulteriori migliorie per essere considerati completamente affidabili;
- possibilità che si verifichi la non inclusione nell'inventario di input e output di un processo unitario;
- possibile carenza nella qualità dei dati nella fase di inventario;
- rischio di raccogliere dati di inventario inadeguati a rappresentare le categorie di impatto.

Non esistono, ad oggi, strumenti che permettano di superare queste limitazioni (ISO, 2022). La metodologia LCA è in continuo sviluppo. Maggiore sarà il suo utilizzo, minori saranno le carenze attualmente presenti. Questo perché, essendo un sistema aperto, può essere arricchito di elementi che o non sono ancora presenti o che verranno presentati in modo più dettagliato. L'LCA si pone l'obiettivo di valutare il ciclo di vita dei prodotti e fornire un monitoraggio degli impatti ambientali che potrebbe adottare qualsiasi attività/azienda/servizio, in qualsiasi settore, permettendo di identificare le aree di miglioramento con un vantaggioso rapporto costo-efficacia. È lo strumento di screening per eccellenza per l'individuazione, nei sistemi produttivi moderni, delle criticità ambientali. Uno dei settori nei quali questo modello di valutazione viene applicato con una frequenza sempre più crescente è la ristorazione collettiva.

1.6 La ristorazione collettiva

Per ristorazione collettiva si intende *l'insieme dei servizi per la preparazione e la distribuzione dei pasti negli enti pubblici quali ospedali, scuole (fino all'università) e altri tipi di istituti (es. caserme, uffici pubblici, etc)*. Le linee guida ministeriali del 2021 definiscono quali sono le priorità all'interno di un sistema di produzione alimentare destinato alla comunità (Ministero della Salute, 2021). Per quel che concerne esclusivamente la ristorazione scolastica, l'ultimo documento dedicato a questo settore è datato 2010 (GU, 2010). In entrambi i documenti, ricorrono le parole "sostenibili" e "ambiente", ma non sono mai definite del dettaglio. Il focus viene posto maggiormente sull'aspetto nutrizionale e sulla parte organizzativa, nonostante il sistema agroalimentare sia il maggiore contributore di alcuni tra gli indicatori di impatto legati al

cambiamento climatico, all'inquinamento e al depauperamento delle risorse naturali (Schau e Fet, 2008). Se si considera solo il contesto italiano, la ristorazione collettiva rappresenta il 50% del settore alimentare (Ministero della Salute, 2021). La pubblica amministrazione italiana, per effetto degli articoli 18 e 34 della legge 221/2015 del decreto legislativo 50/2016 inerente al codice degli appalti, ha adottato i Criteri Ambientali Minimi (CAM). Questi sono requisiti da rispettare nella procedura di acquisto per identificare la scelta migliore (per un prodotto o un servizio) da un punto di vista ambientale in relazione al ciclo di vita e a quanto disponibile sul mercato (GPP MITE, 2017a). I CAM sono inclusi all'interno del Piano di Azione Nazionale del Green Public Procurement (PAN GPP) emanato dopo la comunicazione della Commissione Europea, onde sviluppare il concetto di ciclo di vita ambientale e nato di concerto con altri documenti tecnici pubblici italiani come il "Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi della pubblica amministrazione" (GPP MITE, 2017b; EU, 2003).

I CAM per le derrate alimentari e la ristorazione collettiva sono definiti in diversi punti, riportati in figura 20.

- | | |
|---|--|
| <p>①</p> <p>a. Clausole contrattuali.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Requisiti degli alimenti. 2. Flussi informativi. 3. Prevenzione e gestione delle eccedenze alimentari. 4. Prevenzione dei rifiuti e altri requisiti dei materiali e oggetti destinati al contatto diretto con gli alimenti (MOCA). 5. Prevenzione e gestione dei rifiuti. 6. Tovaglie, tovaglioli. 7. Pulizie dei locali e lavaggio delle stoviglie e delle altre superfici dure. 8. Formazione e aggiornamenti professionali del personale addetto al servizio. 9. Servizio di ristorazione in centro di cottura interno: acquisto o fornitura di frigoriferi, congelatori e lavastoviglie per uso professionale ed altre apparecchiature connesse all'uso di energia dotate di etichettatura energetica. <p>b. Criteri premianti.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Chilometro zero e filiera corta. 2. Attuazione di soluzioni per diminuire gli impatti ambientali della logistica. 3. Comunicazione. 4. Ulteriori caratteristiche ambientali e sociali dei prodotti alimentari. 5. Acquacoltura biologica, prodotti ittici di specie non a rischio, prodotti ittici freschi. 6. Verifica delle condizioni di lavoro lungo le catene di fornitura. | <p>②</p> <p>D. Criteri ambientali per l'affidamento del servizio di ristorazione collettiva per uffici, università, caserme.</p> <p>a. Specifiche tecniche.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Menù. <p>b. Clausole contrattuali.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Requisiti degli alimenti. 2. Comunicazione. 3. Prevenzione e gestione delle eccedenze alimentari. 4. Prevenzione dei rifiuti e altri requisiti dei materiali e oggetti destinati al contatto diretto con gli alimenti (MOCA). 5. Prevenzione di altri rifiuti e gestione dei rifiuti. 6. Tovaglie, tovaglioli. 7. Pulizie dei locali e delle superfici dure, lavaggio delle stoviglie. 8. Formazione del personale addetto al servizio. 9. Servizio di ristorazione in centro di cottura interno: acquisto o fornitura di frigoriferi, congelatori e lavastoviglie per uso professionale ed altre apparecchiature connesse all'uso di energia dotate di etichettatura energetica. <p>c. Criteri premianti.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Varietà e modularità dei menù. 2. Chilometro zero e filiera corta. 3. Ulteriori caratteristiche ambientali e sociali dei prodotti alimentari. 4. Impatti ambientali della logistica. 5. Acquacoltura biologica, prodotti ittici di specie non a rischio, prodotti ittici freschi. 6. Verifica delle condizioni di lavoro lungo le catene di fornitura. |
|---|--|

Figura 20. Criteri Ambientali Minimi per le derrate alimentari ① e per la ristorazione collettiva non ospedaliera ② Fonte: Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n.90 del 4-4-2020

Come si evince dalla figura 20, i CAM sono suddivisi in specifiche tecniche, clausole contrattuali, criteri premianti. In aggiunta, è stato inserito un ulteriore punto, soprattutto per la fase di gara d'appalto di un servizio o una fornitura, di selezione del candidato, ovvero una persona fisica o un'azienda che abbia requisiti idonei a eseguire l'appalto considerando l'aspetto

ambientale. Il quadro proposto dal ministero, però, prende la direzione di una azione “allo scoperto”, ovvero si definiscono dei criteri per le forniture senza aver inserito nel piano una fase di valutazione per comprendere esattamente come forniture diverse performano in modo diverso da un punto di vista ambientale. Un vuoto che potrebbe essere riempito con una metodologia di valutazione ambientale che possa poi dare ai decisori la possibilità di selezionare in modo opportuno le strategie migliori per migliorare l’impatto sull’ambiente. Inoltre, le mense pubbliche rappresentano anche un’occasione per valutare le scelte dei consumatori non solo da un punto di vista ambientale, ma anche da un punto di vista di orientamento alimentare connesso ad outcome di salute.

Per queste ragioni e quelle espresse nei capitoli addietro, la ristorazione collettiva ha determinato l’interesse per lo sviluppo di questa tesi di dottorato.

1.7 Scopo del lavoro

Lo scopo di questo lavoro di tesi è stato duplice: valutare la sostenibilità alimentare e ambientale nell’ambito di un contesto locale di ristorazione collettiva e, nel contempo, analizzare l’impatto di un intervento educativo nel cambiamento dei consumi da parte degli utenti relativamente a due specifici menu selezionati. Le valutazioni sono state effettuate su tre livelli:

- consumi da parte degli utenti della mensa;
- indice di adeguatezza mediterraneo dei menu selezionati;
- impatto ambientale con metodologia LCA.

Ipotesi di ricerca

La valutazione puntuale della sostenibilità ambientale e alimentare dei pasti proposti nell’ambito della ristorazione collettiva con una metodologia diffusa e standardizzata potrebbe condurre ad una maggiore sensibilità verso la sostenibilità sia da parte degli stakeholders che da parte degli utenti. Inoltre, si ipotizza che, con una informazione adeguata e continuativa

sugli aspetti ambientali e nutrizionali del cibo consumato nei refettori, gli utenti siano in grado di effettuare scelte diverse, tendenti alla sostenibilità.

CAPITOLO 2

Materiali e metodi

Contesto

Il setting per la valutazione è stato identificato nella mensa universitaria “Piero Calamandrei” di Firenze dell’Azienda Regionale per il Diritto allo Studio (DSU) che, ogni anno (dati pre-pandemia), eroga 2 milioni di pasto annui dei 4 totali somministrati in tutte le mense (DSU TOSCANA, 2020). I menu sono stati elaborati dal gruppo di ristorazione regionale che, all’interno del proprio gruppo, conta diverse figure professionali competenti in materia di alimentazione e sicurezza alimentare, producendo oltre 500 ricette suddivise in menu stagionali regolarmente calendarizzati, sia sul sito che all’interno del refettorio (DSU TOSCANA, 2022a). Una volta ottenuto il nullaosta per la rilevazione nella mensa (resa possibile successivamente all’allentamento delle misure anticontagio per l’emergenza COVID-19), si sono svolti 3 incontri di natura organizzativa per decidere quali pasti selezionare per lo studio, i tempi e le modalità di rilevazione, la programmazione dell’intervento e la rilevazione successiva ad esso. La DSU ha reso disponibili documenti inerenti a:

- a) specifiche tecniche relative alle caratteristiche merceologiche ed igieniche delle derrate alimentari. In questo documento (chiamato allegato A) sono presenti
 - i. caratteristiche comuni:
 - provenienza;
 - etichettatura;
 - shelf-life al momento della consegna;
 - trasporto;
 - confezionamento/imballaggio.

- ii. Caratteristiche microbiologiche e chimico-fisiche per verdure surgelate, carni surgelate, prodotti vari surgelati, pesce surgelato, carni, prodotti a base di carne, pane, pasta e sfarinati, latticini, olii.
 - iii. Modalità di consegna.
 - iv. Descrizione dei prodotti.
 - v. Caratteristiche tecniche (descrizione del contenuto e peso della confezione) di tutti i generi alimentari.
- b) Capitolato speciale per l'affidamento in appalto della fornitura di derrate alimentari con applicazione dei criteri ambientali minimi, di cui al decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, per le mense Universitarie di Firenze, Pisa e Siena;
- c) Disciplinare di gara. Criterio di aggiudicazione: offerta economicamente più vantaggiosa.

Questo materiale documentale (DSU TOSCANA, 2021) ha rappresentato il punto di partenza per esplorare il contesto ed esaminare le variabili in gioco nella scelta degli alimenti, nell'assegnazione degli appalti e per l'adesione ai criteri minimi ambientali.

Sono stati forniti, in aggiunta, dalla stessa direzione della ristorazione dell'Azienda Regionale per il Diritto allo Studio, i dati relativi alle fasi di preparazione dei piatti inseriti nei menu oggetto di studio. In particolare, i dati tecnici dei consumi in chilowatt (kW) per il consumo energetico e in litri (L) per l'acqua utilizzata nelle fasi (e della strumentazione utilizzata in ognuna di esse per ciascun piatto o componente di essi) di:

- ✍ preparazione refrigerato (cella frigo);
- ✍ cottura (bollitore, fry top, friggitrice, forno, brasiera, cuocipasta);
- ✍ abbattimento (abbattitore);
- ✍ stoccaggio (cella frigo);
- ✍ distribuzione (bagnomaria).

Infine, in considerazione del fatto che i trasporti costituiscono per la maggior parte dei Paesi del mondo la prima o la seconda fonte di emissioni e che il 95% dei trasporti sono alimentati con combustibili fossili (UN, 2021b), è stato ritenuto opportuno raccogliere informazioni riguardanti i Paesi di origine degli ingredienti utilizzati per la preparazione dei menu oggetto di studio, le sedi di stoccaggio e quelle di distribuzione calcolando, così, i chilometri (Km) percorsi dai mezzi di trasporto, il tipo di mezzo utilizzato (se a diesel o a benzina), il carburante necessario per percorrere le distanze indicate (in L). Sulla base di questi dati è stato possibile calcolare, successivamente, le emissioni di CO₂ prodotte di ogni menu, grazie alle tabelle presenti nel rapporto 28/2003 di APAT (APAT, 2003).

Oggetto di indagine

La valutazione alla base di questo lavoro di tesi è ruotata intorno a due menu, costituiti ognuno dalle tre portate principali (primo, secondo e contorno). La scelta dei piatti inseriti nella valutazione di questo studio è stata effettuata seguendo due criteri differenti.

Per il menu 1, sono stati presi in esame il primo, il secondo e il contorno più frequentemente consumati dagli utenti (secondo i dati di consumo forniti e visionati con la direzione in confronto allo stesso periodo di riferimento del precedente anno). Non è stato possibile ampliare la ricerca retrospettiva oltre l'anno in quanto i calendari, nel corso del tempo, variano a seconda di nuovi appalti e nuove elaborazioni dietetiche da parte del nutrizionista aziendale.

Per il menu 2, è stata effettuata una valutazione a monte da parte del candidato della tesi di dottorato che tenesse conto di un elevato valore nutrizionale, sulla base delle proprie competenze di biologo nutrizionista e dei valori presenti nelle tabelle nutrizionali del Consiglio per la Ricerca in agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria (CREA) (CREA, 2019), e di un minor impatto ambientale, da evidenze di letteratura (Willett et al., 2019). Con queste premesse, sono stati selezionati tre piatti (primo, secondo e contorno) presenti in calendario che rispondevano ai requisiti di sostenibilità ambientale e alimentare. Nella tabella 1, sono riportati i nomi dei piatti inseriti all'interno di ogni menu e la lista degli ingredienti utilizzati nella loro preparazione.

Menu 1	Ingredienti
Pasta al ragù	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pasta alimentare secca Chifferi ➤ Preparato di carne macinata ➤ Fondo di sedano, carota, cipolla ➤ Sale fino in sacchi ➤ Pepe macinato in buste ➤ Vino rosso in tetrabrick ➤ Olio di oliva da 5 litri ➤ Polpa di pomodoro in bag box ➤ Doppio concentrato di pomodoro ➤ Acqua corrente per produzione
Fettina di Manzo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fettina di bovino adulto porzionata ➤ Limoni ➤ Sale fino in sacchi ➤ Olio di oliva da 5 litri
Patatine fritte	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Patate a bastoncino prefritte surgelate ➤ Olio di semi di arachide ➤ Sale fino in sacchi
Menu 2	
Passato di verdure	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Verdure miste per minestrone surgelate ➤ Pane preaffettato a filoni ➤ Cipolla dorata ➤ Olio di oliva da 5 litri ➤ Sale fino in sacchi ➤ Acqua corrente per produzione
Tortino di ceci e porri	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Farina di ceci ➤ Porri ➤ Olio di semi di arachide ➤ Sale fino in sacchi ➤ Acqua corrente per produzione
Peperonata con patate	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Peperoni a falde surgelati ➤ Patate a cubo surgelate ➤ Polpa di pomodoro in bag box ➤ Cipolla dorata ➤ Olio di oliva da 5 litri ➤ Sale fino in sacchi

Tabella 1. Menu oggetto di indagine e loro composizione in ingredienti.

Rilevazioni: tempi e modalità

Una volta stabiliti i menu oggetto di valutazione, sono state impostate le fasi successive.

Le rilevazioni pre-intervento del consumo dei piatti che compongono il menu 1 sono state effettuate dal 22/11/2021 al 9/12/2021; quelle del menu 2 il 22/11/2021. Le rilevazioni post-intervento sono state effettuate, per entrambi i menu, dal 14 al 22 marzo 2022, come riportato in tabella 2.

Menu 1	I rilevazione (pre-intervento)	II rilevazione (post-intervento)
Pasta al ragù	9/12/21	16/3/22
Fettina di manzo	22/11/21	22/3/22
Patatine fritte	23/11/21	14/3/22
Menu 2		
Passato di verdure	22/11/21	22/3/22
Tortino di ceci e porri	22/11/21	16/3/22
Peperonata con patate	22/11/21	22/3/22

Tabella 2. Date delle rilevazioni dei piatti presenti in ogni menu.

La raccolta dei dati relativi ai consumi è stata possibile grazie all'estrazione di un file Excel TM dal registro elettronico della direzione ristorazione. I dati presenti nel foglio elettronico sono derivati dalla registrazione, alle casse, dei piatti acquistati/selezionati dagli utenti nelle giornate programmate per la rilevazione, riportate in tabella 2, e indicavano il numero di pasti consumati a pranzo, a cena, da asporto e totali. Questa rilevazione si è focalizzata solo sui pasti serviti a pranzo in quanto è il momento in cui c'è il maggior afflusso di utenti.

Durante la prima rilevazione, è stato misurato anche lo scarto. Come è possibile osservare dalle immagini della figura 21, è stata allestita una squadra di monitoraggio nei giorni in cui erano previsti in calendario i piatti dei menu in esame. Grazie al supporto di alcuni medici in formazione specialistica della Scuola di Specializzazione in Igiene e Medicina Preventiva del Dipartimento di Scienze della Salute, sotto il coordinamento del Prof. Guglielmo Bonaccorsi, è stato possibile intercettare tutti gli studenti che hanno consumato i piatti oggetto di indagine e smaltire correttamente l'avanzo nel contenitore dell'organico da cui è stata effettuata la misurazione dello scarto.



Figura 21. Report fotografico dello smaltimento rifiuti “guidato” per la rilevazione dello scarto dei menu oggetto di indagine.

