

UNO STUDIO LCA SULL'IMPATTO DELLE CENTRALI A BIOMASSE

UNO STUDIO DI ARPAE E UNIVERSITÀ DI BOLOGNA STIMA GLI IMPATTI AMBIENTALI CORRELATI AI SISTEMI DEGLI IMPIANTI ENERGETICI A BIOMASSA A SCALA REGIONALE ATTRAVERSO UN APPROCCIO LCA (LIFE CYCLE ASSESSMENT). LA METODOLOGIA È UTILE PER VALUTARE LA RAZIONALIZZAZIONE E LOCALIZZAZIONE NEL TERRITORIO DI QUESTO TIPO DI IMPIANTI.

Come stimare gli impatti ambientali dei settori energetici *green*, come quelli degli impianti a biomassa a scala regionale? Esistono tipologie molto diverse di centrali elettriche a biomassa: a combustione di biomasse solide, a combustione legnosa, biogas da agricoltura, biogas da industrie alimentari, biogas da discarica, a

bioliquidi per la produzione di bioetanolo o biodiesel ecc., ognuna basata su differenti filiere di approvvigionamento e tecnologie, finalizzate alla produzione di energia elettrica e/o calore.

In Emilia-Romagna nel 2000 erano presenti 26 centrali a biomassa con una potenza elettrica installata di 89 MWel; nel 2016 gli impianti attivi

erano 316, con una potenza elettrica complessivamente installata pari a 210 MWel [1].

A livello di pianificazione, a scala territoriale e regionale, sarebbe utile quantificare l'impatto ambientale prodotto da tutte queste centrali in modo da razionalizzare la loro diffusione e localizzazione nel territorio.

Group	Plant code	Starting features of plant	Energy production implemented in Simapro 7.3 for Ecoindicator'99 comparison
ECOINVENT references	e01	Electricity, production mix IT/IT U	8000 MWhel./year
	e02	Electricity, oil, at power plant/IT U	8000 MWhel./year
	e03	Electricity, production mix fotovoltaic, at plant/IT U	8000 MWhel./year
	e04	Electricity, at wind power plant/RER U	8000 MWhel./year
	e05	Electricity, hydropower, at power plant/IT U	8000 MWhel./year
	e06	Dummy, Electricity, geothermal, unspecified/US	8000 MWhel./year
	SG.e07	Electricity, at cogen 6400 kWth, wood, emission control, allocation energy/CH U	8000 MWhel./year
	SW.e08	Electricity, at cogen, biogas agricultural mix, allocation energy/CH U	8000 MWhel./year
BIOGAS case studies	B1	249 kW.el - Silage maize 98%	8000 MWhel./year
	B2	888 kW.el - Meat food industry + agro-zoo	8000 MWhel./year
	B3	999 kW.el - Sugar industry + agriculture	8000 MWhel./year
	B4	999 kW.el - Sugar industry + agriculture	8000 MWhel./year
	B5	999 kW.el - Sugar industry + agriculture	8000 MWhel./year
	B6	130 kW.el - Agro-zootechnical	8000 MWhel./year
	B7	380 kW.el - Agro-zootechnical	8000 MWhel./year
	B8	870 kW.el - Urban organic waste	8000 MWhel./year
BIOGAS unitary standard plants	BG1 - silage maize 100%	1000 kW.el - Agricultural energy crops	8000 MWhel./year
	BG2 - agro-zootechnical	1000 kW.el - Agricultural + livestock	8000 MWhel./year
	BG3 - food industry	1000 kW.el - Food industry	8000 MWhel./year
	BG4 - org. waste	1000 kW.el - Organic waste	8000 MWhel./year
WOOD COMBUSTION case studies	W1	35 kW.el - Forest wood	8000 MWhel./year
	W2	35 kW.el - Forest wood	8000 MWhel./year
	W3	30000 kW.el - Populus L. Arboriculture	8000 MWhel./year
	W4	30000 kW.el - Populus L. Arboriculture	8000 MWhel./year
	W5	30000 kW.el - Populus L. Arboriculture	8000 MWhel./year
	W6	30000 kW.el - Forest wood	8000 MWhel./year
	W7	200 kW.el - Forest wood	8000 MWhel./year
WOOD COMBUSTION unitary standard plants	WP1 - arboriculture	1000 kW.el + 2400 kW.th - Populus L. Arboriculture	8000 MWhel./year
	WP2 - arboriculture	2400 kW.th - Populus L. Arboriculture	9600 MWh.thermal/year
	WF3 - forest wood	1000 kW.el + 2400 kW.th - Forest wood	8000 MWhel./year
	WF4 - forest wood	2400 kW.th - Forest wood	9600 MWh.thermal/year

