

INTERVENTI

Le biomasse legnose non sono vere energie rinnovabili e il loro uso causa gravi effetti sulla salute

Wood biomasses are not genuine renewable energy and their use causes serious impact on health

Ugo Corrieri

ISDE-Medici per l'ambiente Italia

Corrispondenza: ugo corrieri@gmail.com

Una ricerca pubblicata sul *Lancet*,¹ estesa a livello mondiale negli ambienti urbani e rurali, ha stimato in circa 4,2 milioni ogni anno le morti premature dovute all'inquinamento atmosferico, principalmente a causa del PM_{2,5}. Secondo gli autori, la maggior parte delle morti premature avvengono in Asia (soprattutto in India e Cina) e sono dovute all'inquinamento causato dalla combustione di residui fossili (carbone); tuttavia, vi sono importanti emissioni dannose anche negli Stati Uniti e in Europa, soprattutto a causa del traffico veicolare, della produzione energetica e industriale e delle attività agricole.

Il presente contributo, basandosi essenzialmente su dati ufficiali forniti dall'Agenzia ambientale europea (EEA), dall'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA) e dal Gestore servizi energetici (GSE, società integralmente controllata dal Ministero italiano dell'economia), intende mostrare come in Italia sia grande l'impatto sulla salute della popolazione dovuto alle emissioni di PM_{2,5} da parte della combustione di tutte le biomasse legnose, e come una parte non trascurabile di questo impatto sia dovuta alle centrali a biomasse incentivate con denaro pubblico per la produzione di energia elettrica. Si analizzano, inoltre, altri problemi che le biomasse causano all'ambiente e alla salute umana.

LE BIOMASSE SONO CLIMALTERANTI

Un recente articolo scientifico pubblicato su *Nature Communications*² afferma che la nuova *Renewable Energy Directive* (RED) europea potrà causare gravi danni alle foreste e aumentare fortemente le emissioni di gas serra, stimando che le emissioni di CO₂ da combustione di biomasse legnose siano una volta e mezzo maggiori rispetto alle emissioni del carbone e 3 volte quelle del gas naturale. Agli inizi del 2018, 784 scienziati hanno scritto al Parlamento europeo per segnalare che usare legna come combustibile rinnovabile accelererà il cambiamento climatico.³ Lo scorso 04 marzo 2019, un gruppo di organizzazioni no-profit e cittadini di sei Paesi (Estonia, Francia, Irlanda, Romania, Slovacchia, Stati Uniti) ha presentato alla Corte di giustizia europea un'azione legale per rimuovere le biomasse legnose dalle energie rinnovabili. Il ricorso spiega come l'affermazione utilizzata dai fautori dell'uso

di biomasse legnose come combustibile, cioè che le biomasse sarebbero *carbon neutral*, perché bruciando un albero di 50 o 100 anni di età si emette in atmosfera la stessa quantità di CO₂ che un nuovo albero sarà in grado di assorbire nell'arco di 50 o 100 anni, sia speciosa e fuorviante. È, infatti, comprensibile che le emissioni di CO₂ avvengono subito tutte assieme, mentre il riassorbimento avviene in un arco di tempo lungo, che in base agli ultimi dati verosimilmente non è più a nostra disposizione. Secondo il rapporto dell'ottobre 2018, redatto a Incheon (Corea del Sud) dall'Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC), frutto di due anni di lavoro di 91 ricercatori di 44 Paesi che hanno esaminato 6.000 studi e valutato 42.000 dichiarazioni di colleghi e governi, il riscaldamento globale supererà la soglia di +1,5 gradi nel 2030. Ne consegue che sono disponibili solo pochi anni per invertire la tendenza e che per diminuire significativamente le quantità di CO₂ emesse in atmosfera non dovrebbero essere bruciate in primo luogo le biomasse legnose, che emettono più CO₂ dei combustibili fossili.²

LA COMBUSTIONE DELLE BIOMASSE LEGNOSE È RESPONSABILE OGNI ANNO IN ITALIA, PER IL SOLO PM_{2,5}, DI OLTRE 20.000 MORTI PREMATURE

Secondo l'*AIR Quality in Europe, Report 2018* della European Environment Agency, ogni anno in Italia si verificano 60.600 morti premature a causa del PM_{2,5} atmosferico.⁴ Secondo ISPRA, circa la metà del PM_{2,5} è causato da emissioni primarie. Sempre secondo ISPRA,⁵ il 68,2% di tutto il PM_{2,5} italiano emissivo è dovuto alle emissioni del macrosettore M2 della classificazione SNAP 1997. Nei "Fattori di emissione per le sorgenti di combustione stazionarie in Italia",⁶ sempre ISPRA certifica che il 98,97% del PM_{2,5} del macrosettore M2 è emesso dalla combustione di tutte le biomasse solide. Applicando un semplice calcolo proporzionale (60.600 x 0,5 x 0,682% x 0,9897% = 20.451), si può stimare che oltre 20.000 morti premature in Italia siano dovute alle combustioni di tutte le biomasse legnose.