Sono stati allestiti due raccoglitori per l’umido, uno per i piatti inclusi nel menu 1 e uno per quelli previsti dal menu 2. Alla fine delle rilevazioni, i due sacchi sono stati portati in un locale della cucina dove era presente una bilancia analitica. Dopo la calibrazione, sono state effettuate le pesate. Vista la difficoltà di ritrovare tutti i piatti dei menu di indagine nello stesso giorno, sono stati pesati gli scarti dei singoli pasti previsti per ogni menu per poi essere sommati, alla fine delle rilevazioni. Il dato ricavato è servito per elaborare le percentuali di scarto di ogni singolo menu, valutando così anche il rifiuto prodotto dalle scelte degli utenti.

È stato possibile effettuare la seconda rilevazione solo tre mesi dopo la prima, sia a causa del perdurare di alcune restrizioni legate all’emergenza pandemica, sia per dare modo agli utenti di recepire le informazioni riportate dall’intervento (descritto nel prossimo paragrafo e avvenuto tra la prima e la seconda rilevazione), e osservare se fosse avvenuto il cambiamento atteso/ipotizzato.

Strumenti di valutazione

☞ **L'indice di adeguatezza mediterraneo (MAI)**

Il MAI è stato utilizzato per misurare il valore, in termini nutrizionali e salutistici, dei menu selezionati. Essendo la dieta mediterranea, come riportato nella parte introduttiva di questo lavoro, considerata come comportamento alimentare che a lungo termine sposa l'ecosostenibilità ed è garanzia di un apporto nutrizionale bilanciato e protettivo verso una serie di patologie croniche, è stato scelto di esplorare e misurare l'adesione a tale dieta attraverso questo indice che presenta, tra l'altro, una notevole facilità di calcolo del punteggio. La formula (indicata in figura 22) si basa sull'assunzione di gruppi di alimenti espressi in percentuale dell'energia totale (Alberti-Fidanza et al., 1999; Alberti et al., 2009) inerenti alle abitudini alimentari mediterranee. La definizione del contenuto calorico di ogni alimento inserito all'interno della formula per ottenere il punteggio MAI è stata tratta dai dati del CREA (CREA, 2019).

$$\text{MAI} = \frac{\% \text{ energia CARBOIDRATI} + \% \text{ energia ALIMENTI PROTETTIVI}}{\% \text{ energia DERIVATI ANIMALI} + \% \text{ energia DOLCI}}$$

Figura 22. Indice di adeguatezza mediterraneo. Modificata. Fonte: Alberti-Fidanza et al. (1999). Dietary studies on two rural Italian population groups of the Seven Countries Study. 3. Trend of food and nutrient intake from 1960 to 1991. *European journal of clinical nutrition* e Alberti, A., Fruttini, D., & Fidanza, F. (2009). The Mediterranean Adequacy Index: further confirming results of validity. Elsevier.

Sia al numeratore che al denominatore, l'unità di misura è un numero assoluto in percentuale. Numerosi sono gli articoli che citano il MAI quale strumento di misurazione dell'aderenza alla dieta mediterranea. Mazza et al. (Mazza et al., 2018) indicano un punteggio ≤ 2 basso, tra 2 e 4 intermedio e ≥ 4 elevato. Palma e Padilla (Palma e Padilla, 2012) hanno impostato il range di punteggi ottenuti come segue: 0-0.99 molto basso, 1-1.99 basso, 2-2.99 medio, 3-3.99 alto, 4-5 molto alto. Nel libro di Liguori (Liguori, 2015), si parla di coerenza con la dieta mediterranea per valori del MAI > 5 , mentre quelli > 7 sono definiti molto coerenti. In questo lavoro, è stato utilizzato il range di valori da 0 a 100, con 0 che indica il punteggio più basso (e quindi una aderenza assente) e con 100 il punteggio più alto (ovvero piena aderenza), come

riportato da Shaw (Shaw, 2016). Se il valore del rapporto è uguale o superiore a 15, l'aderenza al piatto mediterraneo è considerata totale (100%).

I risultati ottenuti applicando questa formula ai due menu risentono solo della componente cibo. Infatti, non è stato possibile includere nel calcolo le bevande gassate e zuccherate perché gli utenti potevano servirsi, dopo aver ritirato un bicchiere alla cassa, in autonomia, gratuitamente e per quante volte preferivano ad uno dei due erogatori di bevande sfuse presenti nel refettorio.

✍ **Life Cycle Assessment**

La valutazione del ciclo di vita è stata effettuata per i menu oggetto di indagine. Tale valutazione, una volta ottenuti input e output del sistema considerato, che corrispondono agli ingredienti (input) forniti dalla direzione della ristorazione DSU per comporre i menu oggetto di studio (output), ha permesso, una volta elaborati i risultati di impatto, una comparazione relativa alla sostenibilità ambientale dei menu in esame. Di seguito, sono descritte le fasi previste dalla LCA applicate per lo scopo di questo lavoro.

I. Definizione dell'obiettivo e dei campi di applicazione

Come indicato nel capitolo 6, l'obiettivo dell'analisi deve essere coerente con le fasi successive di LCA e, in base alle linee guida ISO standards, deve essere in grado di rispondere alle domande:

A. perché si esegue lo studio?

La domanda di ricerca per il presente studio è stata: è possibile misurare la sostenibilità all'interno di una realtà locale della ristorazione collettiva?

In particolare, sarebbe stato possibile analizzare l'impatto ambientale di due menu differenti per composizione serviti all'interno di una mensa universitaria?

B. A quali domande si cerca di rispondere?

a) che impatto ambientale hanno i menu presi in esame?

b) c'è una differenza nei valori di impatto tra i pasti che compongono i menu?

c) è più sostenibile un menu con ingredienti di origine animale o un menu completamente vegetale?

C. A chi è rivolto lo studio?

I risultati derivanti dalla metodologia LCA permettono di segnalare all'azienda (DSU) presso la quale tale analisi avviene e agli stakeholders coinvolti (Regione Toscana, fornitori di materie prime, società energetiche) lo stato attuale di impatto ambientale di due dei menu presenti nel calendario invernale (valutando ogni input e ogni output lungo tutto il sistema di prodotto) e di intervenire per correggere i punti emersi come critici. Inoltre, permette di informare gli utenti su quanto sia sostenibile la loro scelta nel caso scelgano un menu piuttosto che l'altro. I soggetti ai quali è diretto questo lavoro sono diversi, come i livelli che occupano, e sono illustrati in figura 23.

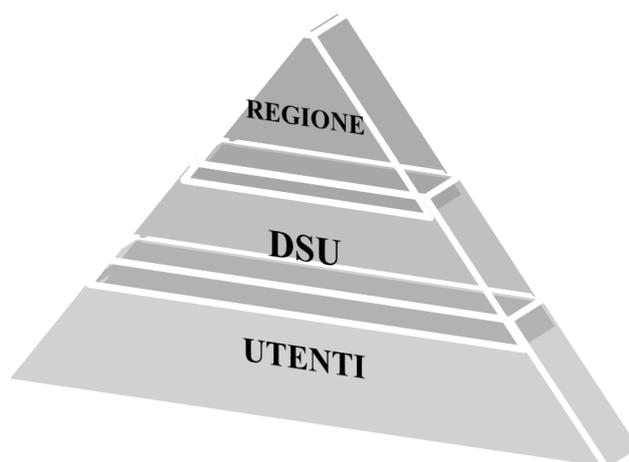


Figura 23. Gerarchia degli attori coinvolti dalla valutazione dei menu.

- Contesto decisionale e ragioni per lo svolgimento dello studio.

Lo studio ha voluto esplorare la sostenibilità all'interno di un contesto di ristorazione collettiva per valutarne l'entità ponendo le basi per lo sviluppo, al contempo, di strategie volte alla riduzione dell'impatto ambientale, di concerto con i protagonisti coinvolti, senza intaccare, ma anzi innalzando, la qualità dei prodotti e del servizio offerti. Inoltre, lo studio mira a favorire il ruolo della mensa universitaria come ente educativo e promotore delle buone pratiche, sia

in ambito ecologico che alimentare. Questo tipo di approccio può realizzarsi ad un micro-livello, ovvero nella sola sede di esecuzione dell'indagine, oppure ad un livello più ampio, estendendo le decisioni conseguenti ai risultati dello studio a tutte le mense dell'Azienda del Diritto allo Studio Universitario in Toscana.

- Committente dello studio o altri attori coinvolti.

Il lavoro qui presentato non ha alcun committente, né è stato finanziato da alcun ente. Il candidato ha utilizzato le proprie risorse e quelle messe a disposizione, gratuitamente, dall'azienda nella quale è stata effettuata l'indagine.

Definizione del campo di applicazione

Di seguito, si riportano i campi di applicazione necessari che hanno definito la valutazione del sistema di prodotto e come tale valutazione è avvenuta.

Il presente testo riporta uno studio LCA di due diversi menu all'interno della mensa "Piero Calamandrei" di Firenze dell'Azienda per il Diritto allo Studio Universitario toscana. È stato realizzato per uso interno e per promuovere una discussione tra gli stakeholder coinvolti nella ristorazione collettiva sulla necessità di adottare degli strumenti di valutazione di impatto ambientale e apportare le modifiche necessarie in seguito ai risultati ottenuti dall'analisi.

Lo scopo finale è di ottenere: (a) risultati dettagliati dell'analisi di inventario dei menu comparati, inclusi i dati sulle unità di processo (non presenti tra i risultati, ma disponibili su richiesta); e (b) i risultati di impatto del ciclo di vita dei menu.

- *Funzione:* i due menu oggetto di indagine contengono piatti abitualmente consumati dagli utenti della mensa setting di studio e potrebbero avere impatti diversi su indicatori ambientali e nutrizionali (Tabella 3).

Alimento	Carboidrati (di cui zuccheri)	Proteine	Grassi (di cui saturi)	Fibre	Calorie (in kcal)
Pasta al ragù	16 (1.6)	8.4	8 (2.2)	1.2	168
Fettina di carne	0 (0)	21.4	3.7 (1.3)	0	119
Patatine fritte	29.9 (0.6)	3.9	6.7 (0.2)	2.2	192
Totale menu 1	45.9 (2.2) [38%]	33.7 [27.5%]	18.4 (3.7) [34.5%]	3.4	479
Passato di verdure	7.3 (1.6)	1.6	0.6 (0)	1.8	45
Tortino di ceci e porri	12.8 (1.9)	5.6	3,8 (0.5)	2.8	113
Peperonata con patate	8.6 (4.6)	1.2	1.4 (0)	1.6	53
Totale menu 2	28.7 (8.1) [58%]	8.4 [16.5 %]	5.8 (0.5) [25.5%]	6.2	211

Tabella 3. Valori nutrizionali espressi in g per 100 g di prodotto crudo. Fonte: <https://www.alimentinutrizione.it/sezioni/tabelle-nutrizionali>

➤ *Unità funzionale*

È la descrizione quantitativa dei prodotti analizzati che ha permesso la comparazione di differenti sistemi di produzione. Sono state selezionate due unità funzionali (menu 1 e menu 2), all'interno dello stesso sistema di produzione.

Sono stati analizzati due menu per le seguenti ragioni e modalità:

- Pasti completi (primo, secondo e contorno) nominati menu 1 e menu 2, uno a prevalenza di ingredienti di origine animale (risultato il più consumato dagli utenti sulla base delle rilevazioni effettuate dai registri di cassa nello stesso periodo dell'anno precedente) e uno con soli ingredienti di origine vegetale (selezionato dal nutrizionista e sulla base dei dati tabellari CREA dalla gamma di pasti presentati nel periodo di rilevazione);
- 1 kg di ciascun piatto dei menu analizzati, in proporzione alle porzioni indicate della mensa (Tabella 4);

	Primo (g)	Secondo (g)	Contorno (g)	Totale (g)
Menu 1	280	120	135	535
Menu 2	302	185	187	664
Menu 1 per kg	523	224	253	1 000
Menu 2 per kg	445	275	280	1 000

Tabella 4. Porzioni reali fornite dalla direzione della ristorazione della mensa e porzioni adattate per la quantità di riferimento dell'unità funzionale.

- (c) pasti serviti a utenti della mensa universitaria per sei mesi che coprono il periodo autunnale-invernale;
- (d) prossimità e facilità di accesso del setting di rilevazione sito in Firenze (nella mensa universitaria Piero Calamandrei);
- (e) in un contesto con distribuzione di 2 milioni di pasti annui (dati pre-pandemia).

L'analisi è stata effettuata utilizzando dati acquisiti in due dei tre anni di dottorato (2020-2022), durante i quali sono stati raccolti, periodo pandemico acuto escluso, dati relativi ai prodotti, alle loro origini, ai chilometri percorsi e alla catena di produzione e distribuzione della mensa universitaria. Tutti questi elementi sono stati presi in considerazione nella valutazione delle unità funzionali.

➤ *Flusso di riferimento*

1 kg di menu 1 (in base alla preferenza degli utenti); 1 kg menu 2 (selezionato dal nutrizionista e sulla base delle tabelle nutrizionali CREA).

➤ *Framework di modellazione LCA*

Il framework di modellazione utilizzato per questo studio è quello di tipo attributivo, ovvero basato sui valori effettivi di dati medi o generici.

➤ *Analisi del Sistema di prodotto*

Il sistema di prodotto, ovvero l'insieme dei singoli processi che portano alla realizzazione del pasto partendo dall'estrazione delle materie prime, per entrambi i menu, è illustrato in figura 24.

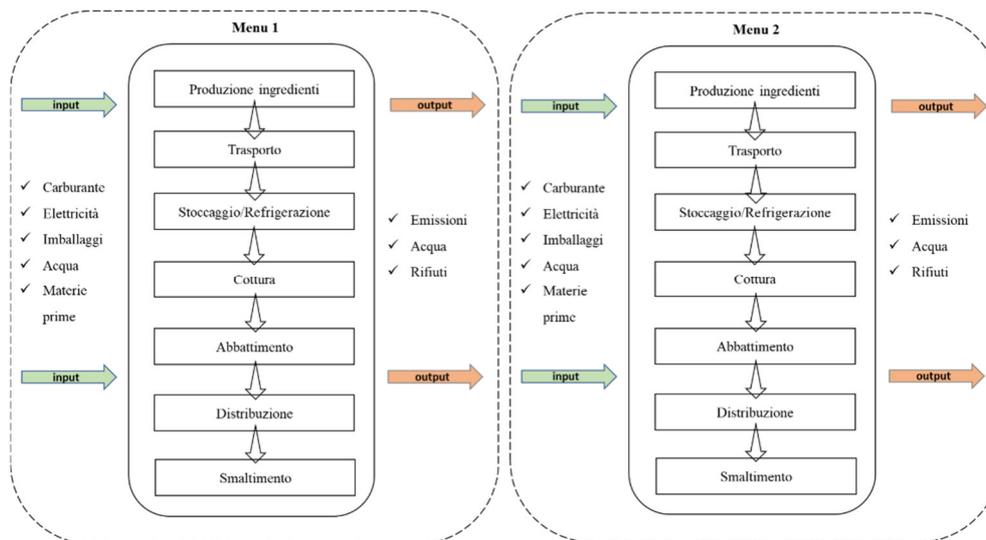


Figura 24. Sistema di prodotto dei menu 1 e menu 2. Modificato. Tratto da: Verdi et al (2022)

Sia nel caso del menu 1 che nel caso del menu 2, i processi unitari sono sostanzialmente gli stessi. I flussi elementari e di prodotti in entrata sono le materie prime, i combustibili per le macchine agricole e per il trasporto, l'energia elettrica per l'estrazione, la pre-lavorazione e la trasformazione di materie prime, l'acqua utilizzata in ogni fase della produzione e della lavorazione e gli imballaggi. I flussi elementari in uscita riguardano le emissioni in aria, in acqua e nel suolo (radiazioni comprese) delle sostanze derivanti dall'utilizzo/trasformazione di energia, acqua e cibo.

➤ *Confini di sistema*

Nei moderni sistemi alimentari, le prime fasi del ciclo di vita sono la produzione e il trasporto delle materie prime.

I confini di sistema, come riportato in figura 25, definiscono i limiti dei processi dei prodotti da analizzare, incluso l'insieme di componenti (acqua, utilizzo del suolo, sostanze di sintesi) per la realizzazione delle materie prime, il loro trasporto (con relativo consumo di carburante diesel per km percorsi tra i diversi centri di deposito) presso i centri di smistamento e poi di stoccaggio (con i consumi energetici dei frigoriferi, dei congelatori e degli abbattitori) e produzione (energia

richiesta per la cottura, l'abbattimento degli alimenti e l'acqua utilizzata), fino alla distribuzione (utilizzo di acqua e energia per tenere a temperatura i contenitori gastronomici contenenti i pasti).

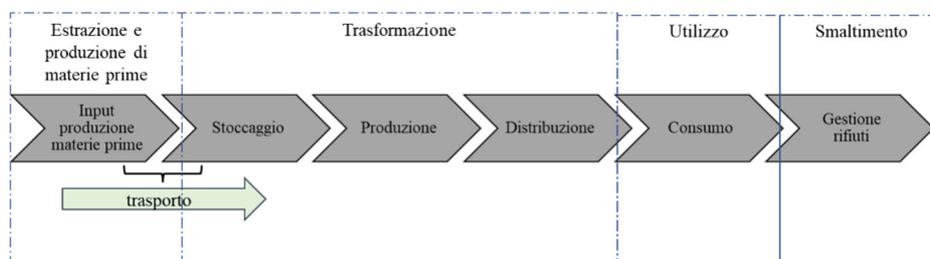


Figura 25. I confini di sistema per le fasi della produzione alimentare dei menu oggetto di studio.

➤ *Selezione categorie di impatto*

Nella tabella 5, le categorie di impatto selezionate per la valutazione ambientale dei menu oggetto di indagine di questo studio incluse nell'inventario e, successivamente, nella valutazione di impatto.