TAB. 1 LCA

Elenco dei diversi tipi di impianti implementati nel software Simapro 7.3 applicando la metodologia Lca Ecoindicator'99 100y, ognuno per una produzione elettrica annuale di 8000 MWhel/anno.

Arpae insieme al Dicam (Dipartimento di ingegneria civile, chimica, ambientale e dei materiali, Università di Bologna) ha cercato di rispondere a questa esigenza utilizzando un approccio Lca strutturato a grande scala: sono stati creati a tavolino 8 diversi impianti a biomassa *Unitari standardizzati* realistici di riferimento (“impianti Us”), specifici e differenti per ognuna delle principali filiere/tecnologie approvvigionamento degli impianti a biomassa, caratterizzati ciascuno da 1 MWel di potenza elettrica installata e 8000 MWhel./anno di produzione elettrica.

Successivamente all’implementazione dei dati nel software Simapro 7.3 [2] sono stati calcolati i relativi impatti e danni ambientali secondo la metodologia Ecoindicator’99 100y [3] per una produzione elettrica unitaria 8000 MWhel/anno corrispondente a un impianto a biomassa con una potenza elettrica di 1 MWel, ovvero gli impatti unitari.

I risultati unitari ottenuti sono stati anche confrontati sia con i riferimenti svizzeri presenti nel database europeo Lca Ecoinvent per la produzione di elettricità da biogas e da combustione legnosa, sia con i risultati ottenuti dall’implementazione dei dati di ulteriori 15 casi studio reali.

A questo punto, moltiplicando i suddetti valori unitari di impatto e danno ambientale per i valori delle potenze elettriche dei diversi tipi di impianti a biomassa installate nel 2016 a scala regionale, si è ottenuta la stima, sia qualitativa che quantitativa, degli impatti

e danni generati a livello regionale dai diversi tipi impianti a biomassa. È importante notare che è anche possibile ripetere tale calcolo per qualsiasi altra regione italiana, in quanto grazie agli impatti e danni ambientali unitari per l’analisi territoriale serve conoscere solo le relative potenze elettriche complessivamente installate. Sarà poi possibile confrontarne i risultati con quelli da noi ottenuti per l’Emilia-Romagna.

Tali stime, infine, essendo state ottenute tramite metodologia ufficiale Lca Ecoindicator’99 100y, potranno essere ulteriormente confrontate in maniera armonica con altri sistemi produttivi del tutto diversi, siano essi di tipo prettamente energetico come quelli degli impianti eolici, oppure di tipo totalmente diversi, come per esempio quello degli impianti di produzione di piastrelle e ceramica, sempre a patto che siano stati anch’essi costruiti e implementati secondo tale metodologia.

