



## Azione E3

# Modello di valutazione della sostenibilità *“Imagine Sustainability”* Manuale d’uso

**Modello di valutazione  
della sostenibilità**  
*“Imagine Sustainability”*

**Manuale d’uso**

**Azione E3**

**30/09/2025**

**LIFE IPE IMAGINE**

**LIFE19 IPE/IT/00015**

**Realizzato da DSA3 - UNIPG**

## Abstract

Assessing sustainability at the territorial level requires the use of a model that allows for an integrated understanding of social, environmental, and economic issues. This model is useful for monitoring ongoing territorial dynamics and territorial planning activities in compliance with the principle of sustainability.

IMAGINE SUSTAINABILITY is a territorial sustainability assessment tool, implemented as part of the Life Imagine Project, whose objective is to conduct sustainability analyses at the territorial level, with particular reference to the Natura 2000 network.

This model should become a reference point for assessing the network's sustainability, using municipal-level data or specific indicators related to Natura 2000 sites. Assessing sustainability means continuously monitoring the progress made in Natura 2000 areas, not only in terms of biodiversity conservation, but also considering the three dimensions of sustainability—economic, social, and environmental, represented by specific indicators—in the broader context of achieving the 17 sustainability goals established by the United Nations 2030 Agenda.

Imagine Sustainability is configured as a plugin of the software QGIS. This document represents the User Manual of the plugin.

# Imagine Sustainability

*Manuale d'uso*

## Indice

1. Introduzione – obiettivi del modello e contesto di riferimento
2. Struttura del modello
3. La metodologia di calcolo utilizzata
4. Installazione del plugin Imagine Sustainability
5. Tipologia di input necessari
6. Funzionamento del plugin
7. Tipologia di risultati ottenibili
8. Analisi di tracciabilità tramite la Back Analysis

Bibliografia

## **1. Introduzione – obiettivi del modello e contesto di riferimento**

La valutazione della sostenibilità a livello territoriale richiede l'utilizzo di un modello che consenta la lettura integrata delle tematiche sociali, ambientali ed economiche, utile ai fini del monitoraggio delle dinamiche territoriali in atto e delle attività di programmazione territoriale nel rispetto del principio di sostenibilità.

IMAGINE SUSTAINABILITY è uno strumento di valutazione della sostenibilità territoriale, implementato nell'ambito del Progetto Life Imagine, il cui obiettivo è effettuare analisi di sostenibilità a livello territoriale, con particolare riferimento alla rete Natura 2000.

Questo modello dovrebbe divenire un punto di riferimento per la valutazione della sostenibilità della rete, utilizzando dati a livello comunale o indicatori specifici relativi ai siti Natura 2000. Valutare la sostenibilità significa svolgere un'azione di monitoraggio continuo dei progressi compiuti nei territori Natura 2000, non solo in termini di conservazione della biodiversità, ma considerando le tre dimensioni della sostenibilità - economica, sociale e ambientale, rappresentate da appositi indicatori specifici - nel più ampio contesto del raggiungimento dei 17 obiettivi di sostenibilità stabiliti dall'Agenda 2030 delle Nazioni Unite.

L'applicazione del modello garantirà una reale integrazione e sinergia negli effetti di tutte le azioni previste dal progetto IMAGINE, da quelle per la conservazione e la valorizzazione ambientale, a quelle di natura socio-economica (ad esempio, professioni verdi, turismo naturalistico, agricoltura e attività forestali sostenibili).

Il modello è destinato essenzialmente ai decisori pubblici (ad esempio, Regione, Comuni). Permetterà di identificare i punti di forza e di debolezza del percorso verso la sostenibilità e permetterà al decisore pubblico di intervenire con azioni correttive. Ad esempio, attraverso l'applicazione del modello per la valutazione della sostenibilità potrebbe risultare che un sito della rete Natura 2000 possa presentare ottime condizioni di conservazione per specie e habitat, ma una scarsa valorizzazione degli stessi, a causa della mancanza di iniziative di turismo naturalistico. Ciò comporta uno squilibrio in termini di sostenibilità rispetto alla dimensione economica e sociale. L'applicazione di questo modello da parte di un ente pubblico consente il tempestivo intervento del decisore pubblico per porvi rimedio, ad esempio stanziando risorse specifiche per lo sviluppo del turismo naturalistico in quell'area.

## 2. Struttura del modello

L'intera procedura di Imagine Sustainability è stata realizzata in un ambiente GIS (Geographic Information System- Sistema Informativo Geografico) open source molto diffuso chiamato QGIS. In particolare, Imagine Sustainability opera attraverso un modello di analisi multicriteri perfettamente integrato in ambiente GIS.

Il manuale completo di QGIS e una guida all'installazione del software sono disponibili al seguente indirizzo: <https://qgis.org/it/docs/index.html>

Tra le numerose funzionalità esistenti in QGIS per l'analisi geografica, vi è la possibilità di sviluppo di “tools” per la personalizzazione del software attraverso la realizzazione di plugins. Un plugin è un programma non autonomo che interagisce con un altro programma per ampliarne o estenderne le funzionalità originarie, permettendo l'utilizzo di nuove funzioni, non presenti nel software principale.

**Imagine Sustainability si configura di fatto come un plugin di QGIS**, scritto in linguaggio Python, che impiega le librerie (insieme di funzioni o strutture dati) messe a disposizione dallo stesso QGIS per eseguire le elaborazioni richieste dall'utente. Oltre ad eseguire i calcoli previsti dall'algoritmo di valutazione, i dati di input e di output possono essere gestiti come un qualsiasi altro dato geografico e l'utente è libero di operare ulteriori analisi geostatistiche, operazioni di geoprocessing o di reporting. La tipologia di dato trattato dal plugin è il formato vettoriale.

La struttura di base del modello si fonda su un set comune di indicatori, in grado di rappresentare le dimensioni della sostenibilità, tenendo in considerazione variabili economiche, sociali e ambientali, con l'obiettivo di consentire una sintesi comparata, in termini di sostenibilità, tra diverse realtà territoriali. L'unità di analisi può quindi essere qualsiasi realtà territoriale.

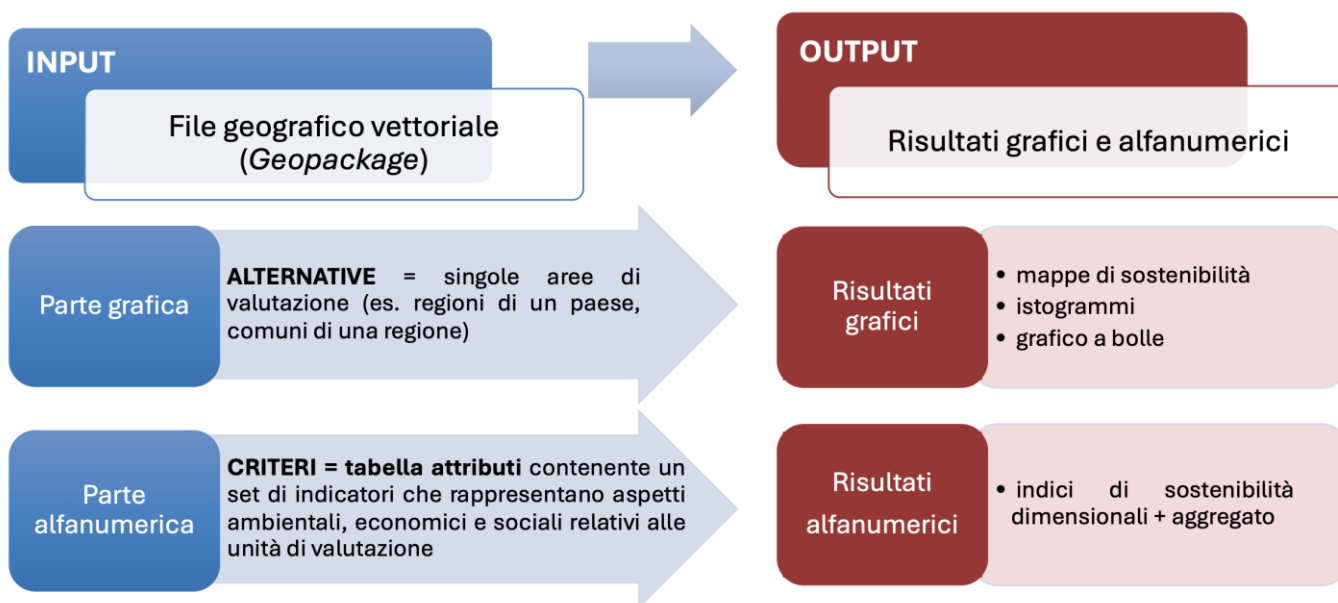
In Imagine Sustainability le unità di analisi saranno i singoli siti Natura 2000 della Regione Umbria, che verranno comparati in termini di sostenibilità attraverso un set di indicatori precedentemente determinato, oppure i comuni dell'Umbria, divisi sulla base della superficie Natura su di essi ricadente. Ciò a seconda della tipologia di analisi che verrà implementata.

Il modello integra la componente geografica al suo interno, permettendo una migliore analisi ed elaborazione del dato. In questo modello si ha quindi una integrazione completa tra Sistemi Informativi Geografici e Analisi multicriteri.

Grazie all'integrazione in ambito geografico, gli output ottenibili dal modello sono molteplici. Si ottengono infatti sia output numerici (indici sintetici di sostenibilità) che output grafici e cartografici, rappresentati da grafici e mappe (Fig. 1).

Fig. 1 – Struttura del Modello Imagine Sustainability

## LIFE IMAGINE – Plugin all'interno di QGIS



### 3. La metodologia di calcolo utilizzata

I risultati di Imagine Sustainability sono ricavati attraverso un modello di analisi multicriteriale, che consente di affrontare problemi complessi valutando singolarmente ma in modo integrato tutte le variabili in gioco, attribuendo a ciascuna di loro la propria importanza relativa. I metodi multicriteriali appartengono alla più ampia categoria dei così detti Sistemi di Supporto alle Decisioni, nell'ambito della branca scientifica della Ricerca Operativa.