Categorie di impatto	Indicatore	Unità	Descrizione	Metodo di riferimento	
Cambiamento climatico (definito nel metodo utilizzato global warming)	Aumento forzante radioattivo infrarosso.	kg CO ₂ -eq	Indicatore di potenziale surriscaldamento globale a causa delle emissioni di gas serra nell'aria. È diviso in 3 sottocategorie in base alle fonti di emissioni: Fonti fossili, Risorse naturali, Cambiamento nell'utilizzo del suolo.	ReCiPe 2016 Midpoint (H) incluso nel pacchetto openLCA methods 2.1.1	
Eutrofizzazione	Acqua dolce	Aumento del fosforo nelle acque dolci.	kg P-eq	Indicatore dell'arricchimento dell'ecosistema delle acque dolci con elementi nutritivi, dovuto all'immissione nei corpi idrici di composti contenenti azoto o fosforo	“
	Marina	Incremento azoto inorganico disciolto in ambiente acquatico marino.	kg N-eq	Indicatore dell'arricchimento dell'ecosistema marino con elementi nutritivi, dovuto all'immissione di composti contenenti azoto.	“
Deplezione dell'ozono stratosferico	Diminuzione dell'ozono stratosferico	kg CFC11-eq	Indicatore di emissioni in atmosfera che causano la distruzione dello strato di ozono della stratosfera.	“	
Formazione di ossidanti fotochimici per l'ecosistema terrestre e la salute umana	Incremento dell'ozono troposferico	kg NO _x eq	Formazione di aerosol atmosferico che aventi impatti negativi sulla	“	

Acidificazione terrestre	Incremento dei protoni nei suoli naturali.	kg SO ₂ eq	salute dell'uomo e sulla vegetazione. Indicatore della potenziale acidificazione del terreno e dell'acqua dovuto al rilascio di gas come ossidi azotati e ossidi solforati.	“
Tossicità cancro correlata e cancro indipendente	Rischio di incremento dell'incidenza di malattie tumorali e non tumorali.	kg 1,4-DCB	Impatto sugli esseri umani di sostanze tossiche immesse nell'ambiente che possono o meno correlarsi a sviluppo tumorale.	“
Ecotossicità terrestre	Aumento ponderato del rischio nei suoli naturali.	kg 1,4-DCB	Impatto sugli organismi terrestri di sostanze tossiche emesse nell'ambiente.	“
Ecotossicità marina	Aumento ponderato del rischio nelle acque salate.	kg 1,4-DCB	Impatto sugli organismi acquatici marini di sostanze tossiche emesse nell'ambiente.	“
Ecotossicità di acqua dolce	Aumento ponderato del rischio nelle acque dolci.	kg 1,4-DCB	Impatto su organismi acquatici non marini di sostanze tossiche emesse nell'ambiente.	“
Consumo di acqua dolce	Aumento nell'utilizzo di acqua.	m ³	Indicatore della quota relativa di acqua usata, basata sui fattori di scarsità idrica regionalizzata.	“
Scarsità risorse minerali	Diminuzione del grado minerario.	kg Cu eq	Indicatore di riduzione delle risorse minerarie in seguito a estrazioni.	“
Scarsità risorse fossili	Potere calorifico superiore.	kg oil eq	Indicatore di diminuzione delle risorse fossili in seguito a estrazioni.	“
Consumo del suolo	Occupazione e trasformazione integrata nel tempo.	m ² a crop eq	Misura del cambiamento nella qualità del terreno mediante monitoraggio di produzione biotica, resistenza all'erosione e filtrazione meccanica).	“
Radiazioni ionizzanti	Aumento delle dosi assorbite.	kBq Co-60 eq	Danno alla salute dell'uomo e all'ecosistema a causa di esposizione a radionuclidi.	“
Formazione di particolato	Aumento dell'assunzione di PM 2.5 da parte della popolazione.	kg PM 2.5 eq	Indicatori dell'incidenza potenziale di malattie dovute alle emissioni di particolato	“

Tabella 6. Categorie di impatto, indicatori, unità di misura, descrizione e metodo di riferimento. kg 1,4-DCB: chilogrammo di 1,4-diclorobenzene; kg oil eq: chilogrammo di petrolio equivalente; kg Cu eq: chilogrammo di rame equivalente; kg SO₂ eq: chilogrammo di diossido di zolfo; kg CO₂ eq: chilogrammo di diossido di carbonio; kg NO_x eq: chilogrammo della somma di monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO₂); kg PM 2.5 eq: chilogrammo di particolato con diametro 2.5 micron; chilobecquerel (unità di misura relativa all'attività dell'isotopo radioattivo di Cobalto); m³: metri cubi; chilogrammo di triclorofluorometano, o freon-11; kg CFC11 eq: kg P eq: chilogrammo di fosforo equivalente; m²a crop eq: metro quadrato di terreno destinato al raccolto di un anno; kg N eq: chilo di azoto equivalente.

Software utilizzato per l'LCA

In questo studio, è stato utilizzato il software open source openLCA, sviluppato da GreenDelta (Berlino) nel 2006. La versione usata per questo studio è la 1.11.0 (per Windows 64 bit) e spiega la modellazione di flussi, processi e sistemi di prodotti per quantificare gli impatti ambientali di sistemi e progetti di prodotti (GreenDelta, 2022). Avendo operato con un software gratuito, i database di riferimento da

utilizzare sia per l'inventario che per l'analisi di impatto erano limitati, ma comunque funzionali allo scopo.

I dati primari dell'inventario potevano essere ottenuti da uno o più database presenti sul sito *nexus.openlca.org*. Il database selezionato per il tipo l'analisi di inventario, per l'unità funzionale scelta e per la regionalizzazione dei dati presenti è stato Agribalyse v301_27052021.

Il database è stato selezionato anche in base alla posizione dei set di dati forniti in diversi file data in Nexus sulla mappa del planisfero (*nexus.openlca.org/map*). La mappa è stata sviluppata da GreenDelta in un progetto sponsorizzato da United Nations Environment Programme (UNEP) (UNEP, 2022) e SETAC (SETAC, 2018). La qualità dei dati fa riferimento all'International Reference Life Cycle Data System (ILCD) (EPLCA, 2012).

Nella figura 26 sono, invece, riportate le categorie midpoint, i possibili bersagli del danno e le classi di endpoint considerati all'interno del metodo di riferimento per l'analisi di impatto ReCiPe 2016 Midpoint (H) (Huijbregts et al., 2017) contenuto nel pacchetto del metodo di valutazione di impatto openLCA LCIA methods v.2.0.5.

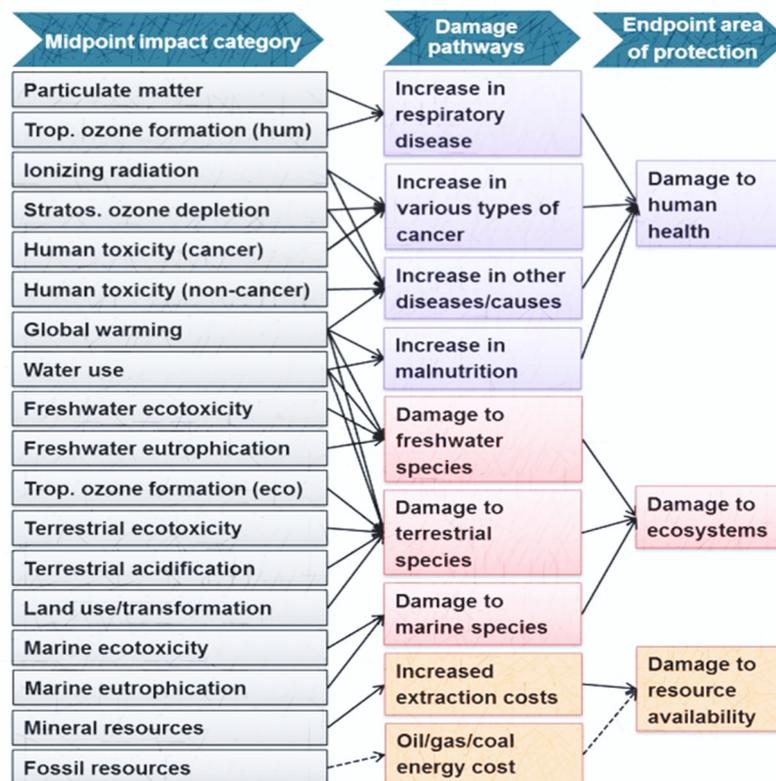


Figura 26. Panoramica delle categorie di impatto coperte dalla metodologia ReCiPe 2016 e il loro legame con le aree di protezione. Modificata. Fonte: ReCiPe 2016 v1.1 A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. RIVM Report 2016-0104a.

II. Analisi di inventario

Sono stati considerati gli input delle materie prime, il trasporto e le modalità di produzione dei piatti. Non sono stati inclusi nelle analisi, nei menu presi in esame, ingredienti presenti in quantità pari o inferiori all'1% del prodotto finito, come ad esempio il sale o il pepe.

Passaggi eseguiti nella fase di inventario.

È stato creato un database, assegnato ad esso un nome (nel nostro caso, "Mensa_DSU") e sono stati inseriti i dati di riferimento completi. In automatico, è stato prodotto un elenco con i seguenti item:

progetti, sistemi di prodotto, processi, flussi, indicatori e parametri, dati di riferimento.

Una volta importati i database, si ottiene il pannello in figura 27.



Figura 27. Pannello principale del software openLCA v1.11.0 per la creazione di processi, flussi e sistemi di prodotto.

Una volta ottenuta la schermata in figura 27, si procede come indicato nella seguente flow-chart (figura 28).

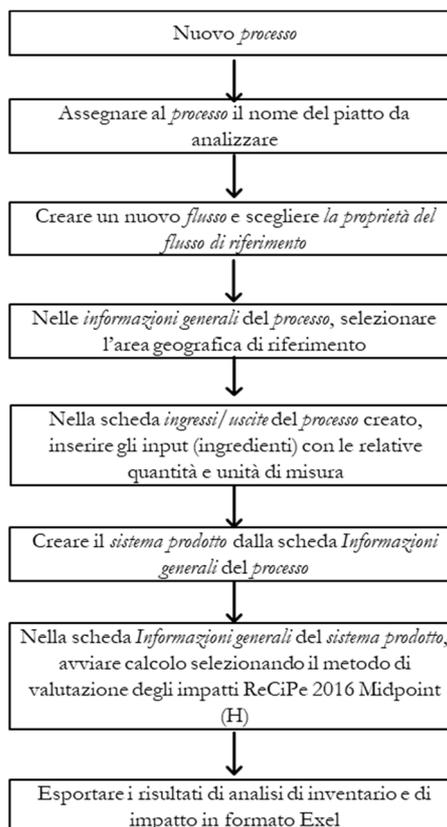


Figura 28. Flow-chart operativa dalla creazione del processo all'analisi di impatto dell'unità funzionale per il software openLCA v 1.11.0

La prima fase, quindi, è costruire un vero e proprio inventario con tutti gli ingredienti (flussi), le unità di misura, le quantità previste in ogni ricetta. Di seguito (tabella 6), gli input per ogni piatto di ogni menu:

Denominazione piatto	Composizione piatto	Ingredienti	Quantità ricetta	Unità di misura
Pasta al ragù	Pasta	Pasta	0.200	kg
	Ragù	Fondo sedano, carota e cipolla	0.080	kg
		Olio di oliva		L
		Polpa di pomodoro		kg
		Doppio concentrato di pomodoro		kg
		Acqua corrente		L
Fettina di manzo alla piastra	Fettina di bovino adulto		0.100	kg
	Limoni		0.020	kg
	Olio di oliva		0.002	L
Patatine fritte	Patate a bastoncino prefritte surgelate		0.130	kg
	Olio di semi di arachide		0.005	L
Passato di verdure	Passato di verdure	Verdure miste per minestrone	0.140	kg
		Cipolla dorata	0.013	kg
		Olio di oliva	0.007	L
		Acqua corrente	0.120	L
	Crostini	Pane preaffettato a filoni	0.020	kg
Tortino di ceci e porri	Farinata di ceci	Farina di ceci	0.040	kg
		Olio di semi di arachide	0.005	L
		Acqua corrente	0.100	
	Porri	Porri	0.040	kg
Peperonata con patate	Peperoni	Peperoni a falde surgelati	0.100	kg
		Cipolla dorata	0.010	kg
		Polpa di pomodoro in bag box	0.025	kg
	Patate	Patate a cubo surgelate	0.050	kg
		Olio di oliva	0.002	L

Tabella 6. Ingredienti dei piatti oggetto di indagine inseriti come unità di processo.

Una volta inserite queste informazioni, è stato creato il sistema di processo per ogni ricetta grazie al quale è stato possibile ottenere un modello grafico, come in figura 29, dove ogni flusso viene esploso con propria catena di approvvigionamento e con tutti gli input/output, dati su trasporti inclusi.

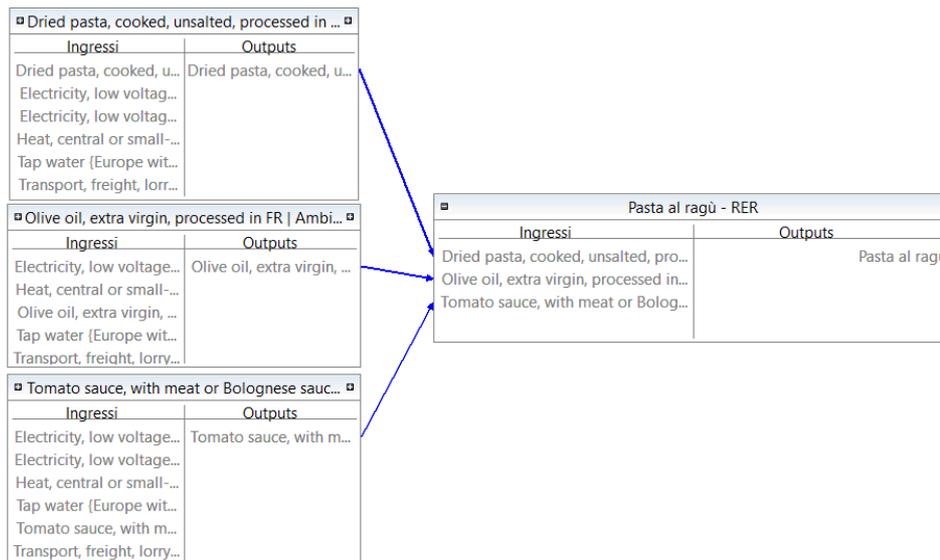


Figura 29. Modello grafico del sistema di prodotto della pasta al ragù. Fonte: openLCA v 1.11.0

III. Valutazione di impatto del ciclo di vita dei prodotti: LCIA

Il primo passaggio effettuato è stato il download della versione più aggiornata del data file utile per la valutazione di impatto avente sempre estensione compatibile con il software LCA. Una volta importato questo data file nel database esistente dove è stato inventariato ciascun piatto, dall'interfaccia del sistema di prodotto, alla scheda "informazioni generali", si clicca il tasto "calcolo". Prima di procedere, è stato chiesto dal software se ci fosse allocazione (nessuna) e di scegliere il metodo di valutazione degli impatti (è stato selezionato ReCipe 2016 Midpoint (H)). Dall'analisi, sono restituiti i valori per ogni categoria di impatto considerata e i 5 maggiori contributtori di ogni singolo flusso per tutti i sottoindicatori delle categorie di impatto. Nella stessa interfaccia, alla scheda "risultati di inventario", sono riportate tutte le quantità richieste delle risorse utilizzate negli input e dei maggiori contributtori di output (emissioni), oltre che della richiesta totale, in termini di massa, di tutti gli elementi di contorno per la produzione dell'output (es. trasporto, conservazione, spesa in termini di energia, fertilizzanti usati, etc.). Nella scheda "analisi dei risultati LCIA", è stato elaborato l'elenco delle categorie con i relativi risultati di impatto e le unità di misura delle stesse. Nella scheda tradotta

erroneamente in “posizioni” nella versione italiana, ma più correttamente indicata come “Location” in inglese, per ogni categoria di impatto è stato possibile verificare la regione del mondo nella quale ogni categoria di impatto ha il suo maggior effetto o peso. Nella scheda “raggruppamento”, è stato possibile effettuare la comparazione dei diversi indicatori creando gruppi con al loro interno i flussi di impatto da mettere a confronto. Nell’ultima scheda, denominata “LCIA check” sono state riportati tutti i flussi, per ogni categoria di impatto, non coperti dal metodo inserito per la valutazione di impatto.

Comparazione LCIA

L’analisi comparativa per i menu proposti è stata effettuata considerando ogni singola ricetta, analizzata per kg di prodotto dal software, e poi adattata alla quantità prevista rispetto agli altri piatti del menu di appartenenza. Questo ha permesso un confronto dei risultati delle categorie di impatto tra i diversi menu. La comparazione non è avvenuta con il software LCA ma, a conclusione delle analisi di impatto, caricando i risultati esportati in un file Excel sul software IBM® SPSS® Statistics 29.