Gli impianti unitari standardizzati Us sono stati costruiti a tavolino, sia grazie a un’approfondita ricerca bibliografica, sia grazie all’utilizzo dei dati di progetto di 15 casi studio reali, effettuati in funzione sia degli stessi impianti fisici che delle loro rispettive filiere di approvvigionamento. A tal fine, per ogni singolo parametro, sono stati utilizzati sì valori realistici di bibliografia e/o di progetto, ma non medi. In pratica, il loro valore è stato scientemente scelto all’interno del suo *range* bibliografico sia in funzione di un giudizio di rappresentatività empirica, che in

funzione della sua semplicità tecnica di utilizzo. Tutti i valori adottati, i *range* trovati e i loro riferimenti bibliografici sono citati e disponibili nel presente articolo.

È stato utilizzato il termine “standardizzati” per sottolineare il fatto che questi impianti e le loro filiere di approvvigionamento costruite a tavolino sono realistici, ma non reali e/o costituiti da dati medi e/o mediati. È stato utilizzato anche il termine “unitari” in quanto sono riferiti a singoli impianti, con diversa filiera e tecnologia, di 1 MWel di potenza elettrica installata operante per 8000 ore lavorative/anno, così da produrre ognuno 8000 MWhel/anno di elettricità.

Grazie a queste unità funzionali di riferimento, il pianificatore può stimare in maniera estremamente semplice e veloce l’impatto e il danno ambientale di sistemi territoriali/regionali vasti. Il limite del metodo qui applicato, ma anche il vantaggio, consiste nel fatto che questo “generalizza in maniera realistica” ogni diversa tipologia di impianto, a fronte del fatto che nel settore degli impianti a biomassa, nonostante le tecnologie siano ben definite (a combustione di biomassa o a biogas) ogni singolo impianto è caratterizzato da una filiera di approvvigionamento estremamente diversa e specifica rispetto a quelle degli altri impianti simili.

All’atto concreto, sono stati definiti 8 impianti Unitari standardizzati, di cui 4 a biogas e 2 a combustione legnosa, destinati prioritariamente alla produzione elettrica caratterizzati