Questi metodi consentono di ottenere classificazioni, ranking o selezione di una serie alternative, valutandole sulla base della loro capacità di raggiungere gli obiettivi rappresentati dagli indicatori utilizzati nell'analisi. Questi tipi di metodi sono particolarmente adatti quando si vogliono comparare diversi scenari, caratterizzati da un profilo multidimensionale, in cui le diverse dimensioni sono spesso contrastanti tra loro, come nel caso di un'analisi di sostenibilità, che implica obiettivi economici, sociali ed ambientali, aiutando in definitiva nella ricerca delle migliori soluzioni di compromesso tra i diversi obiettivi.

Tutti i sistemi di supporto alle decisioni sono molto utili nell'ambito della definizione, programmazione, monitoraggio, valutazione delle politiche pubbliche e territoriali.

Tra i numerosi metodi multicriteri disponibili in letteratura, si è scelto di utilizzare all'interno di Imagine Sustainability, il **metodo PROMETHEE II** (Brans, 1982), che ha il vantaggio di non permettere la compensazione tra i criteri descrittivi delle singole componenti, evitando che performance molto buone in pochi ambiti compensino i risultati negativi nei restanti..

Per implementare il metodo Promethee all'interno del plugin si è utilizzata la libreria pyrepo mcda (<https://pyrepo-mcda.readthedocs.io/en/latest/>).

La struttura di PROMETHEE si basa su un confronto a coppie (prese quindi a due a due) delle alternative, per ogni criterio considerato, che deve essere massimizzato o minimizzato. Nel metodo viene considerata la differenza tra le valutazioni delle due alternative per ogni criterio: maggiore è questa differenza, maggiore è la preferenza per un'alternativa.

Gli output di PROMETHEE I sono due "flussi di outranking":

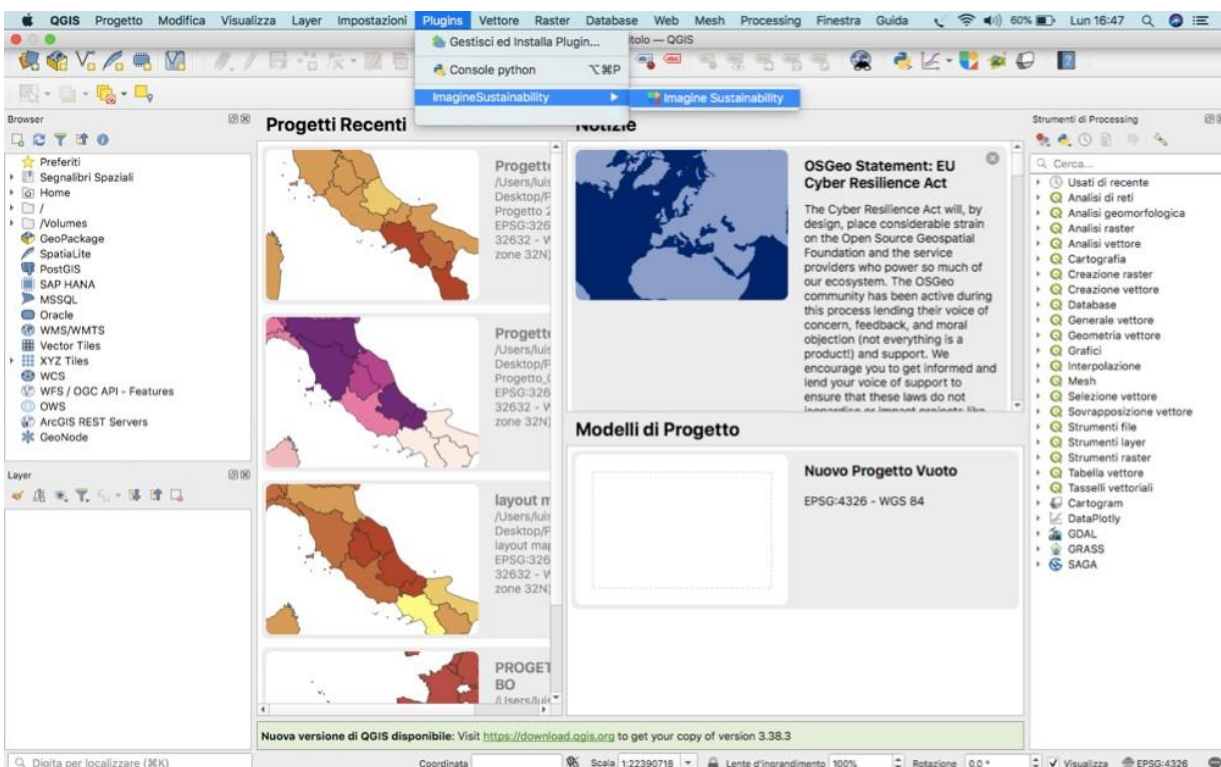
- Il flusso di outranking positivo  $\Phi^+(a)$  rappresenta il potere di outranking (surclassamento) dell'alternativa  $a$  su tutte le altre: più alto è  $\Phi^+(a)$ , migliore è l'alternativa.

- Il flusso di outranking negativo  $\Phi(a)$  misura la “debolezza” dell’alternativa  $a$  e quanto è surclassata da tutte le altre: più piccolo è  $\Phi(a)$ , migliore è l’alternativa. PROMETHEE II produce invece un cosiddetto “flusso di outranking netto”  $\Phi(a)$ , che è una misura dell’equilibrio tra flussi positivi e negativi. Più alto è il flusso netto, migliore è l’alternativa.

#### 4. Installazione del plugin Imagine Sustainability

- Dopo avere avviato QGIS dovrà essere installato il plugin e ciò può essere fatto dalla voce di menu “Plugins/Gestisci ed Installa Plugin” che apre una finestra la quale evidenzia tutti i tools disponibili nei repository.
- Dopo aver selezionato la voce “Tutto” dalla barra laterale a sinistra, occorre digitare il nome “Imagine Sustainability” nel campo “Cerca” per ricercare il plugin desiderato che verrà installato cliccando sul pulsante “Installa plugin”.
- Il plugin va poi attivato aprendo la finestra “Plugins/Gestisci e installa plugin”, digitando il nome Imagine Sustainability nel campo “cerca” e attivando la relativa spunta.
- Conclusa la fase di installazione, comparirà un nuovo pulsante e una nuova voce nel menu “Plugins” (Fig. 2).

**Fig. 2 - Installazione del plugin “Imagine Sustainability”.**



## 5. Tipologia di input necessari

La procedura di valutazione della sostenibilità utilizza come base informativa un **file geografico**, e in particolare un file vettoriale in formato “*Geopackage*”, dove la parte grafica rappresenta l'area di studio con le singole unità da valutare (ad esempio una regione con i singoli comuni o siti Natura 2000), mentre la parte alfanumerica, cioè la **tabella degli attributi**, descrive gli aspetti ambientali, economici e sociali delle singole unità territoriali, attraverso un insieme di indicatori selezionati. È possibile inserire anche una quarta dimensione, quella relativa alla biodiversità

La preparazione dei file per effettuare le simulazioni in Imagine Sustainability può essere fatta in diversi modi e gli utenti esperti di GIS potranno scegliere quello ritenuto più efficace.

Di seguito viene descritto uno dei possibili percorsi che prevede l'integrazione tra QGIS e un normale foglio di calcolo (Es. “Calc” di LibreOffice, o analogo software come Excel).

### A. Cosa serve per iniziare

Per la preparazione del file di simulazione secondo questo percorso occorre disporre preliminarmente dei seguenti **due file**:

- **File Geopackage contenente le unità geografiche di indagine** (es. i comuni della Regione Umbria), ognuna contraddistinta da un indice **identificativo univoco (es. ID)**. Il file è di solito reperibile e scaricabile dalla rete.
- **Foglio di calcolo** contenente una colonna (preferibilmente la prima) con l'identificativo delle unità geografiche di indagine presente anche nel file Geopackage (**es. ID**) e nelle successive colonne gli indicatori utilizzati nella valutazione. **È necessario che la lunghezza dei nomi non sia superiore a 10 caratteri.**

## A.1. Preparazione del foglio di calcolo (di cui al punto precedente)

La tabella 1 illustra schematicamente con un esempio la struttura che deve avere il foglio di calcolo:

**Tabella 1: esempio di struttura del foglio di calcolo**

ID	Comune	A_CO2	A_SUOLO	A_FRAM	A_ACQUA	A_NAT2k
1	Acquasp.	27491,00	3,99	3,69	26,84	0,46
2	Allerona	18986,00	1,57	2,31	36,91	30,32
3	Alviano	17054,00	4,86	5,19	34,86	27,99
4	Amelia	50574,00	4,28	3,88	31,54	27,23
5	Arrone	10593,00	3,15	3,06	29,29	0,00
6	Assisi	142692,00	7,62	8,00	45,90	7,02

La prima colonna “ID” contiene l’identificativo univoco delle singole unità geografiche, che in questo caso sono i comuni dell’Umbria; la colonna “Comune” contiene informazioni aggiuntive sulla identificazione delle aree di indagine e non ha effetti sulla procedura di calcolo (l’utente può eliminarla o aggiungerne altre); tutte le altre colonne, invece, contengono gli indicatori, con il nome riportato nella prima riga (A\_CO2, A\_SUOLO, A\_FRAM, ecc. In questo caso gli indicatori hanno una “A” davanti al nome perché sono tutti indicatori ambientali) ed i valori nelle rispettive colonne. Si tratta di una indicazione non necessaria per l’elaborazione ma utile per distinguere i diversi gruppi di indicatori utilizzati.