IV. Interpretazione dei risultati

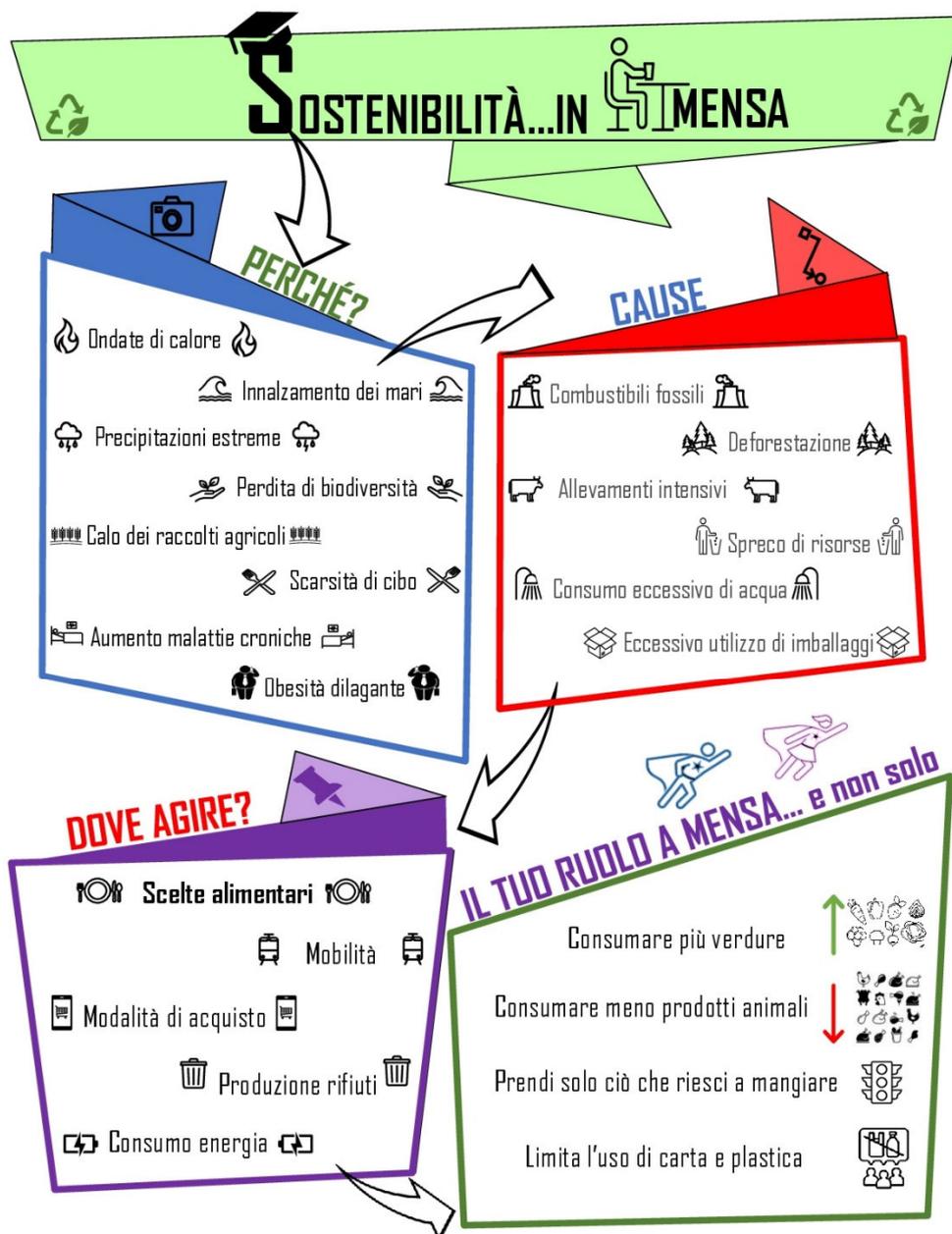
I risultati sia a livello di inventario che per ogni categoria di impatto sono stati analizzati al fine di individuare i punti critici dell’impronta ecologica dei due menu. L’analisi ha dato modo di stabilire l’impatto dei due menu e progettare l’intervento con le etichette informative ambientali. Inoltre, i risultati della valutazione LCA permetteranno di proporre soluzioni per ridurre l’impatto ad ogni punto del processo di produzione, analizzando anche le singole fasi in modo da verificare se in una si osserva una impronta ecologica maggiore rispetto alle altre (ISO, 2022). In questa ultima fase dell’LCA, non sono oggetto di interpretazione solo ciò che è emerso, ma anche i dati non elaborati o mancanti. Infatti, sono stati oggetto di analisi i missing data nei data file dell’analisi di inventario poi utilizzati per l’LCIA, elementi

di input assenti nei data file ma presenti nel contesto di studio, nonché il chilometraggio dei trasporti di ogni singolo ingrediente con relative emissioni di CO₂. Queste informazioni sono state recuperate dai documenti della direzione della ristorazione DSU e analizzate separatamente.

L'intervento

Tra la prima e la seconda rilevazione, è stato completato l'intervento di sensibilizzazione. Questo è stato realizzato successivamente ai risultati ottenuti dal calcolo del MAI e dalla valutazione LCA di impatto ambientale. Sono stati considerati diversi elementi nell'ideazione e nell'applicazione di avvisi informativi all'interno della mensa (impatto visivo, facilità di lettura da parte degli utenti, comprensibilità, essenzialità del messaggio, utilizzo minimo di materiale informativo cartaceo, collocazione informazioni all'interno del refettorio). Alla fine di queste valutazioni, in coprogettazione con il responsabile del servizio ristorazione della mensa Calamandrei, è stato scelto di impostare l'intervento come segue:

- affissione di 8 poster (figura 30) in posti strategici (2 all'ingresso, 2 alle casse e 4 nella sala di consumo pasti) all'interno del refettorio. La prima ipotesi prevedeva tovaglette usa e getta illustranti le infografiche, ma sarebbe stato un rifiuto eccessivo. Quindi, è stato deciso di limitare l'utilizzo di carta affidandosi alla cartellonistica;



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DSS
DIPARTIMENTO DI
SCIENZE DELLA SALUTE



AZIENDA REGIONALE
PER IL DIRITTO ALLO
STUDIO UNIVERSITARIO

Figura 30. Infografica elaborata sulla base di 4 voci principali, oggetto dell'intervento educativo: 1) panoramica su effetti della crisi climatica e delle aberrazioni alimentari; 2) le ragioni che si nascondono dietro a determinati effetti; 3) i punti sui quali poter agire per mitigare gli effetti; 4) il ruolo dell'utente della mensa nelle sue scelte in questo specifico contesto.

- apposizione di etichette riportanti valutazioni di ecosostenibilità e di qualità nutrizionale (sul plexiglass, in corrispondenza del piatto descritto, che separa il sito di distribuzione dall'utente e sul piano antistante le casse – erano tre, al momento dell'intervento) utilizzando immagini semplici e parole destinate solo al nome del

piatto e degli indicatori considerati, sia per i pasti del menu 1 (figura 31) che per quelli del menu 2 (figura 32), elaborati in seguito alle analisi di impatto e al calcolo del MAI;

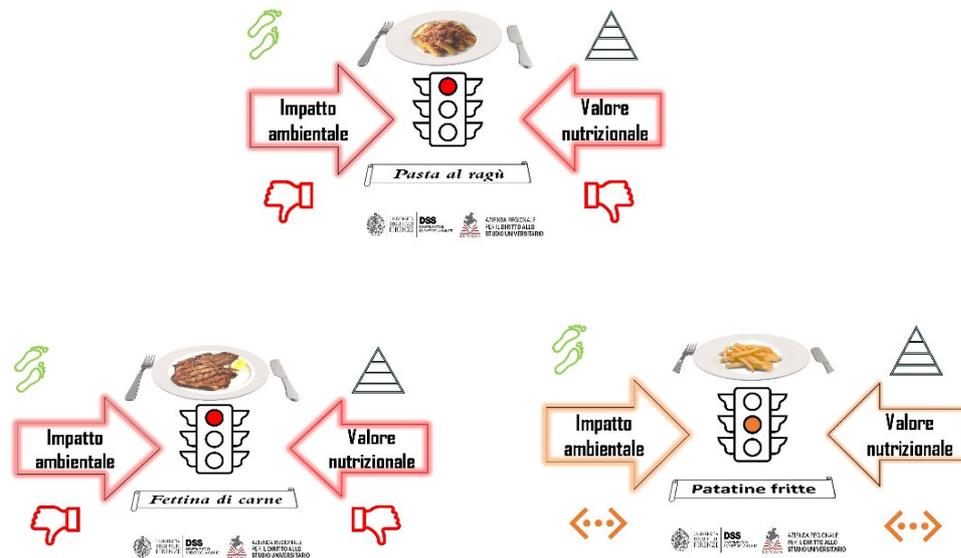


Figura 31. Etichette informative relative all'impatto ambientale e al valore nutrizionale di primo (pasta al ragù), secondo (fettina di carne) e contorno (patatine fritte) del menu 1.

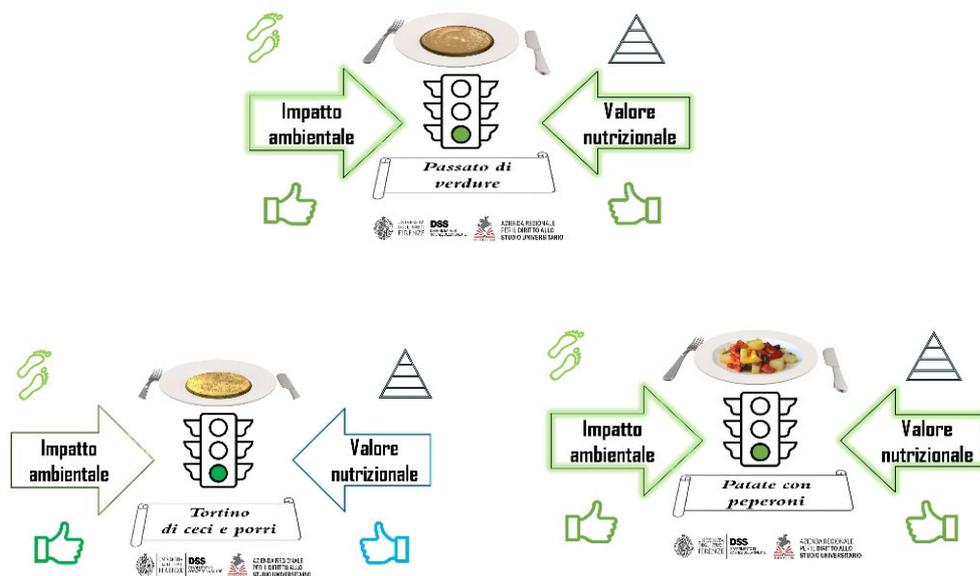


Figura 32. Etichette informative relative all'impatto ambientale e al al valore nutrizionale di primo, secondo e contorno del menu 2.

- video divulgativo autoprodotta (<https://vimeo.com/659898207>), con la collaborazione della piattaforma a impatto sociale DOCTV Italia, proiettato in loop sui 3 schermi presenti all'interno del refettorio nel quale si illustra il legame tra scelte alimentari e cambiamento climatico (script del video in appendice 1). Il video, realizzato per la presentazione di un libro di ricette per la salute dell'uomo e del Pianeta, è stato modificato, eliminando la parte di promozione del libro e lasciando quella che descrive il legame tra cambiamenti climatici e abitudini alimentari.

Analisi statistiche

Sono state effettuate analisi descrittive con frequenza, media e deviazione standard sui dati derivanti dal registro casse per i consumi dei pasti oggetto di indagine. Per rendere i dati di rilevazione dei piatti dei menu omogenei, è stata applicata la normalizzazione. Sono stati utilizzati le tabelle 2x2 e il test del Chi quadrato per stabilire se la presenza di associazioni tra consumi e i due momenti di rilevazione. L'errore di tipo I ($1-\alpha$) è stato impostato a 0.05. Per lo scopo, è stato utilizzato il foglio di calcolo Excel (Pacchetto Microsoft Office 2016). Le differenze tra menu 1 e menu 2 per i dati relativi al trasporto (chilometri percorsi, quantità di diesel utilizzato ed emissioni di CO₂) sono stati analizzati con il test t di Student. Le analisi descrittive della valutazione di impatto sono state elaborate dal software openLCA, descritto in precedenza. I risultati dei due menu derivanti dalle analisi di impatto sono stati analizzati con il software di analisi statistica IBM® SPSS® Statistics 29 utilizzando il test dei ranghi con segno di Wilcoxon a campioni correlati.

CAPITOLO 3

Risultati

3.1. Analisi descrittive

✓ *N° pasti serviti e scarto.*

La media dei pasti serviti nelle giornate di rilevazione è 2 591.6 (\pm 633.5). Una deviazione standard così ampia è dovuta principalmente al giorno di rilevazione del menu 1 avvenuto a

ridosso delle vacanze invernali, quando le lezioni erano parzialmente a distanza e la presenza degli studenti iniziava a ridursi. Complessivamente, il 10.3% degli studenti ha optato per il menu 1 alla rilevazione precedente l'intervento, mentre il menu 2 è stato consumato dall'1.45% di essi. Nella seconda rilevazione, successiva all'intervento, il menu 1 è stato scelto dall'8.11% dell'utenza rispetto al 6.1% della stessa che ha preferito il menu 2.

Nelle giornate di rilevazione pre-intervento, sono stati misurati anche gli scarti relativi ai due menu. È emerso che il menu 1 ha registrato, in termini assoluti e percentuali, lo scarto maggiore con 12.9 kg (8.2% del peso) del menu 1 e 3.1 kg (il 7.6% del peso intero) del menu 2. I numeri dello scarto riflettono la quota di cibo rimasto nel piatto e gettato nell'organico rispetto al totale in kg dei piatti dei due menu registrati nelle giornate di osservazione.

✓ *Consumi energetici dichiarati.*

Sono stati raccolti anche i dati energetici relativi alle attrezzature utilizzate nei passaggi di preparazione dei menu. In totale, sono stati consumati più kW per le pietanze del menu 2 (246.7 kW) che per il menu 1 (116.5 kW). Questa differenza è dovuta principalmente al tortino di ceci e porri che passa da ogni attrezzatura della fase di produzione (refrigerazione, cottura, abbattimento, stoccaggio, distribuzione) e alla peperonata con patate che passa anche in forno, dopo la brasiera. In termini assoluti, è il ragù, per il primo del menu 1, a consumare di più in termini energetici nelle fasi di produzione dove era presente.

✓ *Emissioni CO₂ trasporto.*

Nel menu 1, dalle dichiarazioni di provenienza dei prodotti e dei siti di stoccaggio presso i quali sono transitati, per il trasporto (in totale tra primo, secondo e contorno) è stata coperta una distanza di 26 974.4 Km, con un consumo di carburante diesel di 9 441.04 litri ed emissioni complessive di CO₂ pari a 29 173.64 kg CO₂.

Per il menu 2, è stata registrata una percorrenza totale di 14 740 Km che ha previsto l'impiego di 5 159 litri di diesel per un immissione in atmosfera di 16 354.03 kg CO₂. In tabella 7, è possibile osservare distanza, carburante usato ed emissioni di anidride carbonica per ogni piatto.

<u>Portate menu 1</u>	<u>Ingredienti</u>	<u>Km</u>	<u>Consumo per litro di diesel</u>	<u>Emissioni CO₂</u>
Primo piatto	Pasta secca	927	324.45	1 028.51
	Preparato carne macinata	1130	395,5	1 253.73
	Fondo: sedano, carota, cipolla	3 778	1 322.3	4 191.69
	Sale	1 863	652.05	2 067
	Pepe	403	141.05	447.13
	Vino rosso	403	141.05	447.13
	Olio di oliva	680	238	754.46
	Polpa pomodoro	456.4	159.74	506.38
	Doppio concentrato pomodoro	1 164	407.4	1 291.46
Totale	10 804.4	3 781.54	11 987.48	
Secondo piatto	Fettina di manzo alla piastra	570	199.5	632.41
	Limoni	1 211	423.85	1 343.6
	Sale	1 863	652.05	2 067
	Olio di oliva	680	238	754.46
	Totale	4 324	1 513.4	4 043.02
Contorno	Patate a bastoncino prefritte	9 303	3 256.05	10 321.6785
	Olio di semi di arachide	680	238	754.46
	Sale fino sacchi	1 863	652.05	2 066.9985
	Totale	11 846	4 146.1	13 143.14
Menu 1 completo	TOTALE	26 974.4	9 441.04	29 173.64
<u>Portate menu 2</u>	<u>Ingredienti</u>	<u>Km</u>	<u>Consumo per litro di diesel</u>	<u>Emissioni CO₂</u>
Primo piatto	Verdure miste	4 043	1 415.05	4 485.71
	Pane preaffettato a filoni	75.6	26.46	83.88
	Cipolla dorata	259	90.65	287.36
	Sale	1 863	652.05	2 067
	Olio di oliva	680	238	754.46
	Totale	6 920.6	2 422.21	7 678.41
Secondo piatto	Farina di ceci	637	222.95	706.75
	Porri		0	0
	Sale	1 863	652.05	2 067
	Olio di semi di arachide	680	238	754.46
	Totale	3 180	1 113	3 528.21
Contorno	Peperoni a falde surgelati	695	243.25	771.1
	Patate a cubo surgelate	686	240.1	761.117
	Polpa di pomodoro	456.4	159.74	506.38
	Cipolla dorata	259	90.65	287.36
	Olio di oliva	680	238	754.46
	Sale fino sacchi	1 863	652.05	2 067
	Totale	4 639.4	1 623.79	5 147.41
Menu 2 completo	TOTALE	14 740	5 159	16 354.03

Tabella 7. Dai dati forniti dalla DSU su Paesi di origine degli ingredienti e siti di stoccaggio toccati prima di arrivare alla destinazione finale, è stato possibile calcolare il consumo di carburante e le emissioni di biossido di carbonio grazie ai riferimenti presenti nel documento *Analisi dei fattori di emissione di CO₂ dal settore dei trasporti - Metodo di Riferimento IPCC, modello COPERT ed analisi sperimentali* dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT).

Nel grafico 33, sono riportati i confronti tra le medie delle tre variabili riferite al trasporto.

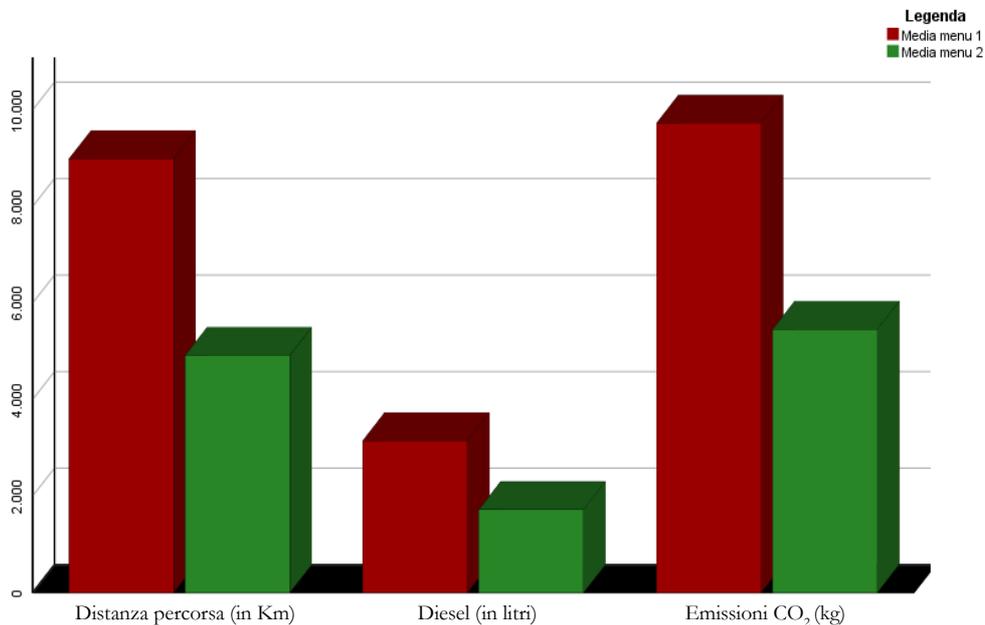


Grafico 33. Comparazione tra menu 1 e menu 2 in termini di Km percorsi, carburante consumato e gas serra emesso per il trasporto dei relativi ingredienti.