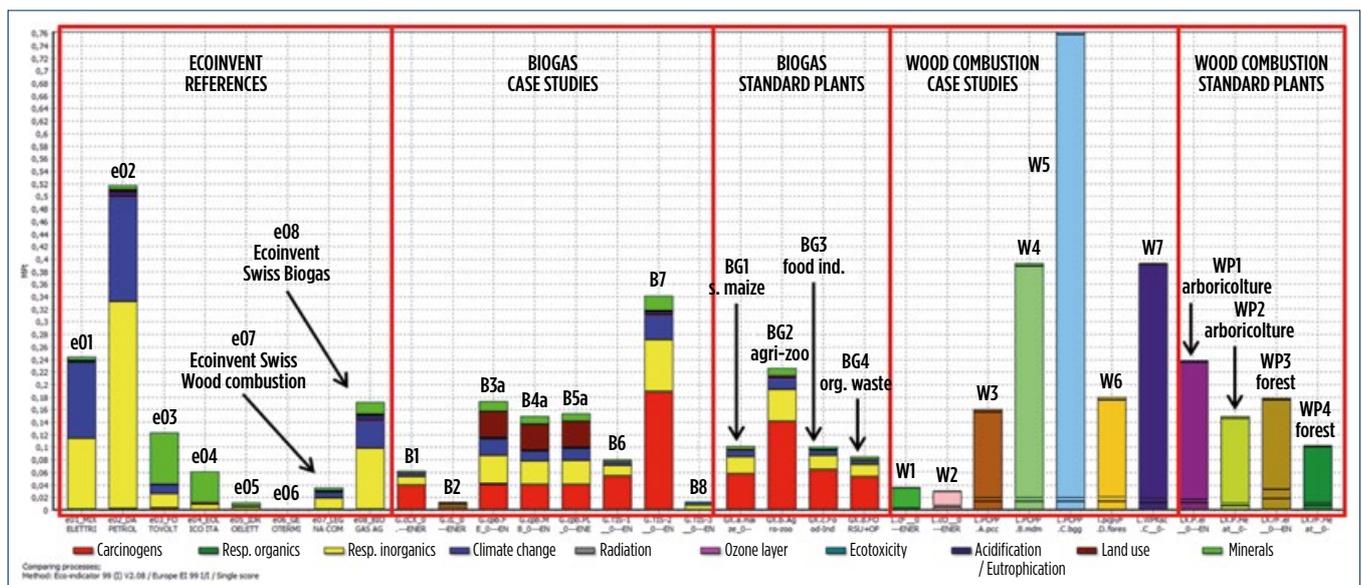


FIG. 1 LCA

Grafico complessivo dei risultati ottenuti dal confronto dei diversi tipi di fonte energetica e tipi di impianti a biomassa calcolati in funzione di una produzione elettrica unitaria di 8000 MWhel/anno (o 9600 MWhtherm/anno nel caso di WP2 e WF4) secondo le categorie di impatto ambientale del metodo di analisi LCA Ecoindicator’99 100y.

Nota: a causa dell’elevato numero di impianti, nel mostrare il grafico totale il software Simapro 7.3 non riesce a restituire correttamente i colori relativi agli impatti degli impianti a combustione legnosa. Tale imprecisione viene comunque subito corretta analizzando il grafico dei soli impianti a combustione legnosa, che risultano quasi interamente colorati di marrone, ovvero del colore rappresentativo della categoria di impatto del consumo di territorio).

da 1 MWel con produzione di 8000 MW_hel/anno elettrici, insieme ad altri 2 impianti a combustione legnosa destinati esclusivamente alla produzione di calore per il teleriscaldamento solo nei 6 mesi freddi (4000 ore/anno di funzionamento) caratterizzati da una potenza termica di 2,4 MW_{therm} associata ad una produzione di 9600 MW_htherm/anno e che richiedono la metà della quantità annuale di biomassa legnosa utilizzata dagli altri 2 impianti a combustione legnosa per la produzione elettrica.

Ogni singolo impianto Us corrisponde di per sé all'unità funzionale principale adottata per l'analisi Lca (1 MWel = 8000 MW_hel/anno) il che rende facile e immediato il confronto unitario tra i diversi sistemi di impianti a biomassa. I 2 impianti "solo termici" quindi non possono essere confrontati in maniera diretta con gli impianti "prioritariamente elettrici", ma rappresentano comunque un importantissimo riferimento quali-quantitativo fondamentale per la pianificazione energetica territoriale, in quanto, a parità di biomassa legnosa consumata in un anno, questi permettono di valutare l'opportunità di incentivare o disincentivare gli impianti di produzione termica rispetto a quelli di produzione elettrica in funzione delle specificità territoriali, ovvero, sia della disponibilità di legna approvvigionabile in maniera sostenibile, sia delle esigenze del

territorio stesso dal punto di vista socio-economico-produttivo.

Al fine di validarne la validità, oltre ai 6+2 impianti Us, all'interno del software di calcolo Simapro 7.3 sono implementati anche i dati di 15 casi studio reali e/o di scenario insieme ai riferimenti Lca Ecoinvent di ulteriori 8 altri tipi di fonte energetici comprensivi dei riferimenti specifici per le produzioni elettriche italiane e quelle da biogas e da combustione legnosa svizzera. Tutti gli impianti unitari standardizzati Us, i casi studio reali e i riferimenti Ecoinvent sono stati quindi elaborati con la metodologia Lca Ecoindicator'99 100y, ognuno in riferimento alla produzione elettrica di 8000 MW_hel/anno, in modo da poter confrontare tra loro in maniera coerente i relativi impatti e danni ambientali.

Per stimare gli impatti ambientali complessivi a scala regionale generati dai diversi sistemi energetici si sono moltiplicati i valori di impatto e di danno ambientale riferiti ai singoli impianti US (pari a 1 MWel di potenza e 8000 MW_hel/anno di produzione elettrica) per i relativi valori complessivi regionali di potenza elettrica installata dei diversi tipi di sistemi a biomassa registrati nel catasto Gis Arpae 2016 [1].