- Le colonne relative agli indicatori vanno impostate in Calc indicando il formato numerico (che deve essere decimale) e il numero dei decimali dopo la virgola. Ciò può essere agevolmente fatto dal comando “Formato/Celle” di Calc dopo avere selezionato la cella o l’intervallo di celle su cui operare.

- Da Calc di Libreoffice si seleziona “Salva con nome” e, dopo avere scelto il formato DBF (o il formato Excel se si utilizza Office), si salva il file con gli indicatori da importare all’interno di QGIS.

## B. Caricamento dei due file preliminari in QGIS

- A questo punto spostiamoci all'interno di QGIS e dal comando "Layer/Gestore della sorgente dei dati" va caricato il file Geopackage contenente le unità geografiche di indagine (es. i poligoni dei comuni dell'Umbria – Fig. 3). Sempre dall'interno di QGIS e con le stesse modalità dobbiamo caricare il file contenente gli indicatori precedentemente preparato (di cui al punto A.1) (Fig. 4). Avremo quindi in questo modo caricato entrambi i file in QGIS. Alternativamente, possiamo caricare entrambi i file semplicemente "trascinandoli" dalla cartella dove sono salvati all'interno di QGIS.

- Accertiamoci che entrambi i file abbiano il codice univoco sulla base del quale poter associare al poligono le informazioni relative agli indicatori scelti per la simulazione (nel caso di esempio il codice univoco è contenuto nel campo "ID" del foglio di calcolo e nel campo "ID" del file Geopackage, e si riferisce all'identificativo dei singoli comuni); ciò può essere fatto aprendo la tabella degli attributi per analizzare i campi presenti. **Va precisato che il codice identificativo può essere un numero intero, un carattere o una combinazione dei due.**

Fig. 3 - Caricamento del file geografico "Comuni Umbria" nel plugin

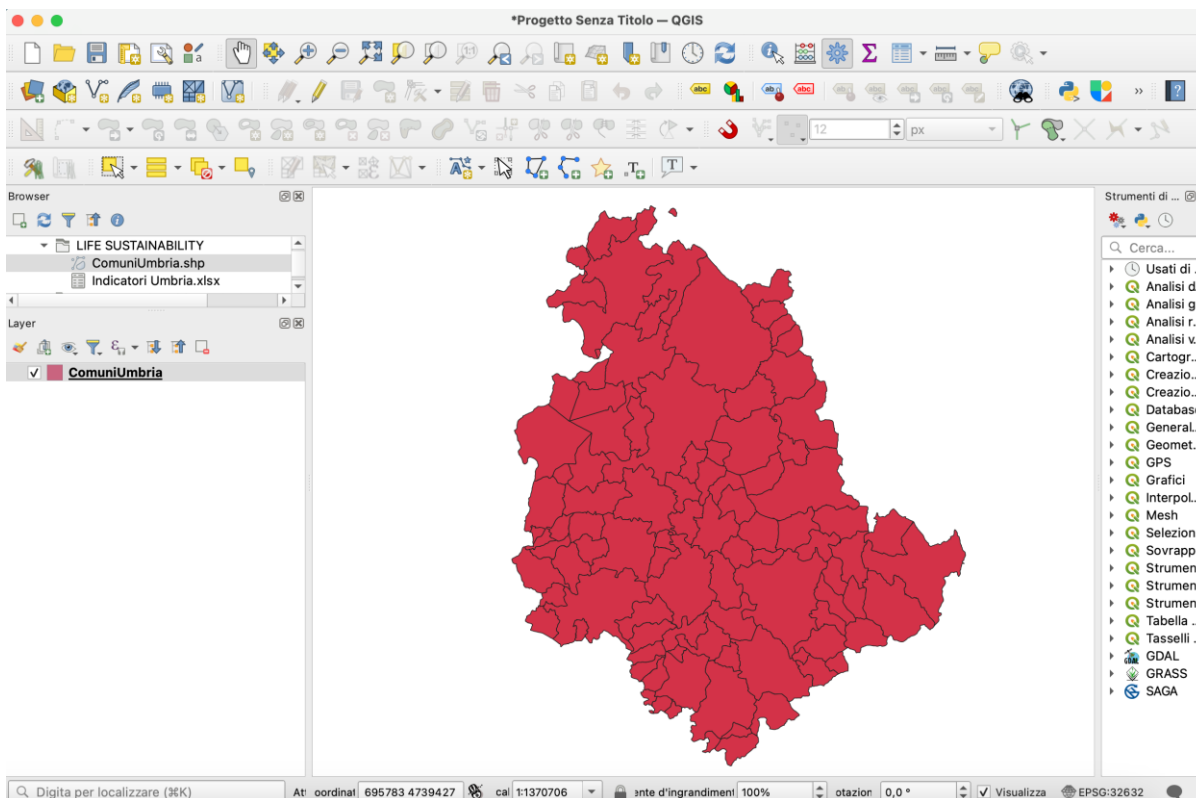
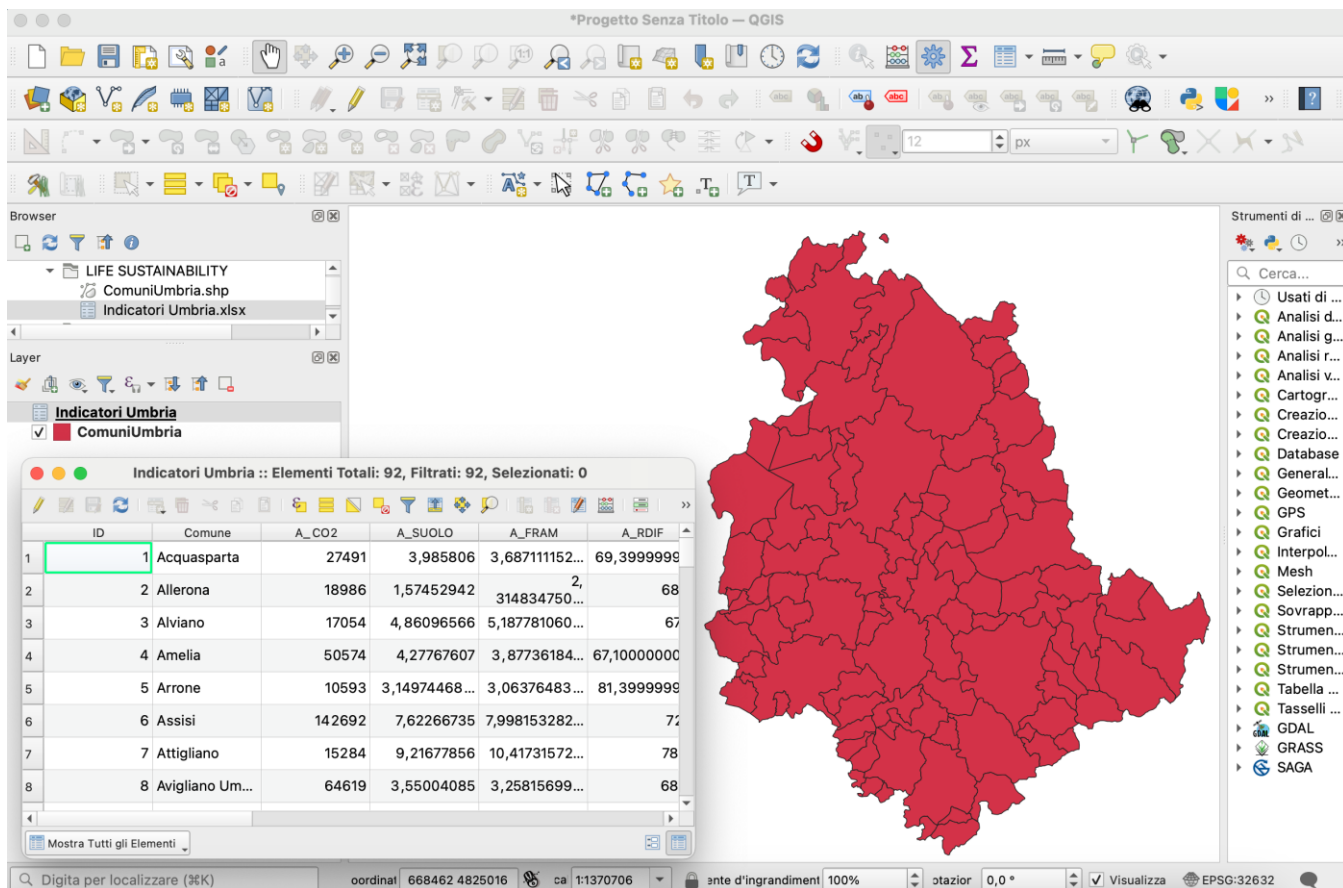