3.2 Analisi sostenibilità alimentare.

➤ *Indice di adeguatezza mediterraneo*

La misurazione dell'indice di adeguatezza mediterranea è stata effettuata applicando la formula per gli ingredienti previsti. Per il menu 1, è stato calcolato il rapporto tra % energia degli ingredienti mediterranei / % energia ingredienti non mediterranei che, nel caso specifico ha prodotto il seguente risultato:

$$MAI = \frac{\%en\ pasta + \%en\ patate}{\%en\ ragù + \%en\ fettina\ di\ carne} = 2.18$$

Lo stesso calcolo è stato effettuato per il menu 2, come riportato di seguito.

$$MAI = \frac{\%en\ verdure\ del\ passato + \%en\ ceci + \%porri + \%en\ peperoni + \%en\ patate}{nessun\ alimento} = 100$$

Il valore del menu 2 risente della composizione dei piatti che lo compongono che sono, per intero, costituiti da ingredienti tipici della dieta mediterranea. Il confronto tra i valori risultanti dal calcolo è illustrato nel grafico 34.

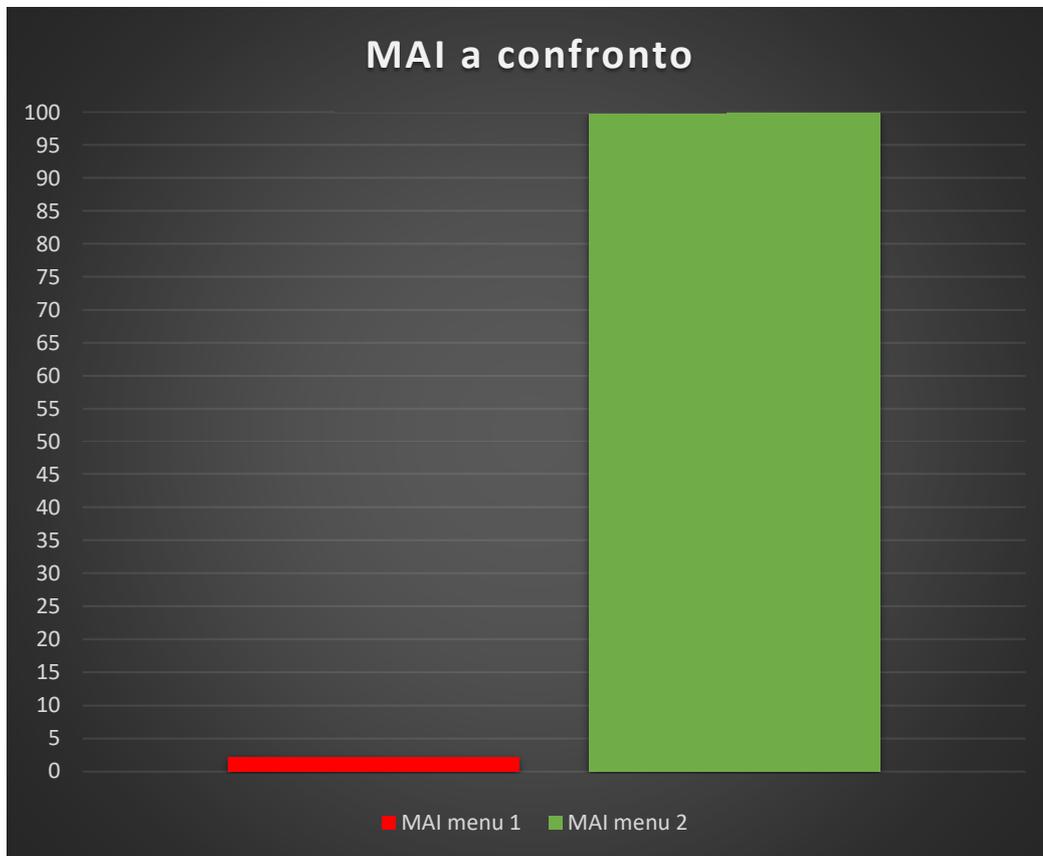


Grafico 34. Grafico a barre rappresentante la differenza degli score dell'indice di adeguatezza mediterraneo calcolati per il menu 1 e il menu 2.

3.3 Analisi di sostenibilità ambientale

➤ *Life Cycle Impact Assessment*

L'analisi di impatto è stata effettuata con il software openLCA utilizzando il metodo di impatto ReCiPe 2016 Midpoint (H). La valutazione è stata eseguita dapprima prendendo come unità funzionale 1 kg di ogni piatto di ogni menu per ogni categoria di impatto, come riportato in tabella 8. Successivamente, è stata estratta l'incidenza su ogni categoria di impatto dei due menu (tabella 9). Come è possibile evincere dalla tabella 8, per tutte le categorie di impatto ambientale, sono principalmente la pasta al ragù e la fettina di carne ad avere un'impronta marcata rispetto alle portate corrispondenti del menu 2. In particolare, la pasta al ragù incide

in modo rilevante su ecotossicità terrestre (5.555 kg 1,4-DCB, ovvero diclorobenzene), surriscaldamento globale (5.506 kg CO₂ eq), consumo del suolo (7.472 m²a crop eq) e tossicità umana non cancerogena (6.551 kg 1,4-DCB). Il menu 2 risulta essere composto da piatti a minor impatto anche dall'analisi LCIA.

PASTI ▶ CATEGORIE DI IMPATTO ▼	PASTA AL RAGU'	PASSATODI VERDURE	Δ (PRIMO1-2)	FETTINADI CARNE	TORTINODI CECI	Δ (SECONDO1-2)	PATATINE FRITTE	PEPERONATA CON PATATE	Δ (CONTORNO1-2)	UNITÀ DI MISURA
Ecotossicità terrestre	5.5552	2.2407	3.3145	13.3192	1.0184	12.3007	2.6357	3.2457	-0.6099	kg 1,4-DCB
Scarsità di risorse fossili	0.4543	0.1095	0.3450	1.0501	0.0765	0.9736	0.1819	0.2035	-0.0216	kg oil eq
Ecotossicità marina	0.0839	0.0223	0.0616	0.1780	0.0097	0.1683	0.0185	0.0225	-0.0041	kg 1,4-DCB
Scarsità di risorse minerarie	0.01631	0.0039	0.0125	0.0882	0.0024	0.0858	0.0053	0.0044	0.0008	kg Cu eq
Acidificazione terrestre	0.0527	0.0024	0.0503	0.2519	0.0025	0.2494	0.0037	0.0025	0.0012	kg SO ₂ eq
Riscaldamento globale	5.5057	0.3399	5.1658	32.3804	0.3813	31.9991	0.6036	0.6218	-0.0181	kg CO ₂ eq
Formazione dell'ozono, Ecosistemi terrestri	0.0082	0.0012	0.0070	0.0332	0.0016	0.0316	0.0018	0.0018	0.0000	kg NOx eq
Formazione di particolato fine	0.0082	0.0006	0.0076	0.0365	0.0007	0.0358	0.0010	0.0009	0.0001	kg PM2.5 eq
Ecotossicità dell'acqua dolce	0.0687	0.0355	0.0332	0.1416	0.0137	0.1280	0.0220	0.0241	-0.0021	kg 1,4-DCB
Radiazione ionizzante	0.5193	0.0831	0.4363	0.8254	0.0284	0.7969	0.0450	0.1764	-0.1314	EBq Co-60 eq
Consumo d'acqua	0.0533	0.0536	0.0018	0.1587	0.0163	0.1424	0.0291	0.0321	-0.0031	m ³
Formazione di ozono, salute umana	0.0080	0.0011	0.0069	0.0326	0.0016	0.0311	0.0018	0.0018	0.0000	kg NOx eq
Tossicità cancerogena per l'uomo	0.0587	0.0088	0.0499	0.1333	0.0062	0.1291	0.0138	0.0197	-0.0059	kg 1,4-DCB
Impoverimento dell'ozono stratosferico	3.51E-05	2.19E-06	0.0000	0.0002	0.0000	0.0002	0.2542	0.2953	-0.0411	kg CFC11 eq
Eutrofizzazione delle acque dolci	0.0008	0.0001	0.0007	0.0019	0.0002	0.0016	0.0002	0.0001	0.0000	kg P eq
Uso del suolo	7.4718	0.9268	6.5450	32.3358	1.9992	30.3367	1.0374	0.2635	0.7739	m ² a crop eq
Tossicità umana non cancerogena	6.5508	0.3910	6.1599	28.4143	0.0062	28.4082	0.6729	0.6541	0.0188	kg 1,4-DCB
Eutrofizzazione marina	0.0059	0.0007	0.0052	0.0206	0.0025	0.0181	0.0008	0.0006	0.0003	kg N eq

Tabella 8. Risultati analisi di impatto per le categorie relative inerenti a 1 kg di ciascun piatto dei menu selezionati. Sono state affiancate le singole portate di ogni menu con la differenza nei valori di ciascun impatto. In verde, i valori a più basso impatto per la categoria relativa. In arancione, i valori superiori ai corrispettivi della portata di confronto. In rosso, i valori considerevolmente più elevati rispetto ai corrispondenti della portata di confronto in termini assoluti.

Categorie di impatto	1 kg menu 1	1 kg menu 2	Unità di misura
Ecotossicità terrestre	7.1700	2.1683	kg 1,4-DCB
Scarsità di risorse fossili	0.5622	0.1298	kg oil eq
Ecotossicità marina	0.0934	0.0181	kg 1,4-DCB
Scarsità di risorse minerarie	0.0366	0.0036	kg Cu eq
Acidificazione terrestre	0.1028	0.0025	kg SO ₂ eq
Il riscaldamento globale	12.8299	0.4477	kg CO ₂ eq
Formazione dell'ozono, Ecosistemi terrestri	0.0144	0.0015	kg NO _x eq
Formazione di particolato fine	0.0152	0.0007	kg PM _{2,5} eq
Ecotossicità dell'acqua dolce	0.0774	0.0244	kg 1,4-DCB
Radiazione ionizzante	0.4632	0.0960	kBq Co-60 eq
Consumo d'acqua	0.0810	0.0340	m ³
Formazione di ozono, salute umana	0.0141	0.0015	kg NO _x eq
Tossicità cancerogena per l'uomo	0.0693	0.0115	kg 1,4-DCB
Impoverimento dell'ozono stratosferico	0.0848	0.0984	kg CFC11 eq
Eutrofizzazione delle acque dolci	0.0009	0.0002	kg P eq
Uso del suolo	13.6150	1.0632	m ² a crop eq
Tossicità umana non cancerogena	11.8793	0.3504	kg 1,4-DCB
Eutrofizzazione marina	0.0091	0.0013	kg N eq

Tabella 9. Menu 1 e menu 2 a confronto per le categorie di impatto per 1 kg di prodotto.

Nei grafico 35 , è possibile osservare gli impatti, in termini quantitativi, dei due menu su ogni categoria di impatto.

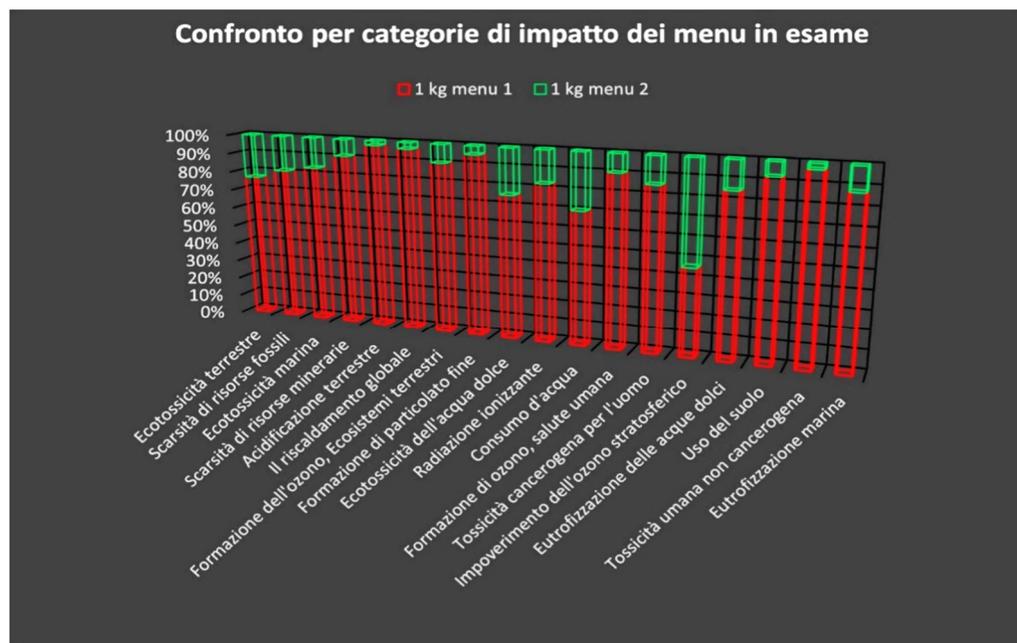


Figura 35. Grafico a colonne. Impatto, per ogni categoria analizzata, dei menu 1 (in rosso) e 2 (in verde).

La differenza tra i valori del menu 1 rispetto a quelli del menu 2 per le categorie di impatto analizzate è risultato statisticamente significativo per kg di menu considerati ($p < 0.001$). L'unica portata del menu 1 che non ha registrato una differenza statisticamente significativa ($p = 0.199$) rispetto al corrispettivo del menu 2 è il contorno.

3.4 Variazioni pre- e post-intervento

Una ulteriore valutazione effettuata in questo studio è stata la rilevazione pre e post-intervento educativo relativa alla scelta degli utenti dei piatti collegati ai menu oggetto di indagine. Il consumo complessivo del menu 1 passa da 808 (10.36%) a 633 (8.12%) pasti selezionati dagli utenti dopo l'intervento. Esiste una associazione tra momento di rilevazione e frequenze di consumo; pertanto, la differenza è statisticamente significativa ($p < 0.0001$). Il menu 2 passa da 113 unità (1.45%) a 476 (6.1%) con una differenza statisticamente significativa ($p < 0.0001$). Esplorando le scelte dei singoli piatti, partendo dal menu 1, si osserva una riduzione nella selezione della pasta al ragù tra pre e post (da 13.4% a 9.6%) e delle patatine fritte (dal 12.5% a 6.2%), entrambe statisticamente significative ($p < 0.001$). Solo il consumo della fettina di carne di manzo aumenta, significativamente ($p < 0.001$), da 5.15% a 8.5% dei piatti consumati complessivamente per quella giornata di rilevazione. Nel caso del menu 2, invece, stringendo il focus su ogni portata, si assiste all'incremento di tutti i piatti, con il passato di verdura che passa dal 1.8% al 6.3%, il tortino di ceci e porri dal 2.5% a 3.6% e la peperonata con patate che passa da 0 a 8.8%, con una differenza statisticamente significativa ($p < 0.001$), nonostante la forte concorrenza di piatti molto graditi dagli utenti presenti nelle giornate di rilevazione post-intervento.

CAPITOLO 4

Discussioni

I risultati ottenuti da questo lavoro di tesi si sono rivelati in linea con le ipotesi alternative di ricerca elaborate in fase di ideazione del progetto. Il quesito riguardante il fatto che sia possibile o meno misurare la sostenibilità alimentare e ambientale, mediante approcci combinati, all'interno di un contesto di ristorazione collettiva come la mensa universitaria, ha avuto una risposta positiva: esistono misurazioni standardizzabili che consentono, sia pure con approssimazioni e limiti, di valutare tali parametri nella ristorazione di servizio. Per raggiungere questo traguardo, è stato necessario raccogliere, innanzitutto, dati relativi ai consumi da parte degli utenti in due momenti diversi, per comprendere e valutare l'efficacia di un intervento educativo e di potenziale cambiamento dell'offerta alimentare su un'utenza costituita da giovani adulti altamente alfabetizzati.