Oltre a questo, ai fini di un'analisi più ampia, i valori regionali di potenza installata sono stati moltiplicati anche per le sommatorie degli impatti/danni dei

3 tipi di impianti Us a biogas a colture energetiche, dell'agro-zootecnica e dell'agro-industria alimentare.

Alla luce di tutto quanto espresso, si ritiene che la metodologia di approccio fondata sui diversi tipi di impianti Us possa rappresentare un ottimo strumento per stimare e quantificare dei valori di impatto e danno ambientali generati dai loro rispettivi sistemi di impianti a biomassa a scala territoriale/regionale. L'articolo completo, comprensivo di tutti i parametri e valori utilizzati con relativi riferimenti bibliografici, è disponibile al link <http://bit.ly/Vignoli2018a>.

Luca Vignoli^{1,2}, Paolo Cagnoli^{1,2}, Alessandra Bonoli¹

1. Università di Bologna, Dipartimento di ingegneria civile, chimica, ambientale e dei materiali (Dicam)

2. Arpae Emilia-Romagna

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Arpae-Evac, "Sistema informativo energia-ambiente dell'Emilia-Romagna", 2016, online, https://www.arpae.it/dettaglio_generale.asp?id=3778&idlivello=2031.
- [2] Simapro, "Simapro - Ecoinvent v3. High-Quality Lci Database Integrated in SimaPro", 2017, online, <https://simapro.com/databases/ecoinvent/>
- [3] R.S. Koedkoop Mark, "The Ecoindicator'99 - A damage orientated method for Life Cycle Impact Assessment - Methology Report", 2001.

Ecoindicator'99 impacts/damages MPoints/year amounts		Ecoinvent	Standard's sum	Standard			Ecoinvent	Standard
		e08 Ecoinvent Swiss biogas ref.	SUM BG1+BG2+BG3	BG1 Standard only crops	BG2 Standard agro-zoo	BG1 Standard food industries	e07 Ecoinvent Swiss wood combustion ref.	WF3 Standar Forest wood combustion
Regional Biomass electric installed power	MWel.	124,6	124,6	45,78	41,67	37,15	84,96	84,96
IMPACTS								
Total	Mpt	21,4	17,6	10,4	4,2	3,0	3,0	15,2
Carcinogens	Mpt	0,1	9,3	6,5	2,7	0,2	0,3	0,1
Resp. organics	Mpt	0	0	0	0	0	0,3	0
Resp. inorganics	Mpt	12,1	3,3	2,3	0,9	0	0,1	1,5
Climate change	Mpt	5,5	1,1	0,8	0,3	0	0	1,1
Radiation	Mpt	0	0	0	0	0	0	0
Ozone layer	Mpt	0	0	0	0	0	0	0
Ecotoxicity	Mpt	0	0,2	0	0	0,2	0,7	0
Acidification/Eutrophication	Mpt	1,2	0,9	0,2	0,1	0,7	1,5	0,1
Land use	Mpt	0,1	0	0	0	0	0	12,1
Minerals	Mpt	2,4	2,8	0,6	2,0	2,0	0,1	0,3
DAMAGES								
Total	Mpt	21,4	12,7	10,4	4,2	3,1	3,0	15,2
Human health	Mpt	17,7	13,5	9,6	3,9	0	0,3	2,7
Ecosystem quality	Mpt	1,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,4	12,2
Resources	Mpt	2,4	3,7	0,6	0,2	2,9	2,3	0,3

TAB. 2 IMPATTI E DANNI AMBIENTALI

Sintesi degli impatti e dei danni ambientali stimati complessivamente a scala regionale (espresso in MegaPunti secondo la metodologia Ecoindicator'99 100y) relative sia ai singoli diversi sistemi di filiera, sia alla loro somma complessiva.