Fig. 4 - Caricamento del file geografico degli indicatori nel plugin

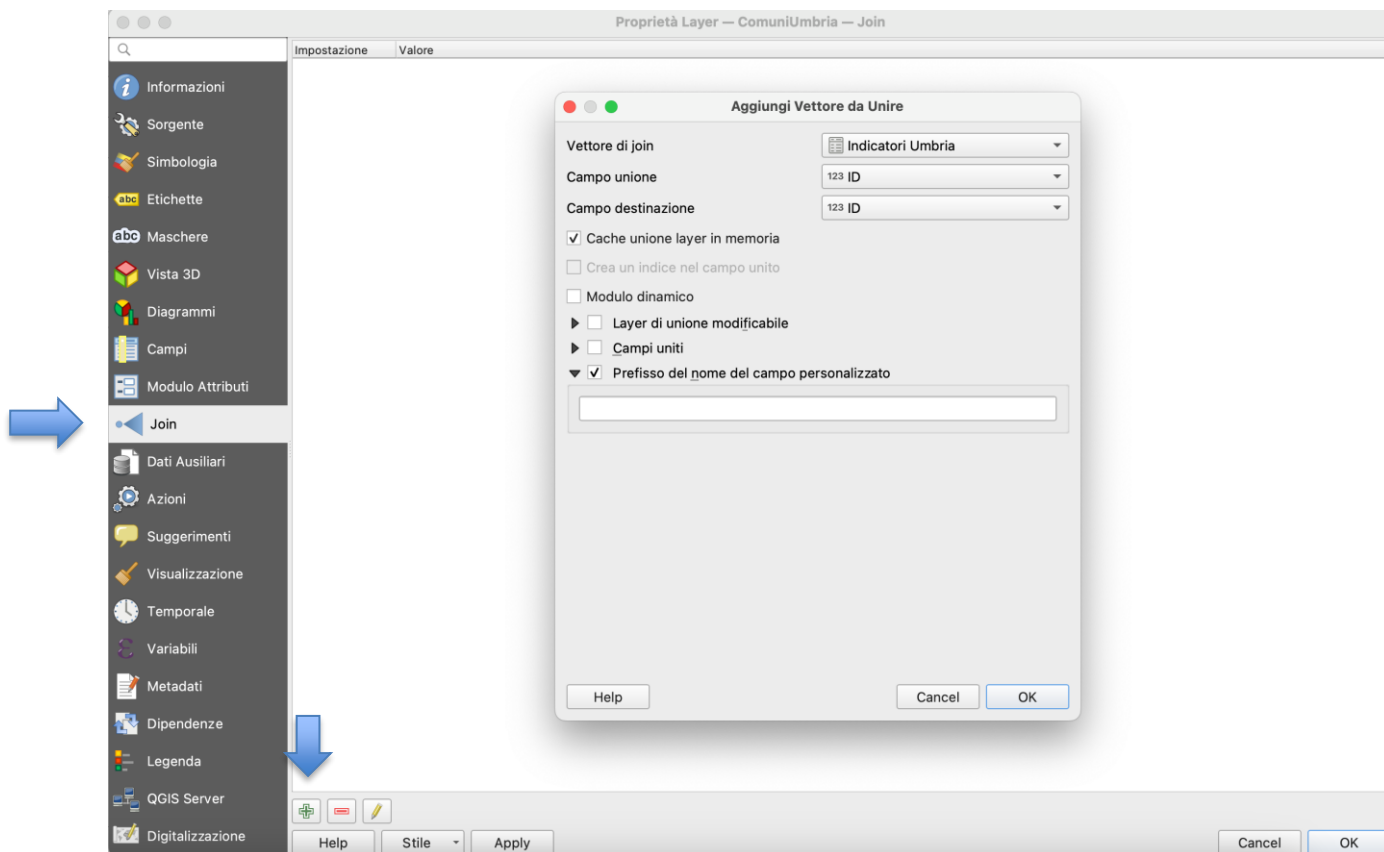


### C. Operazione di “JOIN”:

Questa procedura serve a collegare il file geografico con la tabella degli indicatori.

- Selezioniamo il file geografico che abbiamo precedentemente caricato relativo alle unità di indagine e, con il tasto destro del mouse, scegliamo l'opzione “Proprietà”. Si aprirà una finestra con numerose opzioni sulla barra laterale sinistra, tra queste selezionare la voce “Join” (Ovvero “Unisci”) (Fig. 5).

**Fig. 5 – Operazione di Join**



- In basso a sx si trova un pulsante con il segno “+” (Fig. 5), clicchiamoci sopra per aprire una nuova finestra all’interno della quale indicare:

1. nel menù “**Vettore di join**” il nome del foglio di calcolo con i valori degli indicatori;
2. nel menù “**Campo unione**” il nome del campo della tabella che identifica in modo univoco le singole aree geografiche di analisi (ID);
3. nel menù “**Campo di destinazione**” il nome del campo nel file geopackage che identifica in modo univoco le singole unità geografiche di indagine e che corrisponde in termini di valori a quello indicato al punto 2.

- Occorre spuntare l’opzione “Custom Field Name Prefix” e cancellare il valore proposto nella corrispondente tabella di testo, quindi cliccare il tasto “OK” per completare l’operazione.

**Con questa procedura abbiamo quindi semplicemente “collegato” il file geografico con le informazioni tabellari, associando ogni poligono con una riga del file contenente le informazioni sugli indicatori, sulla base di una “chiave” comune tra il file geografico e il foglio di calcolo.**

#### D. Salvataggio del file “completo”

Il file geografico a questo punto si sarà “arricchito” delle informazioni che avevamo preparato in Calc di LibreOffice, ma per rendere permanente il collegamento e per evitare di alterare i file originali occorre salvare il file con un nuovo nome cliccando con il tasto destro del mouse sul nome del file e scegliendo l’opzione “**Esporta/Salva Elementi Come ...**”. Nella finestra che si apre va indicato il formato geopackage, il nome e la cartella di destinazione.

**A questo punto il file è pronto per essere elaborato in Imagine Sustainability.**

## 6. Funzionamento del plugin

Siamo pronti per far girare Imagine Sustainability, attraverso i seguenti passaggi:

### Passo 1. Caricamento del file “completo”

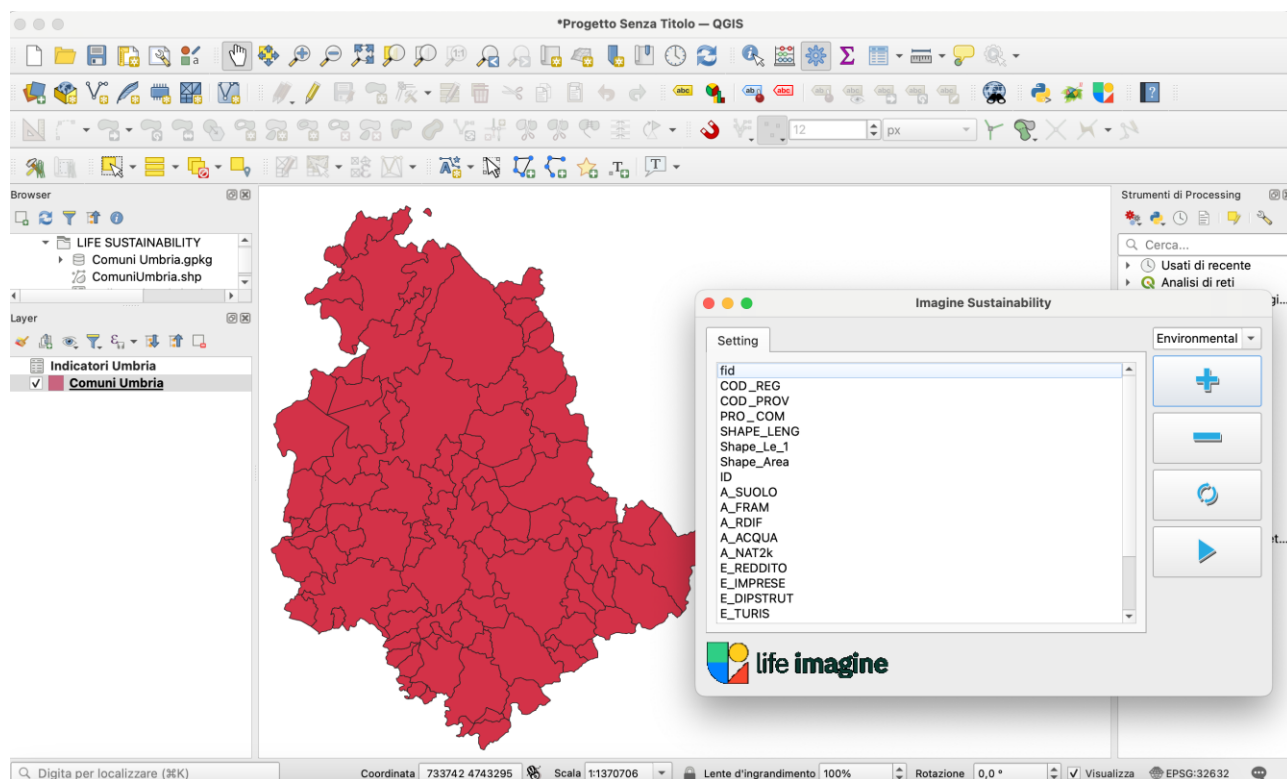
- Dal pulsante “Layer/Gestore della sorgente dei dati” dovrà essere caricato il file in formato geopackage che abbiamo preparato precedentemente (vedi punto 5). Il caricamento dei file può avvenire anche semplicemente trascinandolo dalla cartella dove è salvato all’interno di QGIS:
- Il file appena caricato va selezionato cliccando una sola volta sul suo nome nel pannello dei layer attivi e, successivamente, va avviato Imagine Sustainability cercandolo dentro la voce Plugins.

### Passo 2. Fase di setting e selezione degli indicatori

All’avvio del plugin, si aprirà una finestra denominata “**Setting**” (impostazioni).

Nella parte sinistra della finestra vengono elencati tutti gli indicatori che sono presenti all’interno del file di simulazione, mentre sulla destra è presente un menù a tendina dove poter selezionare la tipologia di indicatore (Environmental, Social, Economic, Biodiversity), e dove sono presenti i pulsanti + “aggiungi” e - “togli” necessari a inserire o rimuovere i singoli indicatori (Fig. 6).

Fig. 6 – Finestra di Setting per l’inserimento degli indicatori



Partendo ad esempio dalla dimensione ambientale, l’utente selezionerà tutti gli indicatori ambientali che desidera utilizzare nell’analisi, sceglierà poi a destra, nel menù a tendina, la dimensione “Environmental” e cliccherà poi sul tasto aggiungi, andandoli così a inserire nella corrispondente sezione. La stessa cosa verrà effettuata per le altre dimensioni (Fig. 7, 8 e 9). Viste le finalità dello strumento, c’è anche la possibilità di inserire una categoria collegata con indicatori specifici di biodiversità (Biodiversity category). In questo modo le dimensioni investigate diventano quattro. Inoltre, è possibile selezionare qualsiasi delle tre categorie e, dopo averle evidenziate, modificare il nome dato loro di default (es. Environmental può diventare Ambiente o essere accorciata in ENV).