4.1 *Pasti consumati in seguito a interventi*

Nel caso descritto in questa sede, non è stato somministrato un questionario soggettivo per osservare le frequenze di consumo, come nello studio di *Hilger et al.* (Hilger et al., 2017), dove sono stati raccolti anche dati sociodemografici. Nel selezionare i due menu da comparare, è stato scelto di affidarsi direttamente ad una fonte oggettiva come i registri di cassa della mensa universitaria dove lo studio è stato svolto. Questo ha permesso di ottenere delle informazioni misurabili e comparabili, sia alla baseline che dopo l'intervento proposto. La metodologia utilizzata, almeno per questa valutazione, ricalca il disegno di studio *Schneider et al.* (Schneider et al., 2021), pubblicato nel 2021, nel quale, però, si rilevavano i consumi, prima e dopo l'intervento, solo di frutta e verdura, con un intervento che non ha sortito gli effetti ipotizzati. L'intervento, nel lavoro di *Schneider et al.* (Schneider et al., 2021), consisteva nel fornire informazioni su come comporre un menu sano con informazioni online, poster e volantini. La medesima modalità, con gruppo intervento e gruppo controllo, è stata applicata nel lavoro di *Cerezo-Prieto e Frutos-Esteban* (Cerezo-Prieto & Frutos-Esteban, 2021). In questo caso, però, dopo l'intervento (con etichette informative relative alle proprietà nutrizionali accompagnate da emoticon), il miglioramento nella qualità della dieta è stato registrato. La modalità di

sensibilizzazione dell'utenza scelta in questo lavoro di tesi ha seguito la stessa ottica ecologica che ha ispirato le valutazioni dei menu, ovvero avvalendoci di requisiti "minimali" e a basso impatto: quattro poster di grandi dimensioni, proiezione di infografiche e video sugli schermi del refettorio, etichette informative applicate in corrispondenza dei piatti che componevano i menu oggetto di indagine. Una ulteriore differenza rispetto ai due studi citati è la numerosità del campione. Nello studio di *Schneider* (Schneider et al., 2021), il campione, tra gruppo controllo e gruppo intervento, era rappresentato da 95 soggetti, nell'altro studio tedesco (Hilger et al., 2017) gli studenti erano 689. In questo lavoro, la popolazione considerata per la rilevazione consisteva anche di docenti e dipendenti della ristorazione in servizio negli uffici dello stesso edificio, anche se in percentuale decisamente trascurabile rispetto alla quota studentesca. Come indicato nello studio di *Czarniecka-Skubina et al.* (Czarniecka-Skubina et al., 2019), una buona parte degli studenti che hanno frequentato le mense universitarie in Polonia sceglievano come piatto preferito le patatine fritte. Anche nel nostro studio, questo piatto è stato molto richiesto e selezionato, soprattutto nella prima rilevazione, rappresentando l'11.8% del totale di piatti totali presenti e il 52.2% tra i contorni a disposizione al momento della registrazione. *Hoefkens et al.* (Hoefkens et al., 2012), nel valutare l'impatto di informazioni nutrizionali situate in prossimità delle casse della mensa sul cambiamento delle abitudini alimentari degli studenti verso piatti più salutari, hanno osservato una variazione positiva. Lo stesso è accaduto anche nel caso descritto in questo lavoro di tesi. Le informazioni nutrizionali sono state, infatti, aggiunte attiguamente alle casse per ottenere una maggior efficacia nel catturare l'attenzione dell'utenza della mensa. Un risultato analogo di cambiamento positivo in seguito all'esposizione a materiale informativo da parte degli studenti universitari che accedono ai locali della mensa è emerso anche nel lavoro di *Guichard et al.* (Guichard et al., 2021). In questo studio, messaggi relativi ad un arricchimento con verdure della propria dieta hanno condotto ad un consumo maggiore di alimenti vegetofrustrariani da parte degli studenti. Il cambiamento da una scelta alimentare non salutare ad una sana passa anche dalla componente edonica del cibo. *Sogari et al.* (Sogari et al., 2022), nel loro esperimento sul grado di accettabilità degli studenti di un burger vegetale (gli studenti non erano stati messi al corrente che non fosse

di carne), hanno ottenuto un riscontro positivo. Nel lavoro di *Hilger-Kolb e Diehl* (Hilger-Kolb & Diehl, 2019) sono state indagate le possibili ragioni dietro l'aderenza a una dieta non salutare da parte degli studenti universitari. Tra le principali barriere emerse, ci sono una mancanza di informazione adeguata sull'argomento e lacune legate alla transizione da uno stile di vita tipicamente occidentale ad uno più salubre. Nell'indagine riportata in questo lavoro di tesi si è assistito ad un aumento, dopo l'intervento, del consumo della fettina di carne. Cercando di indagare sulle ragioni di questo incremento, rispetto alle altre due portate, è emerso che, nel giorno della rilevazione prima dell'intervento, erano presenti sia il pollo che l'arista al forno, i principali "competitor" della fettina di carne. Infatti, tra i secondi, nella rilevazione pre-intervento, la fettina di carne rappresentava il 30.4% delle preferenze. Alla seconda rilevazione, oltre al tacchino, non molto gradito dagli utenti, c'erano solo piatti di pesce. Situazione che ha favorito la scelta della fettina di carne che ha rappresentato, tra i secondi presenti quel giorno, il 45.7%.

4.2 *Sostenibilità alimentare*

Allo stato attuale, non esiste in letteratura uno studio nel quale sia stato proposto il Mediterranean Adequacy Index come strumento di valutazione nutrizionale e di prevenzione del rischio sanitario legato all'alimentazione nel contesto di ristorazione universitaria. Solo uno studio di *Metro et al.* (Metro et al., 2018), svolto in scuole primarie e secondarie in Sicilia, ha evidenziato come bambini in sovrappeso o obesi tendessero a consumare pasti con un punteggio MAI inferiore a quello dei pasti consumati dai bambini normopeso.

4.3 *Scarto*

Per comprendere appieno l'importanza della riduzione del rifiuto organico, una stima effettuata da *Beretta e Hellweg* (Beretta & Hellweg, 2019) ha portato a stimare uno scarto di 108 g/pasto con emissioni evitabili pari a 238 g CO₂-eq/pasto.

In una misurazione dello scarto di una mensa universitaria effettuata da *Aires e colleghi* (Aires et al., 2021) in due mense universitarie portoghesi, lo scarto eccedeva il 10% per i pasti di carne e pesce, ma non per i pasti vegetariani. Anche nella rilevazione riportata in questo lavoro, il

menu a prevalenza di origine animale superava, nel rifiuto, quello vegetale, ma senza superare la soglia del 10%.

La scelta di pasti ad elevato contenuto energetico passa attraverso alcune considerazioni sul setting dello studio qui descritto. Gli studenti universitari, rappresentati nella stragrande maggioranza da una fascia di età 19-27 anni, hanno un fabbisogno energetico piuttosto elevato e questo induce a scegliere un pasto maggiormente calorico, come avviene anche in altre realtà universitarie europee (Martínez Álvarez et al., 2015), con una minor preferenza per frutta, verdura e legumi. Inoltre, è presumibile che non ci sia, sia per mancanza di tempo che di abitudine, la pratica di consumare uno spuntino tra la colazione e il pranzo, determinando un senso di fame elevato nel momento in cui accedono alla mensa. Altro aspetto da monitorare è la presenza di altre etnie, che rispondono ad abitudini e culture alimentari differenti. La mensa setting di studio è adiacente ad una casa dello studente che accoglie circa 500 studenti (DSU TOSCANA, 2022b), che accedono con assiduità al refettorio, una parte dei quali è di nazionalità diversa da quella italiana. In particolar modo, è ipotizzabile che gli studenti di origine africana tendano a scegliere cibi di origine animale più frequentemente dei colleghi italiani. Infine, c'è da considerare anche l'aspetto economico del pasto. Molti studenti, in virtù delle agevolazioni garantite dal diritto allo studio, usufruiscono del pasto gratuito. Questo fattore può portare a riempire il vassoio con più portate anche se non necessarie al soddisfacimento del proprio benessere alimentare, influenzando maggiormente sui volumi di scarto generati. In tale contesto, una soluzione simile a quella adottata dai locali "all you can eat" nei quali se, alla fine del pasto, avanza qualcosa dai piatti l'utente è obbligato a pagare il costo dell'intero menu, o comunque una sorta di tassa per lo scarto, potrebbe rappresentare un intervento volto a mitigare l'effetto di danno che lo spreco/scarto alimentare produce. Un ultimo punto che meriterebbe un'osservazione ulteriore riguarda gli operatori della mensa. Spesso, i piatti eccedono la quantità prevista e indicata sulla scheda prodotto. Cedendo alle richieste di riempire il piatto si può incorrere a contribuire allo scarto. I risultati delle pesate registrate per questo lavoro risentono delle considerazioni appena espresse.

4.4 *Impatto ambientale*

Il presente studio è stato incentrato, parallelamente alla caratterizzazione della sostenibilità alimentare, sulla valutazione della sostenibilità ambientale. Per raggiungere lo scopo, è stato utilizzato l'approccio LCA, con il supporto di un software open access e database fruibili liberamente online, inserendo comunque, tra gli input, ingredienti e quantitativi come indicati dalle schede menu forniti dalla DSU.

Diversi sono gli studi che riportano i cambiamenti nel consumo di varie tipologie di pasti associati all'analisi di impatto ambientale all'interno di varie realtà della ristorazione collettiva (Takacs & Borrion, 2020). Dal 2008 in poi, la pubblicazione di articoli sull'applicazione della metodologia LCA nel settore della ristorazione ha registrato un notevole incremento, soprattutto in Italia che risulta il maggior contributore di evidenze sull'argomento. In generale, Europa e Regno Unito sembrano essere le aree dove si tende maggiormente a utilizzare misure di sostenibilità alimentare. Il Life Cycle Assessment è stato utilizzato a più livelli, dalla produzione di materie prime (anche se non destinate, almeno per lo scopo del lavoro qui descritto, alla ristorazione collettiva esaminata) (Verdi et al., 2022) alle diverse fasi della produzione alimentare (Baldwin et al., 2011), fino alla gestione di spreco/scarto (Lagorio et al., 2018; Sukma et al., 2022; Pinto et al., 2018), argomento, quest'ultimo, indagato dalla maggioranza degli articoli per la misurazione di impatto ambientale anche se il suo contributo all'impronta ecologica è, in realtà, inferiore rispetto agli altri componenti esaminati nel sistema di produzione. I setting di studio maggiormente indagati sono state le mense di istituzioni pubbliche, con quelle universitarie ben rappresentate. Tra gli articoli presenti in letteratura, è emersa una tendenza comune, anche con i risultati ottenuti dall'indagine oggetto di questa tesi, nell'imputare alla produzione alimentare la principale fonte di impatto ambientale per principali categorie di impatto esaminate (riscaldamento globale, consumo del suolo, acidificazione ed eutrofizzazione ed emissione di sostanze inorganiche nell'atmosfera (Baldwin et al., 2011; Mistretta et al., 2019; Cerruti et al., 2017). A seguire, troviamo il trasporto, la trasformazione del cibo e, infine, la gestione dei rifiuti. Quindi, il cambiamento sostanziale che è possibile apportare per andare incontro ad una ristorazione collettiva più sostenibile è

intervenire sulla scelta dei menu, sia da parte dei gestori delle mense – nei loro meccanismi di offerta – che da parte dell’utenza, nei propri comportamenti individuali. Nel primo caso, due sono le strade da poter intraprendere: una riguarda la selezione di fornitori che certifichino elevati standard ambientali delle derrate alimentari destinate alle mense, l’altra è la progettazione di menu con ingredienti a minor impatto (a base vegetale) rispetto a quelli a impatto più elevato (di origine animale) (Takacs & Borrion, 2020). A supporto di quanto affermato, *Cerruti et al* (Cerruti et al., 2017), esaminando e classificando diverse politiche di approvvigionamento sulla base della capacità di ridurre il potenziale di cambiamento climatico, hanno riportato che la strategia che ha avuto maggior incidenza (oltre il 30% di riduzione di emissioni di gas serra) per diminuire l’impatto ambientale è stata la sostituzione di pasti a base di carne con piatti vegetariani o plant-based, differenza rilevata anche nel caso descritto in questo lavoro. Altra riduzione sostanziale dei GHG (> 10%) è stata registrata con l’acquisto di materie prime da colture biologiche rispetto a quelle convenzionali, aspetto però che si scontra con la sostenibilità economica, ovvero i prezzi di mercato delle derrate prodotte secondo tali metodi di coltivazione. L’Unione Europea incentiva la produzione di biologico che, entro il 2030, dovrà arrivare a occupare il 25% dei terreni europei e, in tale prospettiva, propone una serie di incentivi che mirano a favorire la transizione da agricoltura classica (petrolchimica) verso l’agricoltura biologica (EC, 2022). L’adozione, anche in questo senso, di materie prime derivanti da terreni convertiti a biologico, mediante appalti di fornitura elaborati ad hoc, potrebbe produrre un ulteriore significativo decremento dell’impronta ambientale da parte del sistema ristorazione collettiva.

Il presente lavoro ha preso in considerazione come unità funzionale un menu completo di un tipo e un menu completo di un altro. L’analisi di impatto, però, è stata effettuata anche su ogni singolo piatto, inserendo, per ognuno, l’ingrediente riportato dalla scheda ricetta fornita dalla mensa universitaria. In letteratura (Takacs & Borrion, 2020), l’unità funzionale è stata rappresentata, in alcuni casi (Caputo et al., 2017; Vintila, 2012; Wickramasinghe et al., 2016) dagli ingredienti, in altri (De Laurentiis et al., 2019; García-Herrero et al., 2019; Pulkkinen et al., 2016; Saarinen et al., 2012; Sanfilippo et al., 2012; Schaubroeck et al., 2018; Sturtewagen et

al., 2016; Visschers & Siegrist, 2015) da pasti completi. Ciò che emerge unanimemente, sia nel caso degli ingredienti che nel caso di pasti interi, è il grande impatto generato da alimenti di origine animale, rispetto a quelli di origine vegetale, sull'impronta ecologica, per il potenziale di riscaldamento globale e per la domanda cumulativa di energia, con una incidenza sugli indicatori di impatto ambientale circa 10 volte rispetto alle opzioni vegetali (Saxe et al, 2019). Un elemento di dibattito e di miglioramento avanzato da *Takacs e Borrion* (Takacs & Borrion, 2020) nel realizzare studi di questo tipo è stato quello di definire in modo inequivocabile se un pasto è vegetariano oppure vegano. La distinzione è necessaria perché potrebbero essere presi in considerazione risultati con ingredienti di origine animale quando la terminologia potrebbe indicare che questi non siano presenti. Nell'indagine riportata in questo lavoro, i menu sono descritti in modo puntuale sì da poter catalogare il menu 1 come "di origine animale" e il menu 2 come vegano o "totally plant-based". Riferimenti a pasti vegani sono stati riportati anche nei lavori di *Pukkinen e Saarinen* (Pukkinen et al., 2016; Saarinen et al., 2012).

Il legame tra salute e ambiente, quando si parla di alimentazione, è stato universalmente riconosciuto (Mason, 2021).

Nella progettazione di questo lavoro di ricerca, l'idea di fondo è stata quella di far convergere sostenibilità ambientale e alimentare tentando di misurarle entrambe anche in virtù di outcome di salute, considerando l'impatto che l'alimentazione esercita in termini di malattie croniche (Guberti et al., 2021). Una considerazione che hanno portato alla luce anche *Takacs e Borrion* (Takacs e Borrion, 2020) i quali sottolineano come focalizzarsi solo sull'aspetto ambientale degli alimenti possa portare a raccomandazioni incomplete o che necessitano di una integrazione anche sul versante sanitario. Nel caso studio riportato in questo lavoro, come avvenuto anche in altri studi (Wickramasinghe et al., 2016; Schaubroeck et al., 2018; Sturtewagen et al., 2016; Ribal et al., 2016; Benvenuti et al., 2016) la valutazione è stata trattata separatamente, ma parallelamente all'LCA. Solo *De Laurentiis e Saarinen* (De Laurentiis et al., 2019; Saarinen et al., 2012) hanno integrato nell'LCA i due tipi di valutazione. L'esiguità di lavori, in questo senso, è spiegata dalla complessità di questo tipo di approccio.

In genere, le mense possono adottare due strategie per la cottura e la distribuzione dei cibi: produzione e distribuzione in loco, con distanza tra le due fasi ridotta al tempo di preparazione e servizio, oppure sistema differito, con la preparazione separata spazialmente e temporalmente dalla distribuzione. La mensa setting di questo studio adotta il primo sistema descritto. Inoltre, in base a quanto riportato da *Fusi e Light* (Fusi et al., 2016; Light & Walker, 1990), il sistema di “cottura a caldo”, utilizzato nel contesto di ristorazione collettiva ivi considerato, rispetto al sistema di “cottura a freddo”, incide notevolmente meno su eutrofizzazione dell’acqua dolce, deplezione di ozono atmosferico e esaurimento combustibili fossili. Inoltre, un sistema di cottura moderno, con ridotto consumo di acqua, soprattutto per il processo di bollitura, potrebbe avere una ripercussione positiva sull’impronta idrica.

4.6 *Interventi correttivi*

Risulta chiaro, alla luce di quanto emerso da questo studio e da quelli citati in questo capitolo, come il percorso da intraprendere ai fini della sostenibilità complessiva sia già ben delineabile. Per apportare le modifiche necessarie al contesto in cui è stato posto il focus, serve agire su più fronti. Il primo passaggio sarà informare la direzione della ristorazione. Poi, se richiesto e possibile, si potrebbero analizzare tutti i piatti presenti nei menu per avere un quadro completo di impatto. Successivamente, come da manuale LCA, dovrebbero essere informati tutti gli stakeholders, dalla direzione generale dell’azienda per il diritto allo studio universitario, ai fornitori, fino ad arrivare ai dipendenti dell’azienda e, infine all’utenza. Inoltre, dovrebbero essere effettuate riunioni operative per scegliere e applicare la strategia correttiva più adeguata sia per l’aspetto ambientale che per quello alimentare e nutrizionale. Infine, un nuovo monitoraggio dovrebbe essere effettuato per verificare se i cambiamenti apportati sono andati nella direzione auspicata in termini di sostenibilità.

Il risultato raggiunto, ad oggi, consiste nell’incremento, da parte della direzione della ristorazione del 40% di opzioni (pasti) completamente vegetali nell’offerta della mensa setting di studio. Ogni giorno, infatti, sono presenti almeno un primo e un secondo vegano. Un traguardo che rende merito ad una sensibilizzazione effettuata a più livelli e alla volontà da parte della DSU di intraprendere la direzione della sostenibilità.

4.6 *Limiti dello studio*

Lo studio descritto in questo lavoro di tesi, nonostante la presenza di una valutazione standardizzata, presenta dei limiti.

Il punteggio MAI è indice di aderenza alla Dieta Mediterranea, ma l'allocazione di alcuni alimenti nella formula potrebbero generare delle interpretazioni errate dei risultati (es. le patatine fritte sono considerate alimento mediterraneo, in quanto patate senza considerare la modalità di cottura). Inoltre, non c'è molta concordanza nella definizione del cut-off superiore di aderenza piena alla DM, nonostante l'ampia differenza riportata nei risultati di questo studio per i menu analizzati.