Fig. 7 - Fase di inserimento degli indicatori ambientali

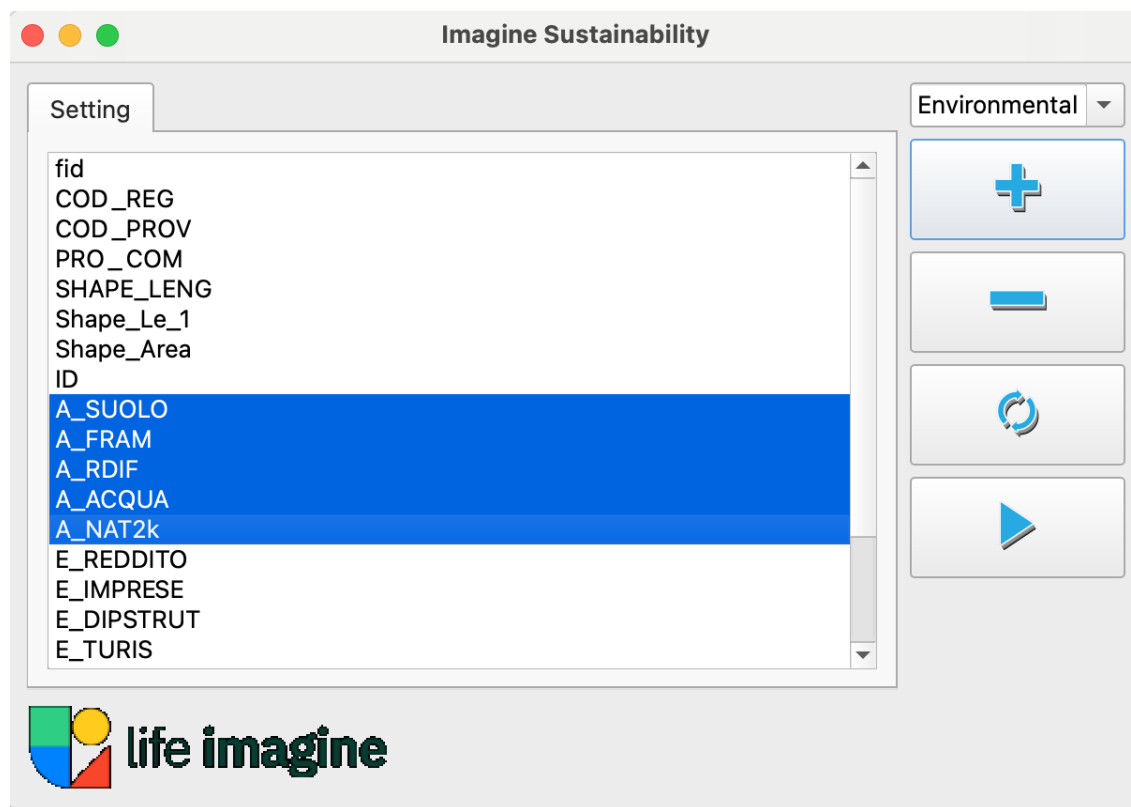
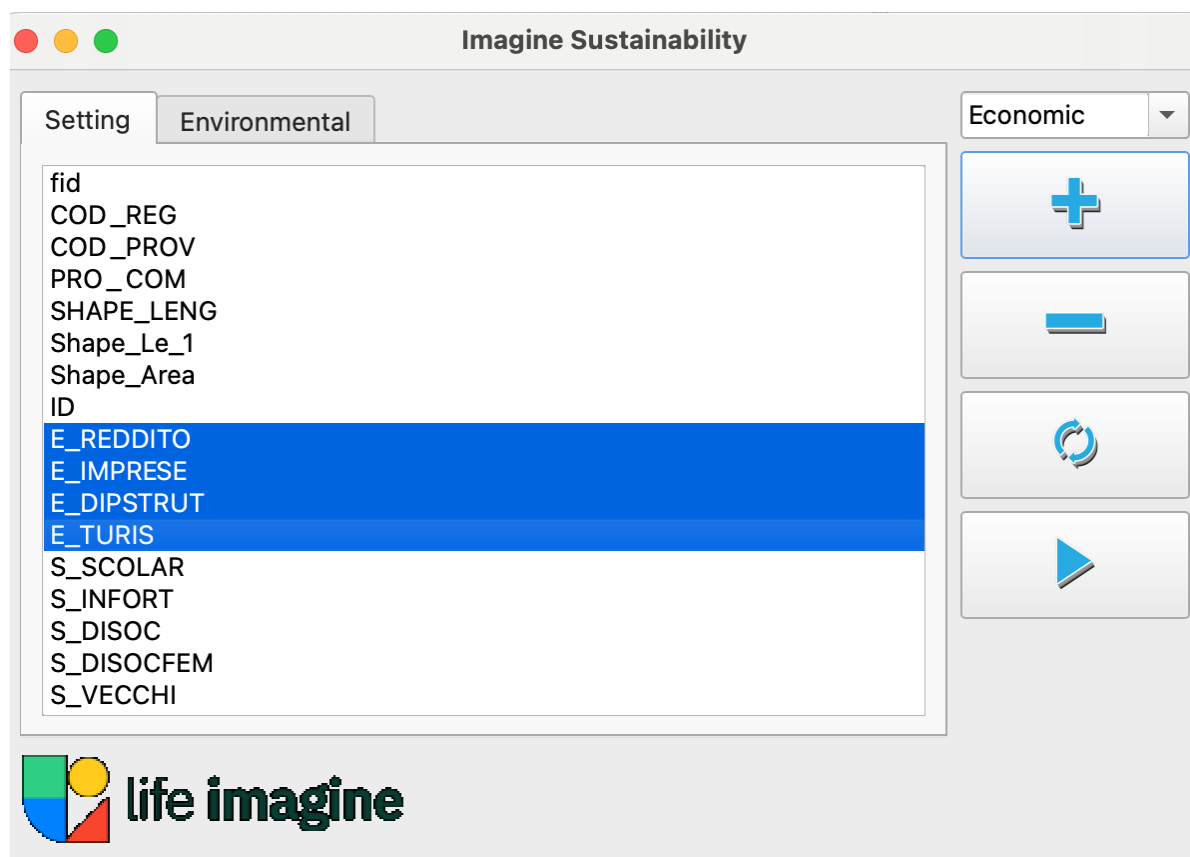
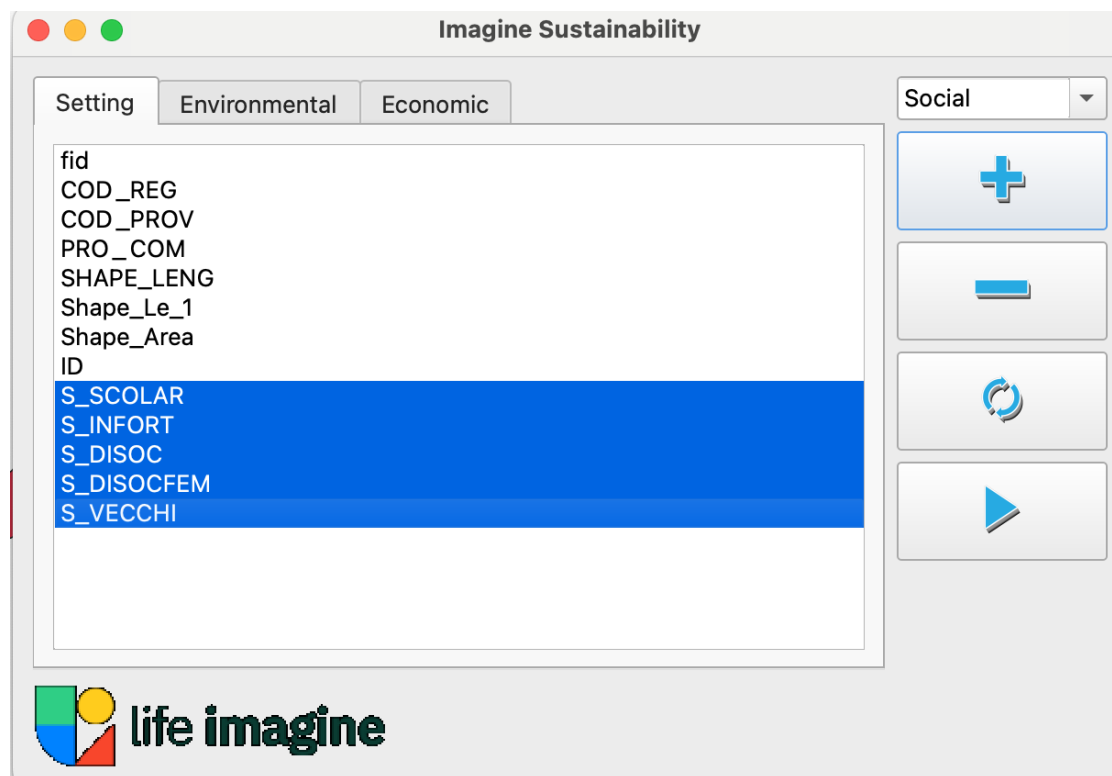


Fig. 8 - Fase di inserimento degli indicatori economici

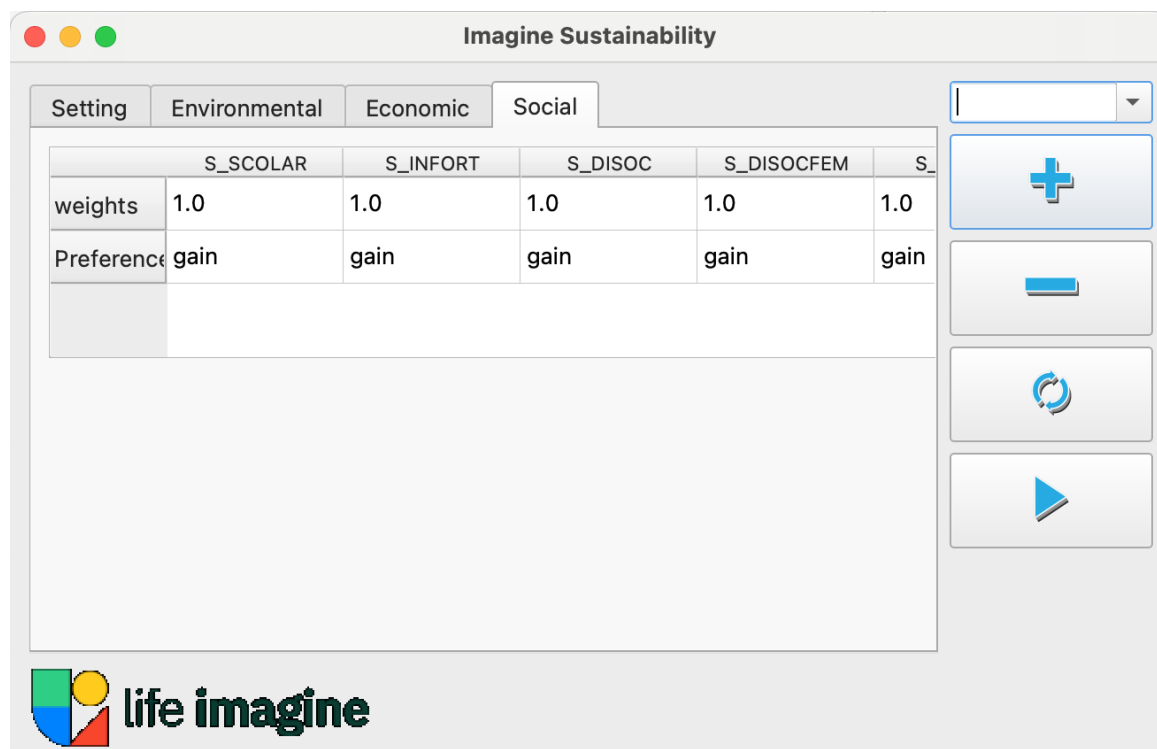


**Fig. 9 - Fase di inserimento degli indicatori sociali**



Si costruisce così una tabella, suddivisa per le differenti dimensioni trattate, dove per ogni dimensione sono stati inseriti gli indicatori relativi (Fig. 10).

**Fig. 10 - Matrice finale con le tre dimensioni di sostenibilità**



### Passo 3. Impostazione dei pesi e delle preferenze

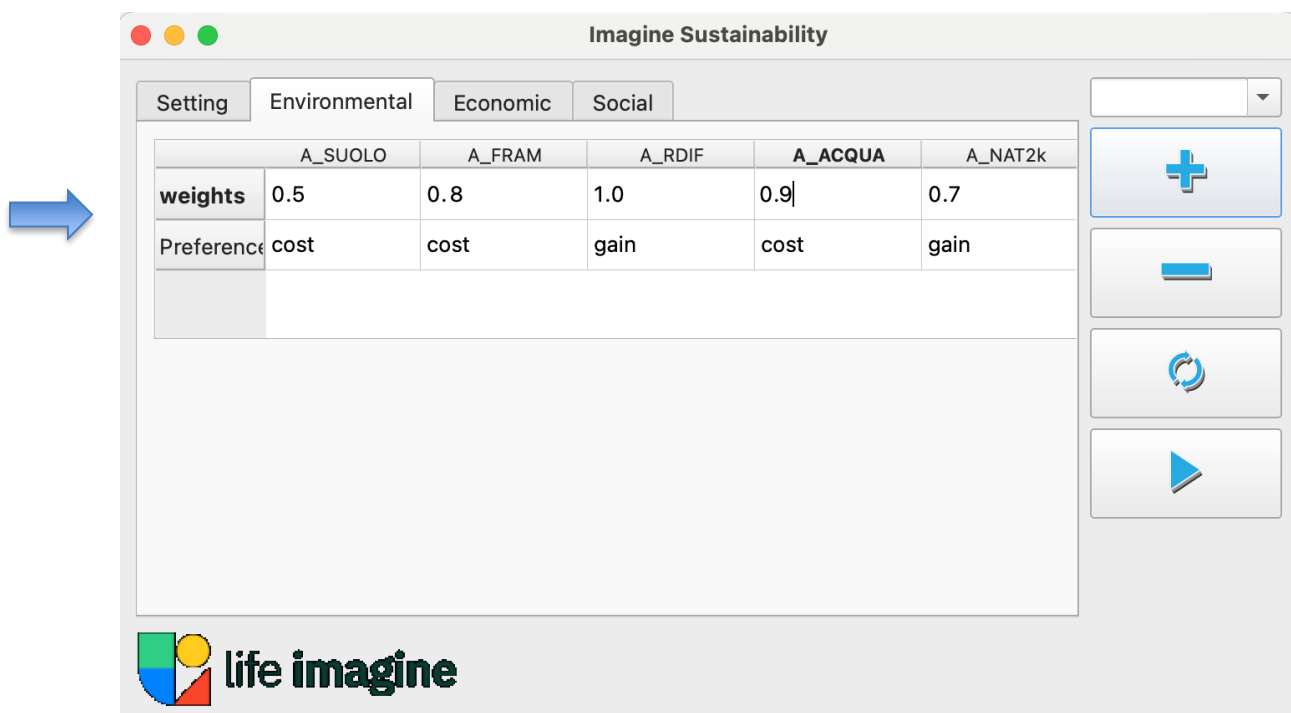
Rimangono a questo punto da selezionare i pesi (che sono parte integrante dell'analisi multicriteriale alla base del funzionamento dello strumento) e i livelli di preferenza (Fig. 11).

- La riga "Weights" contiene i pesi attribuiti a ciascun criterio riportato nelle singole colonne. Il valore dei singoli pesi può essere definito dall'utente con un inserimento diretto: la somma dei pesi per ogni riga deve essere pari a 1. Le modalità di calcolo dei pesi da assegnare a ciascun criterio possono essere molteplici, ma non sono oggetto della presente trattazione

- "Preference" invece qualifica il singolo criterio in funzione della preferenza assegnata nel calcolo della sostenibilità, ovvero dell'"andamento" dell'indicatore. Se all'aumentare del valore numerico del criterio la sostenibilità tende a crescere, allora il valore è da impostare come "Gain" (aumento), diversamente dovrà essere impostato come "Cost" (costo). Cliccando sulla casella con il mouse, il valore cambierà alternativamente da "Gain" a "Cost" e viceversa.

**Le operazioni di definizione dei pesi e dell'andamento degli indicatori vanno effettuate per ciascuna delle dimensioni analizzate.**

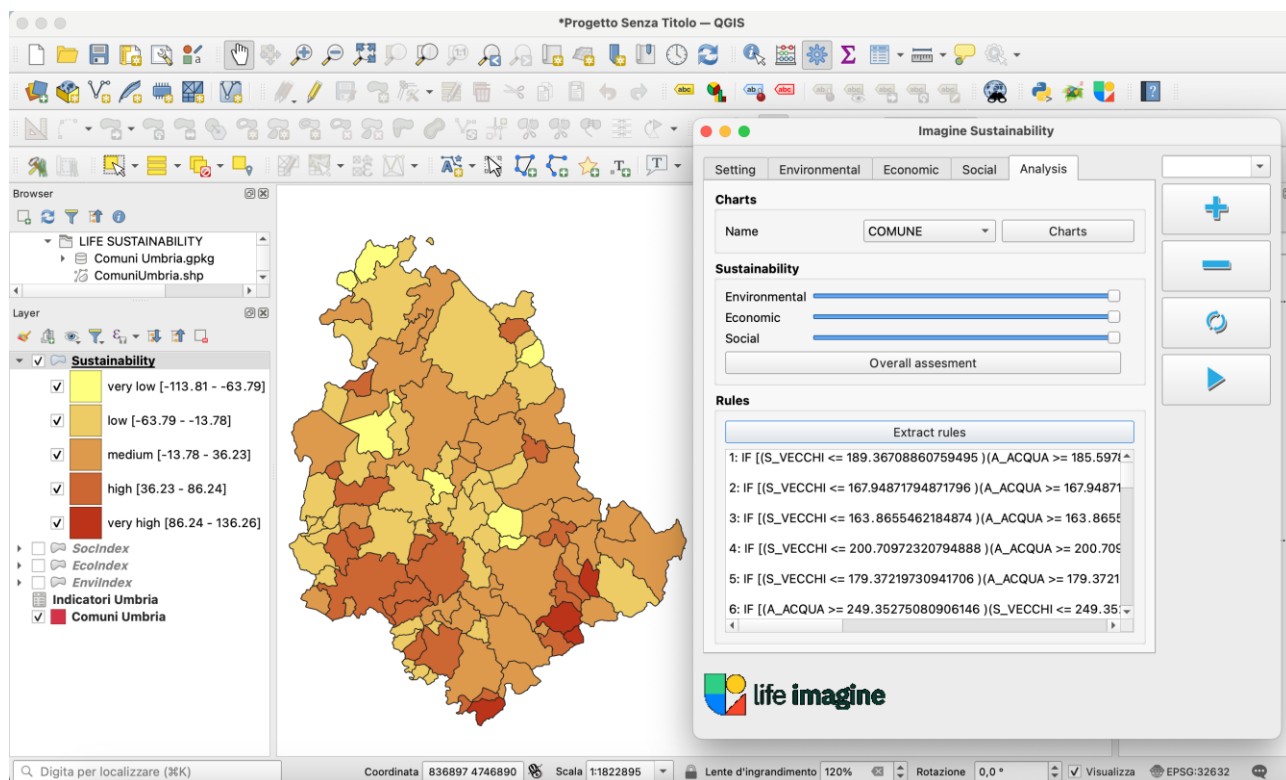
Fig. 11 - Definizione dei pesi e delle preferenze



## Passo 4. Elaborazione dei risultati

- Una volta terminate le operazioni di cui al passo 3, si clicca sulla freccia a destra, che corrisponde al comando “Process”. In questo modo, vengono elaborati gli indici relativi alle tre dimensioni e le relative mappe (si veda il prossimo paragrafo relativo alla tipologia di risultati).
- Dopo avere combinato, secondo le preferenze dell’utente, gli indici delle singole dimensioni tramite le barre orizzontali (slide bars) (Fig. 12) si può cliccare sul pulsante “Overall Assessment”, per procedere alla valutazione della sostenibilità globale.
- A questo punto, sul pannello dei layers di QGIS (collocato sulla colonna di sinistra), sarà comparso un nuovo layer che si chiama “Sustainability”, insieme a tutte le mappe di sostenibilità derivanti dall’elaborazione.