Nell'analisi di impatto effettuata, sebbene siano state calcolate tutte le categorie di impatto, non è possibile affermare che i valori ottenuti siano effettivamente quelli reali. Si parla, per questo di stima. Ciò è dovuto anche ad una completezza di dati di riferimento all'interno dei database che può risultare deficitaria. Essendo un sistema che si arricchisce e si perfeziona del contributo di chi lo utilizza, è probabile che tra non molto i risultati delle analisi possano rispecchiare in modo speculare ciò che accade nella realtà.

Un altro possibile limite potrebbe derivare dalle quantità considerate per le analisi. Infatti, sono stati considerati 1 kg di prodotto per ogni menu che, a livello di consumo, non riflette esattamente quello che avviene nella realtà. In particolare, non sono state distribuiti/consumati 240 g di carne, ma solo 120 g.

Impatti verosimili: quanto di ciò che è presente nei database utilizzati, in termini di carico ecologico, è effettivamente applicabile al prodotto considerato?

La modalità di scelta dei menu, ad esempio, non ha permesso di ottenere la valutazione dei due menu in giornate singole, ma è stato necessario valutare i piatti inseriti nei menu in giornate di rilevazioni differenti.

Il calcolo delle emissioni derivanti dal trasporto è stata una integrazione dell'analisi resa necessaria in quanto, dal database interrogato per l'analisi di inventario che ha condotto poi all'analisi di impatto, non erano presenti informazioni così puntuali e dettagliate sui km effettivi percorsi dagli ingredienti che sono andati, poi, a comporre i menu oggetto di studio.

CAPITOLO 5

Conclusioni

Il lavoro qui riportato può essere considerato un primo passo per misurare e migliorare la sostenibilità ambientale e alimentare all'interno della più grande realtà di ristorazione collettiva pubblica del contesto toscano. Spesso, il fattore economico o la mancanza di risorse umane per condurre valutazioni di questo tipo hanno rappresentato fattori limitanti. La raccolta dati, l'intervento, la pesata dello scarto e l'analisi dei dati è avvenuta senza attingere ad alcun fondo pubblico o privato e con sole risorse messe a disposizione dallo stesso contesto universitario. La bontà dei risultati restituisce anche una conferma ulteriore di come, se correttamente sensibilizzati e informati, gli studenti e, più in generale, la popolazione adulta siano in grado di produrre cambiamenti per la loro salute che di quella del Pianeta che ci ospita. La misurazione degli impatti (avvenuta con un approccio standardizzato, riproducibile e quantitativo) è necessaria in ogni contesto dove sia presente un prodotto o un servizio per quantificare il grado di sostenibilità e le possibili soluzioni per una riduzione dell'impatto ambientale. L'unico limite è rappresentato dalla necessità di realizzare scelte appropriate con il consenso dei rappresentanti politici della comunità, consenso non sempre garantito per molte e differenti motivazioni e interessi in gioco, ma il tempo per compiere scelte sensate non è più molto. Siamo già in grave ritardo e le soluzioni da porre in essere sono manifeste e semplici da adottare.

BIBLIOGRAFIA e SITOGRAFIA

Adaptation, 2023. Nature's challenge to man in the era of climate change. Ultimo accesso: 15 dicembre 2022, adaptation.it

Aires, C., Saraiva, C., Fontes, M. C., Moreira, D., Moura-Alves, M., & Gonçalves, C. (2021). Food Waste and Qualitative Evaluation of Menus in Public University Canteens-Challenges and Opportunities. *Foods* (Basel, Switzerland), 10(10), 2325. <https://doi.org/10.3390/foods10102325>

Alberti, A., Fruttini, D., & Fidanza, F. (2009). The Mediterranean Adequacy Index: further confirming results of validity. *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases: NMCD*, 19(1), 61–66. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2007.11.008>

Alberti-Fidanza, A., & Fidanza, F. (2004). Mediterranean Adequacy Index of Italian diets. *Public health nutrition*, 7(7), 937–941. <https://doi.org/10.1079/phn2004557>

Alberti-Fidanza, A., Fidanza, F., Chiuchiù, M. P., Verducci, G., & Fruttini, D. (1999). Dietary studies on two rural Italian population groups of the Seven Countries Study. 3. Trend of food and nutrient intake from 1960 to 1991. *European journal of clinical nutrition*, 53(11), 854–860. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1600865>

ANSA, 2022. Agenzia Nazionale Stampa Associata. Ambiente&Energia. Ultimo accesso: 28 dicembre 2022, ansa.it

APAT, 2003. Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici. Analisi dei fattori di emissione di CO₂ dal settore dei trasporti – Metodo di Riferimento IPCC, modello COPERT ed analisi sperimentali. Rapporti 28/2003 APAT.

Baldwin, C.J., Wilberforce, N., & Kapur, A. (2011). Restaurant and food service life cycle assessment and development of a sustainability standard. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 16, 40-49.

Benvenuti, L., De Santis, A., Santesarti, F., & Tocca, L. (2016). An optimal plan for food consumption with minimal environmental impact: the case of school lunch menus. *Journal of Cleaner Production*, 129, 704-713.

Beretta, C., & Hellweg, S. (2019). Potential environmental benefits from food waste prevention in the food service sector. *Resources, Conservation and Recycling*, 147, 169-178.

Brohan, P., J. J. Kennedy, I. Harris, S. F. B. Tett, & P. D. Jones (2006), Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: A new data set from 1850, *J. Geophys. Res.*, 111, D12106, doi:10.1029/2005JD006548.

Burek, P., Satoh, Y., Fischer, G.W., Kahil, M.T., Scherzer, A., Tramberend, S., Nava, L.F., Wada, Y., Eisner, S., Flörke, M., Hanasaki, N., Magnuszewski, P., Cosgrove, B., & Wiberg, D. (2016). *Water Futures and Solution - Fast Track Initiative (Final Report)*.

Caputo, P., Clementi, M., Ducoli, C., Corsi, S., & Scudo, G. (2017). Food Chain Evaluator, a tool for analyzing the impacts and designing scenarios for the institutional catering in Lombardy (Italy). *Journal of Cleaner Production*, 140, 1014-1026.

Cerezo-Prieto, M., & Frutos-Esteban, F. J. (2021). Hacia rutas saludables: efecto de las etiquetas nutricionales en las conductas alimentarias en un comedor universitario

[Towards healthy pathways: Effect of nutrition labels on eating behaviours in a university canteen]. *Atencion primaria*, 53(5), 102022. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2021.102022>

Cerutti, A.K., Ardente, F., Contu, S.S., Donno, D., & Beccaro, G.L. (2017). Modelling, assessing, and ranking public procurement options for a climate-friendly catering service. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 23, 95-115.

Chapman, D. S., & Davis, M. G. (2010), *Climate Change: Past, Present, and Future*, *Eos Trans. AGU*, 91(37), 325–326, doi:10.1029/2010EO370001

Club of Rome, 1972. *The Limits of Growth*. Ultimo accesso: 27 dicembre 2022, clubofrome.org

Consorzio LaMMA, 2022. Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica ambientale per lo sviluppo sostenibile. Ultimo accesso: 28 dicembre 2022, lamma.rete.toscana.it

CREA, 2019. Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria. TABELLE DI COMPOSIZIONE DEGLI ALIMENTI. Ultimo accesso: 22 novembre 2022, www.alimentinutrizione.it

Czarniecka-Skubina, E., Górska-Warsewicz, H., Laskowski, W., & Jeznach, M. (2019). Consumer Choices and Service Quality in the University Canteens in Warsaw, Poland. *International journal of environmental research and public health*, 16(19), 3699. <https://doi.org/10.3390/ijerph16193699>

da Silva, R., Bach-Faig, A., Raidó Quintana, B., Buckland, G., Vaz de Almeida, M. D., & Serra-Majem, L. (2009). Worldwide variation of adherence to the Mediterranean diet, in 1961-1965 and 2000-2003. *Public health nutrition*, 12(9A), 1676–1684. <https://doi.org/10.1017/S1368980009990541>

Davis, C., Bryan, J., Hodgson, J., & Murphy, K. (2015). Definition of the Mediterranean Diet; a Literature Review. *Nutrients*, 7(11), 9139–9153. <https://doi.org/10.3390/nu7115459>

De Laurentiis, V., Hunt, D.V., Lee, S.E., & Rogers, C.D. (2019). EATS: a life cycle-based decision support tool for local authorities and school caterers. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 24, 1222-1238.

DSU TOSCANA, 2020. Azienda Regionale per il Diritto allo Studio Universitario. I ristoranti universitari. Ultimo accesso: 10 agosto 2022, open.toscana.it

DSU TOSCANA, 2021. Azienda Regionale per il Diritto allo Studio Universitario. Amministrazione trasparente. Ultimo accesso: 17 settembre 2020, open.toscana.it

DSU TOSCANA, 2022a. Azienda Regionale per il Diritto allo Studio Universitario. I menù. Ultimo accesso: 10 ottobre 2021, dsu.toscana.it

DSU TOSCANA, 2022b. Azienda Regionale per il Diritto allo Studio Universitario. Calamandrei e ATER. Ultimo accesso: 10 dicembre 2022, dsu.toscana.it

EC, 2010. European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, (2010). *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance*.

EC, 2022. European Commission. *Agriculture and rural development. The future of organics*. Ultimo accesso: 29 dicembre 2022, agriculture.ec.europa.eu

- EEA, 2017. European Environment Agency. EEA Report No 1/2017. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report, Luxembourg, 419 p. doi: 10.2800/534806. Disponibile online: <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>.
- EEA, 2022a. European Environment Agency. What is the current state of the ozone layer? Ultimo accesso: 28 dicembre 2022, eea.europa.eu
- EEA, 2022b. European Environment Agency. L'ambiente in Europa: Terza valutazione. Ultimo accesso: 28 dicembre 2022, eea.europa.eu
- EPA, 2022a. United States Environmental Protection Agency. Greenhouse Gas Emissions. Ultimo accesso: 28 dicembre 2022, epa.gov
- EPA, 2022b. United States Environmental Protection Agency. Particulate Matter (PM) Pollution. Ultimo accesso: 28 dicembre 2022, epa.gov
- EPLCA, 2012. European Platform on Life Cycle Assessment. ILCED International Life Cycle Data system. Ultimo accesso: 26 dicembre 2022, eplca.jrc.ec.europa.eu
- EU, 2003. European Union. Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento europeo - Politica integrata dei prodotti - Sviluppare il concetto di "ciclo di vita ambientale". Disponibile online: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2003:0302:FIN:IT:PDF>
- FAO, 2011. The Food and Agriculture Organization. Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. Rome.
- FAO, 2014. The Food and Agriculture Organization. Developing sustainable food value chains – Guiding principles. Rome.
- FAO, 2023. The Food and Agriculture Organization. World Soil Day, 5 December. Ultimo accesso: 28 dicembre 2022, fao.org
- FAO & WHO, 2019. Sustainable healthy diets – Guiding principles. Rome.
- Fedacko, J., Takahashi, T., Singh, R. B., Pella, D., Chibisov, S., Hristova, K., ... & Smail, M. M. (2022). Western diets and risk of non-communicable diseases. In *Functional Foods and Nutraceuticals in Metabolic and Non-communicable diseases* (pp. 3-21). Academic Press.
- Fidanza, F., Alberti, A., Lanti, M., & Menotti, A. (2004). Mediterranean Adequacy Index: correlation with 25-year mortality from coronary heart disease in the Seven Countries Study. *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases: NMCD*, 14(5), 254–258. [https://doi.org/10.1016/s0939-4753\(04\)80052-8](https://doi.org/10.1016/s0939-4753(04)80052-8)
- Fusi, A., Guidetti, R., & Azapagic, A. (2016). Evaluation of environmental impacts in the catering sector: the case of pasta. *Journal of Cleaner Production*, 132, 146-160.
- García-Gutierrez, E., & Sayavedra, L. (2022). Diet, microbiota and the gut-brain axis. *Comprehensive gut microbiota*, 69-83.
- García-Herrero, L., De Menna, F., & Vittuari, M. (2019). Food waste at school. The environmental and cost impact of a canteen meal. *Waste management*, 100, 249-258

- GPP MITE, 2017a. Green Public Procurement - Ministero della Transizione Ecologica. CAM - Criteri Ambientali Minimi. Ultimo accesso: 10 marzo 2022, gpp.mite.gov.it
- GPP MITE, 2017b. Green Public Procurement - Ministero della Transizione Ecologica. Piano D'Azione Nazionale sul GPP. Ultimo accesso: 10 marzo 2022, gpp.mite.gov.it
- GreenDelta, 2022. openLCA – the Life Cycle and Sustainability Modeling Suite. Ultimo accesso: 20 dicembre 2022, openlca.org
- GU, 2010. Gazzetta Ufficiale. Serie Generale n. 134 del 11-6-2010. Disponibile online: www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2010/06/11/134/sg/pdf
- Guberti, E., Lorini, C., Cavallo, G., Navacchia, P., Marzocchi, R., & Bonaccorsi, G. (2021). Effects of a behavioural approach on lifestyle habits in a healthy Italian population: a before-after interventional study. *Annali di igiene: medicina preventiva e di comunità*, 33(5), 474–486. <https://doi.org/10.7416/ai.2020.2399>
- Guichard, E., Autin, F., Croizet, J. C., & Jouffre, S. (2021). Increasing vegetables purchase with a descriptive-norm message: A cluster randomized controlled intervention in two university canteens. *Appetite*, 167, 105624. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2021.105624>
- Guinée, J.B. (2002). Handbook on life cycle assessment operational guide to the ISO standards. *Int. J. Life Cycle Assess.* 7, 311–313.
- Haslam, D. W., & James, W. P. (2005). Obesity. *Lancet (London, England)*, 366(9492), 1197–1209. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)67483-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)67483-1)
- Heijungs, R., Huppes, G., & Guinée, J. B. (2010). Life cycle assessment and sustainability analysis of products, materials and technologies. Toward a scientific framework for sustainability life cycle analysis. *Polymer degradation and stability*, 95(3), 422-428.
- Hilger, J., Loerbroks, A., & Diehl, K. (2017). Eating behaviour of university students in Germany: Dietary intake, barriers to healthy eating and changes in eating behaviour since the time of matriculation. *Appetite*, 109, 100–107. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.11.016>
- Hilger-Kolb, J., & Diehl, K. (2019). 'Oh God, I Have to Eat Something, But Where Can I Get Something Quickly?'-A Qualitative Interview Study on Barriers to Healthy Eating among University Students in Germany. *Nutrients*, 11(10), 2440. <https://doi.org/10.3390/nu11102440>
- HLPE, 2014. High Level Panel of Experts. Food losses and waste in the context of sustainable food systems. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome 2014.
- Hoefkens, C., Pieniak, Z., Van Camp, J., & Verbeke, W. (2012). Explaining the effects of a point-of-purchase nutrition-information intervention in university canteens: a structural equation modelling analysis. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 9, 111. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-9-111>
- Huijbregts, M. A., Steinmann, Z. J., Elshout, P. M., Stam, G., Verones, F., Vieira, M., ... & van Zelm, R. (2017). ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(2), 138-147.

- ISO, 2022. International Organization for Standardization. ISO 14040:2006 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework. Ultimo accesso: 15 ottobre 2022, www.iso.org
- ISPRA, 2021. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2021. Ultimo accesso: 28 dicembre 2022, isprambiente.gov.it
- ISS, 2014. Istituto Superiore di Sanità. Radon. Ultimo accesso: 30 dicembre 2022, epicentro.iss.it
- ISSalute, 2020. Istituto Superiore di Sanità. Radiazioni. Ultimo accesso: 30 dicembre 2022, issalute.it
- Kjærgård, B., Land, B., & Bransholm Pedersen, K. (2014). Health and sustainability. *Health promotion international*, 29(3), 558–568. <https://doi.org/10.1093/heapro/das071>
- Klöpfer, W., Grahl, B.: *Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice*. Wiley, London (2014)
- Klüppel, H.J. (2005). The Revision of ISO Standards 14040-3 - ISO 14040: Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework - ISO 14044: Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 10, 165.
- Kosnik, M. B., Hauschild, M. Z., & Fantke, P. (2022). Toward assessing absolute environmental sustainability of chemical pollution. *Environmental science and technology*, 56(8), 4776-4787.
- Lagorio, A., Pinto, R., & Golini, R. (2018). Food waste reduction in school canteens: Evidence from an Italian case. *Journal of Cleaner Production*.
- Legambiente, 2022. Rapporto CittàClima • Legambiente. Ultimo accesso: 15 dicembre 2022, legambiente.it
- Light, N., & Walker, A. (1990). *Cook-chill catering: technology and management*. Springer Science & Business Media.
- Liguori, G. (2015). *Nutrizione e dietologia*. Zanichelli.
- López-Taboada, I., González-Pardo, H., & Conejo, N. M. (2020). Western Diet: Implications for Brain Function and Behavior. *Frontiers in psychology*, 11, 564413. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.564413>
- Martínez-González, M. A., & Sánchez-Villegas, A. (2004). The emerging role of Mediterranean diets in cardiovascular epidemiology: monounsaturated fats, olive oil, red wine or the whole pattern? *European journal of epidemiology*, 19(1), 9–13. <https://doi.org/10.1023/b:ejep.0000013351.60227.7b>
- Martínez Álvarez, J. R., García Alcón, R., Villarino Marín, A., Marrodán Serrano, M. D., & Serrano Morago, L. (2015). Eating habits and preferences among the student population of the Complutense University of Madrid. *Public health nutrition*, 18(14), 2654–2659. <https://doi.org/10.1017/S1368980015000026>
- MASE, 2015. Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. Cos'è la «water footprint». Ultimo accesso: 27 dicembre 2022, mase.gov.it