**Fig. 12 – Valutazione sostenibilità globale tramite combinazione lineare dei singoli indici.**



- I risultati numerici possono essere esportati cliccando su “Sustainability” con il tasto destro, andando su “Esporta/ Salva elementi come/ Formato “Foglio di calcolo”, e salvando quindi il file, ad esempio con il nome “Risultati”, nella stessa cartella dove si sono salvati anche i file iniziali necessari per l’elaborazione.

## 7. Tipologia di risultati ottenibili

Come detto inizialmente, da Imagine Sustainability si ottengono sia output numerici (indici sintetici di sostenibilità) che output grafici e cartografici, rappresentati da grafici e mappe.

### *Indici numerici di sostenibilità*

Se si considerano le tre dimensioni classiche della sostenibilità, per ogni unità territoriale analizzata vengono calcolati tre tipi di indici numerici, in accordo con il principio della sostenibilità forte, per cui le tre dimensioni della sostenibilità rimangono separate:

- l’indice di sostenibilità ambientale (ENVINDEX);
- l’indice di sostenibilità economica (ECOINDEX);
- l’indice di sostenibilità sociale (SOCINDEX).

Inoltre, è calcolabile anche un quarto indice, rappresentante la sostenibilità globale (SUSTINDEX), ottenuto tramite una somma pesata dei tre differenti indici (secondo il principio quindi della sostenibilità debole).

### *Mappe di sostenibilità*

Cliccando sulla voce “**Sustainability**” vengono visualizzate le mappe della sostenibilità, in accordo con le tre dimensioni.

Sono visualizzabili la mappa relativa alla sostenibilità ambientale (ENVINDEX MAP), per l’area di indagine analizzata, la mappa relativa alla sostenibilità economica (ECOINDEX MAP) e quella relativa alla sostenibilità sociale (SOCINDEX MAP). La quarta mappa, rappresentante un indice di sostenibilità globale (SUSTINDEX MAP), è frutto della somma pesata di cui sopra.

La colorazione delle mappe è graduata dal rosso (valore di sostenibilità maggiore) al giallo (valore di sostenibilità minore) e accanto ad un giudizio qualitativo viene anche rappresentato il range a cui una determinata colorazione si riferisce. È utile ricordare che tale rappresentazione può essere agevolmente modificata e personalizzata dall'utente con i comuni strumenti disponibili in QGIS, così come è possibile effettuare l'esportazione delle mappe stesse.

### Grafici

Il pulsante “**Charts**” nella maschera del plugin fornisce una rappresentazione grafica del risultato delle analisi. Possono essere visualizzati tre differenti tipi di grafici: l'istogramma (Fig. 13), il grafico a barre (Fig. 14) e il grafico a bolle (Fig. 15).

**L'ISTOGRAMMA:** in cui le tre dimensioni, per ogni unità di analisi, sono affiancate l'una all'altra. Non avviene quindi alcuna compensazione tra una dimensione e l'altra (principio della sostenibilità forte). Ogni barra è adimensionale e ha un valore compreso tra 0 e 1.

Più è alta la barra e migliore è la performance della relativa dimensione. Questo grafico ci permette di vedere quanto è “performante” ciascuna dimensione in ogni unità territoriale analizzata.

**IL GRAFICO A BARRE:** in questo grafico, a differenza dell'istogramma, le tre dimensioni vengono sommate tra loro (per ogni unità di analisi), consentendo di effettuare una graduatoria finale di sostenibilità globale, fra tutte le unità territoriali considerate (principio sostenibilità debole). La somma dei singoli indici varia tra 0 e 3 in questo caso.

**IL GRAFICO A BOLLE:** è un grafico molto efficace in termini di visualizzazione, in quanto ci permette di visualizzare efficacemente tutte e tre le dimensioni della sostenibilità in un unico grafico. Lungo l'asse delle ascisse è rappresentata la dimensione economica, lungo l'asse delle ordinate è rappresentata la dimensione sociale, mentre il colore delle bolle (dal rosso al verde) rappresenta la dimensione ambientale. Il grafico a bolle viene generato solo ed esclusivamente quando si usano le tre dimensioni base della sostenibilità. Se viene aggiunta anche la dimensione biodiversità non viene prodotto.