- MASE, 2020. Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. Green Economy. Ultimo accesso: 15 dicembre 2022, mase.gov.it
- MASE, 2017. Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. L'agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile. Ultimo accesso: 29 dicembre 2022, www.mite.gov.it
- Mason L. (2021). The intrinsic relationship between food, health, and the environment. *Perspectives in public health*, 141(6), 309–310. <https://doi.org/10.1177/17579139211051262>
- Mazza, E., Fava, A., Ferro, Y., Rotundo, S., Romeo, S., Bosco, D., Pujia, A., & Montalcini, T. (2018). Effect of the replacement of dietary vegetable oils with a low dose of extravirgin olive oil in the Mediterranean Diet on cognitive functions in the elderly. *Journal of translational medicine*, 16(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s12967-018-1386-x>
- Menotti, A., Alberti-Fidanza, A., & Fidanza, F. (2012). The association of the Mediterranean Adequacy Index with fatal coronary events in an Italian middle-aged male population followed for 40 years. *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases: NMCD*, 22(4), 369–375. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2010.08.002>
- Menotti, A., & Puddu, P. E. (2020). Mediterranean adequacy index: Features and applications. In *The Mediterranean Diet* (pp. 111-117). Academic Press
- Mentella, M. C., Scaldaferrì, F., Ricci, C., Gasbarrini, A., & Miggiano, G. A. D. (2019). Cancer and Mediterranean Diet: A Review. *Nutrients*, 11(9), 2059. <https://doi.org/10.3390/nu11092059>
- Metro, D., Tardugno, R., Papa, M., Bisignano, C., Manasseri, L., Calabrese, G., Gervasi, T., Dugo, G., & Cicero, N. (2018). Adherence to the Mediterranean diet in a Sicilian student population. *Natural product research*, 32(15), 1775–1781. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1402317>
- Meyer, A., Bresson, H., Gorodetskaya, I., Harris, R., & Perkins-Kirkpatrick, S. (2022) Extreme Climate and Weather Events in a Warmer World. *Frontiers for Young Minds*, 10:682759. doi: 10.3389/frym.2022.682759
- Michael, Z. H., Ralph, K. R., & Stig, I. O. (2018). *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*.
- Ministero della Salute, 2021. Linee di indirizzo nazionale per la ristorazione collettiva. Disponibile online: https://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_3141_allegato.pdf
- Mistretta, M., Caputo, P., Cellura, M., & Cusenza, M. A. (2019). Energy and environmental life cycle assessment of an institutional catering service: An Italian case study. *The Science of the total environment*, 657, 1150–1160. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.131>
- NASA, 2022. National Aeronautics and Space Administration. Understanding our planet to benefit humankind. Ultimo accesso: 28 dicembre 2022, climate.nasa.gov
- Nash, A., & Nicol A.M. (2022). Climate change in the Arctic and radon gas: a rising threat from the ground up. Vancouver, BC: National Collaborating Centre for Environmental Health. Disponibile online: <https://nccch.ca/content/blog/climate-change-arctic-and-radon-gas-rising-threat-ground>
- NIH, 2022. National Cancer Institute at the National Institutes of Health. About Cancer. Ultimo accesso: 30 dicembre 2022, cancer.gov

- NOAA, 2022a. National Oceanic and Atmospheric Administration. Past Climate. Ultimo accesso: 20 dicembre 2022, climate.gov
- NOAA, 2022b. National Oceanic and Atmospheric Administration. Global Monitoring Laboratory Earth System Research Laboratories. Ultimo accesso: 28 dicembre 2022, gml.noaa.gov
- NOAA, 2023. National Oceanic and Atmospheric Administration. What is eutrophication? Ultimo accesso: 31 dicembre 2022, oceanservice.noaa.gov
- Oginah, S. A., Posthuma, L., Maltby, L., Hauschild, M., & Fantke, P. (2022). Linking freshwater ecotoxicity to damage on ecosystem services in life cycle assessment. *Environment international*, 171, 107705. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107705>
- Our World in Data, 2022. Ultimo accesso: 31 dicembre 2022, [OurWorldInData.org](https://ourworldindata.org)
- Palma, G., & Padilla, M. (2012). Chapter 6. The “Mediterraneanisation” of food fashions in the world.
- Parlamento Europeo, 2022. Economia circolare: definizione, importanza e vantaggi. Ultimo accesso: 15 dicembre 2022, europarl.europa.eu
- Pinto, R.S., Pinto, R.M., Melo, F.F., Campos, S.S., & Cordovil, C.M. (2018). A simple awareness campaign to promote food waste reduction in a University canteen. *Waste management*, 76, 28-38
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987-992.
- Postlethwaite, D. (1994). Development of Life Cycle Assessment (LCA): The role of SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) and the 'Code of Practice'. *Environmental science and pollution research international*, 1(1), 54–55. <https://doi.org/10.1007/BF02986926>
- Pulkkinen, H., Roininen, T.J., Katajajuuri, J., & Järvinen, M. (2016). Development of a Climate Choice meal concept for restaurants based on carbon footprinting. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21, 621-630.
- Qadir, M., Drechsel, P., Jiménez Cisneros, B., Kim, Y., Pramanik, A., Mehta, P., & Olaniyan, O.S. (2020). Global and regional potential of wastewater as a water, nutrient and energy source. *Natural Resources Forum*, 44, 40-51.
- Ribal, J., Fenollosa, M. L., García-Segovia, P., Clemente, G., Escobar, N., & Sanjuán, N. (2016). Designing healthy, climate friendly and affordable school lunches. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(5), 631-645
- Richey, A. S., Thomas, B. F., Lo, M.-H., Reager, J. T., Famiglietti, J. S., Voss, K., Swenson, S., & Rodell, M. (2015). Quantifying renewable groundwater stress with GRACE, *Water Resour. Res.*, 51, 5217– 5238, [doi:10.1002/2015WR017349](https://doi.org/10.1002/2015WR017349).
- Saarinen, M., Kurppa, S., Virtanen, Y., Usva, K., Mäkelä, J., & Nissinen, A. (2012). Life cycle assessment approach to the impact of home-made, ready-to-eat and school lunches on climate and eutrophication. *Journal of Cleaner Production*, 28, 177-186.
- Sanfilippo, S., Raimondi, A., Ruggeri, B., & Fino, D. (2012). Dietary vs. transport: An analysis of environmental burdens pertaining to a typical workday. *International Journal of Consumer Studies*, 36(2), 133-140.

- Saxe, H., Jensen, J. D., Bølling Laugesen, S. M., & Bredie, W. L. (2019). Environmental impact of meal service catering for dependent senior citizens in Danish municipalities. *The international journal of life cycle assessment*, 24(4), 654-666.
- Schau, E.M., & Fet, A.M. (2008). LCA studies of food products as background for environmental product declarations. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13, 255-264.
- Schaubroeck, T., Ceuppens, S., Luong, A. D., Benetto, E., De Meester, S., Lachat, C., & Uyttendaele, M. (2018). A pragmatic framework to score and inform about the environmental sustainability and nutritional profile of canteen meals, a case study on a university canteen. *Journal of cleaner production*, 187, 672-686.
- Schneider, M., Nössler, C., & Lührmann, P. M. (2021). Environmental Intervention in a University Canteen with Focus on Decision Guidance-Effects on Sale and Daily Consumption of Vegetables and Fruit. *International journal of environmental research and public health*, 18(19), 10443. <https://doi.org/10.3390/ijerph181910443>
- SETAC, 2018. Society of Environmental Toxicology and Chemistry. Life Cycle Assessment. Ultimo accesso: 15 ottobre 2022, www.setac.org
- Shaw, C. A. (2016). Assessment of Mediterranean diet scores in older adults (Doctoral dissertation, Newcastle University).
- Shukla, P. R., Skeg, J., Buendia, E. C., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H. O., Roberts, D. C., ... & Malley, J. (2019). Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.
- Sky TG24, 2022. Cronaca. Ultimo accesso: 28 dicembre 2022, tg24.sky.it
- Smith, K. B., & Smith, M. S. (2016). Obesity Statistics. *Primary care*, 43(1), 121–ix. <https://doi.org/10.1016/j.pop.2015.10.001>.
- Sofi, F., Abbate, R., Gensini, G. F., & Casini, A. (2010). Accruing evidence on benefits of adherence to the Mediterranean diet on health: an updated systematic review and meta-analysis. *The American journal of clinical nutrition*, 92(5), 1189–1196. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.29673>
- Sogari, G., Li, J., Wang, Q., Lefebvre, M., Huang, S., Mora, C., & Gómez, M. I. (2022). Toward a reduced meat diet: University North American students' acceptance of a blended meat-mushroom burger. *Meat science*, 187, 108745. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108745>
- Sturtewagen, L., De Soete, W., Dewulf, J., Lachat, C., Lauryssen, S., Heirman, B., ... & Schaubroeck, T. (2016). Resource use profile and nutritional value assessment of a typical Belgian meal, catered or home cooked, with pork or Quorn™ as protein source. *Journal of Cleaner Production*, 112, 196-204.
- Sukma, P., Srinok, K., Papong, S., & Supakata, N. (2022). Chula model for sustainable municipal solid waste management in university canteens. *Heliyon*, 8(10), e10975. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10975>
- Takacs, B., & Borrion, A. (2020). The Use of Life Cycle-Based Approaches in the Food Service Sector to Improve Sustainability: A Systematic Review. *Sustainability*.

- Treccani, 2003. Istituto della Enciclopedia Italiana. Ultimo accesso: 10 dicembre 2022, treccani.it
- Trichopoulou, A., Orfanos, P., Norat, T., Bueno-de-Mesquita, B., Ocké, M. C., Peeters, P. H., van der Schouw, Y. T., Boeing, H., Hoffmann, K., Boffetta, P., Nagel, G., Masala, G., Krogh, V., Panico, S., Tumino, R., Vineis, P., Bamia, C., Naska, A., Benetou, V., Ferrari, P., ... Trichopoulos, D. (2005). Modified Mediterranean diet and survival: EPIC-elderly prospective cohort study. *BMJ (Clinical research ed.)*, 330(7498), 991. <https://doi.org/10.1136/bmj.38415.644155.8F>
- UN, 1972. United Nations Conference on the Human Environment, 5-16 June 1972, Stockholm. Ultimo accesso: 27 dicembre 2022, un.org
- UN, 2018. United Nations. THE 17 GOALS | Sustainable Development. Ultimo accesso: 15 dicembre 2022 sdgs.un.org
- UN, 2021a. United Nations. Scientific Group of the UN Food Systems Summit 2021. Ultimo accesso: 31 dicembre 2022, sc-fss2021.org
- UN, 2021b. United Nations. Sustainable Transport Conference. Fact sheet – Climate Change. Disponibile online: https://www.mite.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/GPP/all.to_2_COM_2003_302_IPP.pdf
- UN, 2022a. United Nations. UN News. Ultimo accesso: 31 dicembre 2022, un.org
- UN, 2022b. United Nations. Centro Regionale di Informazione delle Nazioni Unite. L'Onu a Cop27: siamo otto miliardi di persone, un solo popolo. Ultimo accesso: 31 dicembre 2022, un.org
- UN, 2023. Centro Regionale di Informazione delle Nazioni Unite. Obiettivi per lo sviluppo sostenibile. Ultimo accesso: 29 dicembre 2022, unric.org
- UN ESCAP, 2015. United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific Integrating the three dimensions of sustainable development: A framework and tools. Disponibile online: <https://www.unescap.org/sites/default/files/Integrating%20the%20three%20dimensions%20of%20sustainable%20development%20A%20framework.pdf>
- UNEP, 2022. United Nations Environment Programme. Ultimo accesso: 26 dicembre 2022, unep.org
- UNESCO, 2013. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Dieta Mediterranea. Ultimo accesso: 27 dicembre 2022, unesco.it
- UNESCO, 2017. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Educazione agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile – Obiettivi di apprendimento. Disponibile online: http://unesco.blob.core.windows.net/pdf/UploadCKEditor/MANUALE_ITA.pdf
- UNESCO, 2021. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Culture & Sustainable Development. Ultimo accesso: 29 dicembre 2022, en.unesco.org
- UNRIC, 2023. Centro Regionale di Informazione delle Nazioni Unite. Ultimo accesso: 10 dicembre 2022, unric.org

- Vaidyanathan G. (2021). What humanity should eat to stay healthy and save the planet. *Nature*, 600(7887), 22–25. <https://doi.org/10.1038/d41586-021-03565-5>
- Vermeulen, S. J., Campbell, B. M., & Ingram, J. S. (2012). Climate change and food systems. *Annual review of environment and resources*, 37(1), 195-222.
- Verdi, L., Dalla Marta, A., Falconi, F., Orlandini, S., & Mancini, M. (2022) Comparison between organic and conventional farming systems using Life Cycle Assessment (LCA): A case study with an ancient wheat variety. *European Journal of Agronomy*, 141, 126638. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126638>
- Vintila, I. (2012). Comparative analysis of environmental impact determined by the local to international origin and transportation system of fishery products. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 13(3), 1467-1473.
- Visschers, V. H., & Siegrist, M. (2015). Does better for the environment mean less tasty? Offering more climate-friendly meals is good for the environment and customer satisfaction. *Appetite*, 95, 475-483.
- WCED, 1987. World Commission on Environment and Development. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. Disponibile online: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>
- WHO, 2021. World Health Organization. Obesity and overweight. Ultimo accesso: 27 dicembre 2022, who.int
- Wickramasinghe, K. K., Rayner, M., Goldacre, M., Townsend, N., & Scarborough, P. (2016). Contribution of healthy and unhealthy primary school meals to greenhouse gas emissions in England: linking nutritional data and greenhouse gas emission data of diets. *European journal of clinical nutrition*, 70(10), 1162–1167. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2016.101>
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L. J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J. A., De Vries, W., Majele Sibanda, L., Afshin, A., ... & Murray, C. J. L. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet (London, England)*, 393(10170), 447–492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)
- WMO, 2019. World Meteorological Organization. Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2018, Global Ozone Research and Monitoring Project–Report No. 58, 588 pp., Geneva, Switzerland, 2018.
- WMO, 2022. World Meteorological Organization. Eight warmest years on record witness upsurge in climate change impacts. Ultimo accesso: 20 dicembre 2022, public.wmo.int
- WWAP, 2017. United Nations World Water Assessment Programme. The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource. Paris, UNESCO.

Appendice 1

Script video informativo

Il clima della nostra Terra sta cambiando. Non si possono più classificare gli eventi atmosferici che si abbattano sulle nostre città come casuali. Le evidenze scientifiche raccolte dal rapporto del Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico delle Nazioni Unite ribadiscono il ruolo delle attività umane alla base delle cause dei cambiamenti climatici, che si verificano mediante eventi climatici estremi – quali ondate di calore, forti piogge e siccità – più frequenti e gravi.

Siamo chiamati a dare il nostro contributo, ognuno di noi, con piccole azioni quotidiane che possano contribuire a rallentare gli effetti del cambiamento climatico.

Tra queste piccole azioni quotidiane rientrano le nostre abitudini alimentari.

Nonostante persistano ancora molte resistenze, tutti gli studi di rilievo più recenti sull'argomento hanno emesso il loro unanime verdetto: l'alimentazione è intrinsecabilmente collegata alla crisi climatica.

Ma in che modo il nostro comportamento alimentare influisce sul clima? Ogni alimento che noi acquistiamo, mangiamo o, purtroppo e con grande spreco di risorse, gettiamo, ha una storia, esattamente come noi. Conoscere la storia di ogni prodotto alimentare che finisce nel nostro carrello ci aiuta a comprendere meglio quale impatto avrà quell'alimento su di noi e sull'ambiente.

Spesso, queste valutazioni vengono viste come energeticamente dispendiose per la nostra mente o addirittura superflue. Buffo. Trascorriamo circa metà della nostra giornata sui social, tra video divertenti, lezioni di make-up, influencer analfabeti, clip di fantomatici chef aristocratici e post di indignazione. Eppure, quando andiamo al supermercato, al negozio di vendita al dettaglio o in un negozio di generi alimentari siamo sempre di fretta e ci affidiamo a cibi pronti al consumo (i cosiddetti ready-to-eat) oppure a prodotti che richiedono la minima manipolazione. Questo sempre perché manca il tempo...

Non abbiamo più scuse.

È giunto il tempo di voler bene a sé stessi e al Pianeta che ci ospita.

☛ RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia per la preziosa collaborazione l'Azienda per il Diritto allo Studio Universitario della regione Toscana. In particolare, il dottor Luigi Vella, con Valentina Zanieri e tutto il personale della Mensa Universitaria Calamandrei per il supporto e l'impareggiabile disponibilità. Senza di loro, non esisterebbe questo lavoro di tesi.

Si ringrazia il Professor Guglielmo Bonaccorsi per i confronti e gli scontri continui che mi hanno permesso di evolvere come individuo e di realizzare il mio desiderio di fare ricerca. La sua perseveranza nel non arrendersi con me e la sua apertura verso le mie idee sono state determinanti per la mia crescita. Per sempre grato.

Si ringrazia la Professoressa Chiara Lorini per la sua immensa disponibilità e i suoi insegnamenti di metodologia di ricerca. Per essere sempre stata un ulteriore punto di riferimento nel mio percorso di dottorando e di individuo, in generale.

Si ringraziano i miei genitori napoletani di Firenze, Nicola Mancini e Nunzia Marchese.

Si sono sempre presi cura di me da quando ero un ragazzino, senza chiedere mai niente.

Il loro supporto nei momenti più complicati è stato un regalo inestimabile.

A loro, il mio bene più profondo.

Un grazie anche alla squadra di DOCTV Italia per aver messo a disposizione il loro tempo e la loro professionalità per la realizzazione del video utilizzato nell'intervento e non solo.

Un grazie sentito a mamma UNIFI che mi ha accompagnato in un lungo e affascinante viaggio verso mondi sconosciuti e verso docenti e colleghi che mi hanno arricchito in modo unico.

Infine, si ringraziano tutte quelle persone che non hanno creduto in me e che hanno criticato le mie scelte di vita e di studi. È grazie soprattutto a loro che ho avuto la spinta necessaria per imparare e migliorare giorno dopo giorno senza smettere mai di credere nella forza delle mie idee.

Noi abbiamo bisogno di una nuova coscienza ambientale su basi globali.

Per fare questo, abbiamo bisogno di educare le persone.

Mikhail Sergeevich Gorbachev