Fig. 13 – Esempio di istogramma

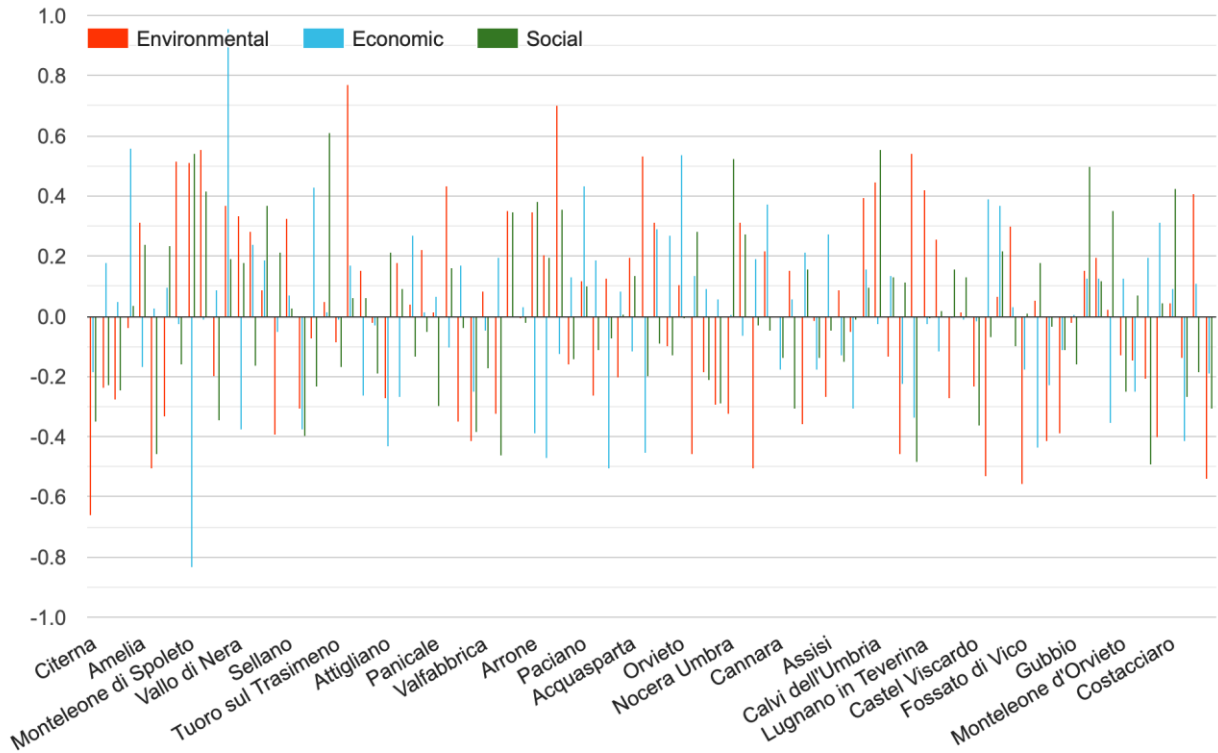


Fig. 14 – Esempio di grafico a barre

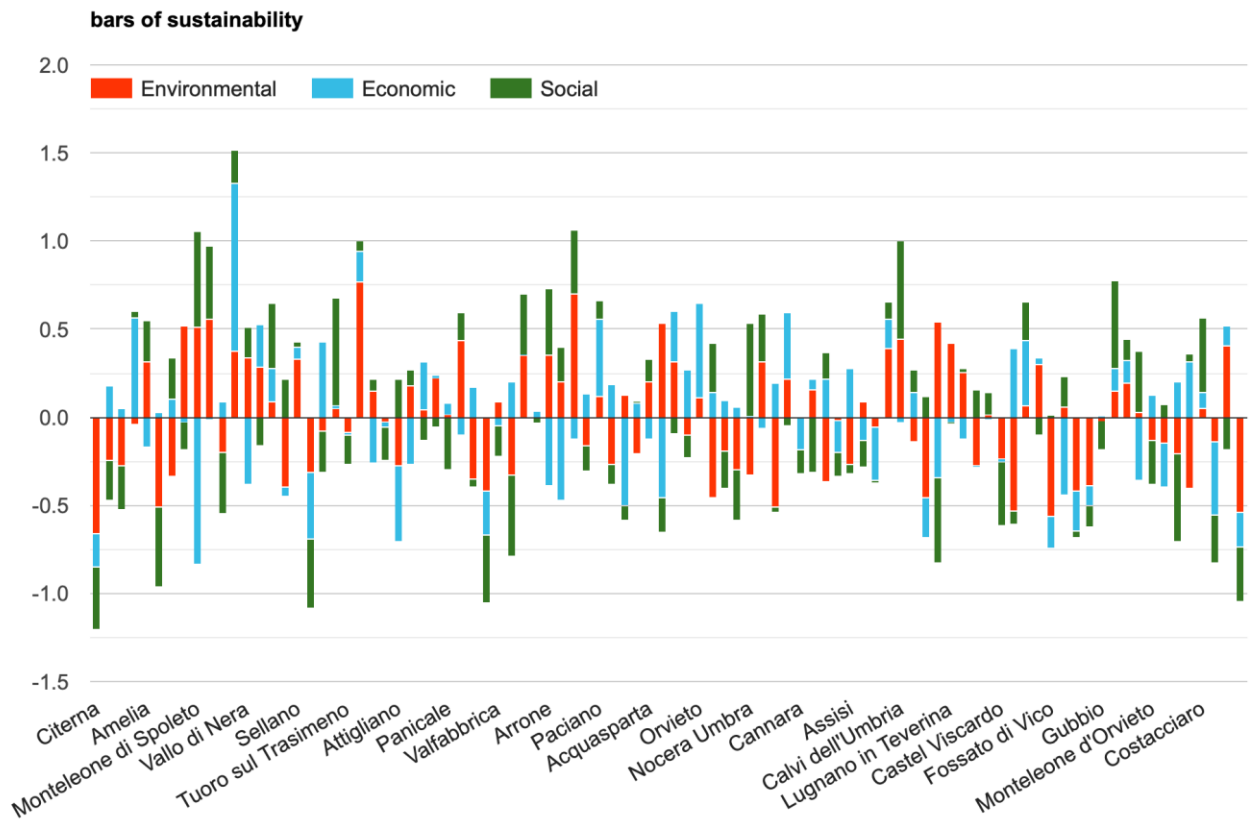
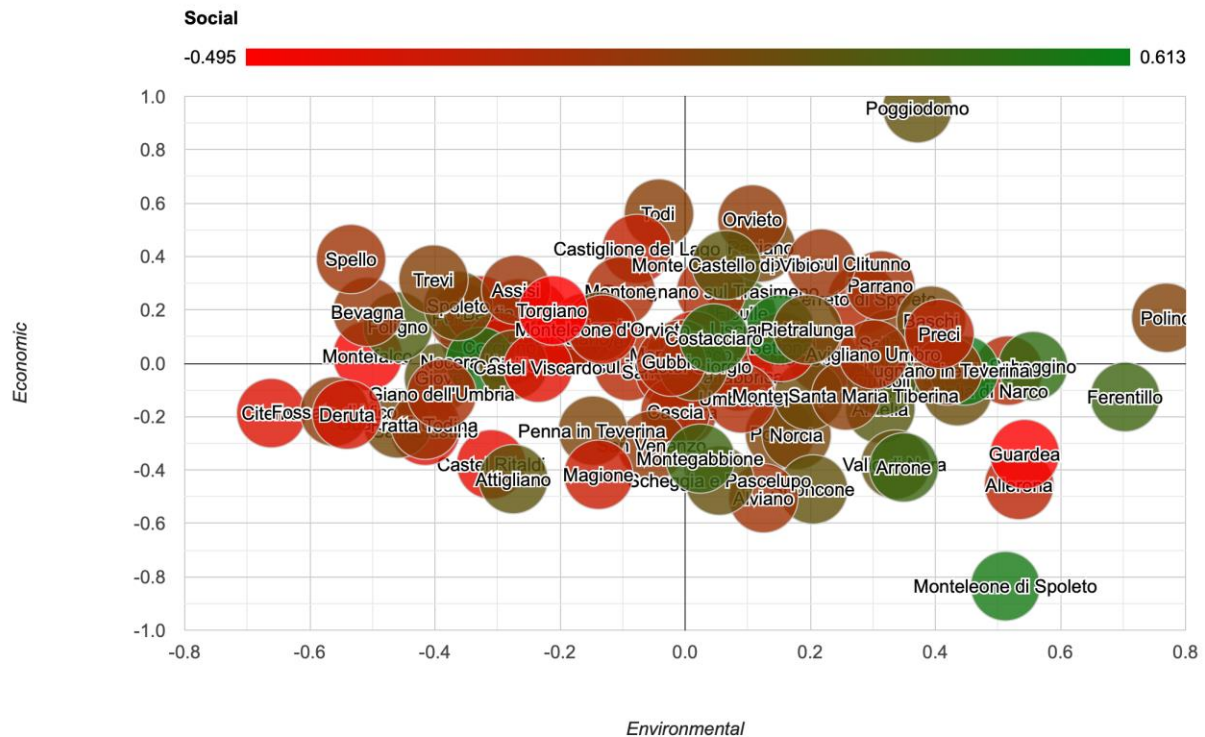


Fig. 15 – Esempio di grafico a bolle



## 8. Analisi di tracciabilità tramite la Back Analysis

L'analisi di tracciabilità dei risultati, disponibile all'interno di Imagine Sustainability, è molto utile e costituisce un punto di forza del modello. Infatti, grazie all'applicazione del metodo multicriteriale "Dominance Based Rough Set Approach" (Greco et al., 2001), l'utente è in grado di analizzare ogni singolo passo che porta al risultato finale, scoprendo quali indicatori e quali dimensioni hanno il maggiore impatto sui risultati (Back Analysis). Questo rende il modello uno strumento facilmente leggibile e trasparente.

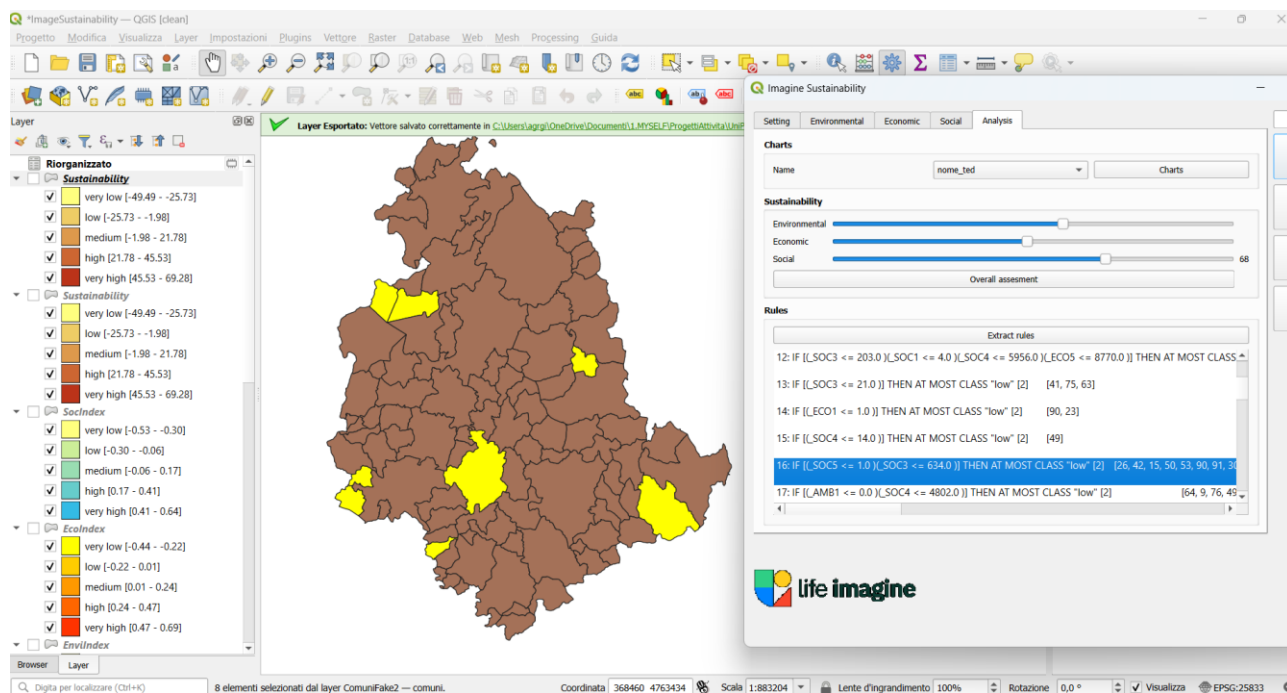
In particolare, vengono generate delle così dette **regole decisionali** che descrivono i nostri risultati. Le regole decisionali possono essere definite come affermazioni logiche, facilmente comprensibili, dal momento che sono sotto la forma del 'Se ... allora ...'. Ogni regola contiene le condizioni che la caratterizzano, l'assegnazione della classe decisionale risultante, e i casi che la supportano.

Nella maschera del plugin è presente un pulsante denominato “**Extract Rules**” (Fig. 11), per la generazione delle regole decisionali sulla base della classificazione precedentemente fornita dall'algorithm PROMETHEE.

Tali regole vengono mostrate all'interno della sezione “Rules” e l'utente cliccando sopra ciascuna di queste, “accende” le unità geografiche dove tale regola risulta verificata (Fig. 16). In altri termini, è possibile visualizzare in ambiente geografico la singola regola decisionale estratta dal database di indicatori impiegato nell'analisi, mostrando gli esempi che supportano quella regola.

- Se una regola ha una sintassi del tipo **IF A >= X THEN AT LEAST i-th**, possiamo leggerla come: “Se il criterio A ha un valore maggiore o uguale a X, allora la classe di appartenenza sarà almeno la classe i-esima”.
- Se la regola estratta ha una sintassi del tipo **IF A >= X THEN AT MOST i-th**, può essere letta come: “Se il criterio A ha un valore maggiore o uguale a X, allora la classe di appartenenza sarà al massimo la classe i-esima”.

**Fig. 16 - Visualizzazione in ambiente geografico delle singole regole decisionali generate dalla elaborazione.**



## Bibliografia

Brans, J.P., 1982. L'ingénierie de la décision. Elaboration d'instruments d'aide à la décision. Méthode PROMETHEE. In: Nadeau, R., Landry, M. (Eds.), Aide à la Décision: Nature, Instruments et perspectives D'avenir. Presses de Université Laval, Québec, Canada, pp. 183-211

Greco S., Matarazzo B., Slowinski R. (2001): Rough set theory for multicriteria decision analysis, European Journal of Operational Research, 129.

QGIS user manual: <https://qgis.org/it/docs/index.html>