In base a questi dati, è iniziato un ripensamento sull'uso indiscriminato delle biomasse: per esempio, in Emi-

INTERVENTI

BOX

Le centrali a biomasse solide legnose incentivate emettono il 7,19% di tutto il PM_{2,5} emesso da tutte le biomasse legnose e sono responsabili, quindi, per il solo PM_{2,5} che emettono in atmosfera, di (20.451 x 0,0719 = 1.470) quasi 1.500 morti precoci ogni anno in Italia. I 703,9 ktep complessivi di tutti gli impianti a biomasse solide legnose, elettrici e di cogenerazione, incentivati dal GSE nel 2017, corrispondono (1 tep = 41,868 GJ) a 29.470.885,2

GJ, moltiplicando i quali per 312 g otteniamo complessivi 9.194.916.182,4 grammi di PM_{2,5}. Nell'ipotesi migliore per le emissioni delle centrali, quella che tutti i rimanenti 7.053,2 ktep (91%) di energia ottenuta dalla combustione di tutte le rimanenti biomasse legnose, corrispondenti a 295.303.377,6 GJ, siano prodotti da combustioni che emettono 402 g di PM_{2,5}/GJ, otteniamo 118.711.957.795,2 grammi complessivi di PM_{2,5}.

Un semplice calcolo (9.194.916.182,4 x 100 / 118.711.957.795,2 + 9.194.916.182,4 = 7,19) mostra che almeno il 7,19% del complessivo PM_{2,5} emissivo italiano è prodotto dalle centrali a biomasse solide legnose incentivate economicamente, che sono responsabili, quindi, per il solo PM_{2,5} che emettono in atmosfera, di (20.451 x 0,0719 = 1.470) quasi 1.500 morti precoci ogni anno in Italia.

lia-Romagna sono state vietate stufe a legna, a pellet e a cippato al di sotto dei 300 metri di altitudine, mentre in Toscana il nuovo Piano regionale per la qualità dell'aria⁷ propone ai Comuni di stabilire il divieto di utilizzo di biomassa legnosa per il riscaldamento nelle nuove costruzioni o ristrutturazioni.

Ma il contributo delle centrali a biomasse solide incentivate per la produzione di energia è tutt'altro che trascurabile. Nel Rapporto statistico 2017,⁸ il GSE certifica (quadro 2.2, p. 12) che vengono incentivati impianti a biomasse solide per una produzione energetica totale di 568,8 ktep nel settore elettrico; vengono, inoltre, incentivati nel settore termico (quadro 2.3 a p. 13) ulteriori impianti per 454,2 ktep (co-generazione) e 78,3 ktep (impianti di sola produzione termica). I dati del settore elettrico vanno divisi (quadro 3.1.1. a p. 27) in impianti che bruciano rifiuti solidi urbani (RSU) per complessivi 935,8 KW di potenza e impianti che bruciano biomasse legnose, per complessivi 731,5 KW di potenza, i quali sono il 43,9% della potenza totale elettrica di 1.667,3 KW.

Il 43,9% dei 568,8 ktep elettrici corrisponde a 249,7 ktep, ai quali occorre aggiungere i 454,2 ktep degli impianti a biomasse di cogenerazione, da cui otteniamo 703,9 ktep complessivi di tutti gli impianti a biomasse solide legnose, elettrici e di cogenerazione, incentivati dal GSE nel 2017. Ciò corrisponde al 9% dell'energia di complessivi 7.757,1 ktep ottenuta dalla combustione di tutte le biomasse solide italiane secondo il GSE,⁸ sommando 7.507,4 Ktep termici a 249,7 Ktep elettrici (comprendendo le sole combustioni legnose, esclusi i rifiuti).

Questi dati vanno corretti per il fatto che le centrali emettono meno delle combustioni legnose libere.

ISPRA indica con estrema precisione quali sono le emissioni relative:⁶ il legno che brucia libero emette 402 g di PM_{2,5} per ogni GJ; le centrali a biomasse emettono, invece, 312 g di PM_{2,5}/GJ.

Le centrali a biomasse solide legnose incentivate emettono, quindi, il 7,19% di tutto il PM_{2,5} emesso da tutte le biomasse legnose e sono responsabili, quindi, per il solo PM_{2,5} che emettono in atmosfera, di (20.451 x 0,0719 = 1.470) quasi 1.500 morti precoci ogni anno in Italia (vedi box).

A questa quantità stimata, ricavata dai dati ufficiali di EEA,

ISPRA e GSE, occorre poi aggiungere gli eventuali eventi avversi sottoforma di malattie e morti premature, presumibili, ma difficilmente quantificabili, dovuti alle emissioni di diossina, furani, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), arsenico, mercurio, ossidi di azoto e altre sostanze variamente tossiche e cancerogene che vengono emesse dalla combustione del legno. Le centrali a biomasse, infatti, benché dotate di filtri al camino, emettono varie sostanze in modo significativo, come certificato, a titolo di esempio, dai dati forniti nel progetto dal proponente nel 2015 di una centrale a biomasse solide da 5 MW a Roccastrada (GR), per cui sarebbero state emesse ogni anno dal camino: 2,4 tonnellate di NH₃, 4,8 tonnellate di HCl, 9,6 tonnellate di CO, 2,4 COV, 48 tonnellate di NO₂.

Questi rischi emissivi sono noti da tempo: già nel 2011, ISPRA aveva pubblicato un rapporto da cui si evince la portata delle emissioni di PM_{2,5} prodotte dalle biomasse: 400 grammi/GJ. Nettamente superiori al carbone (219g/GJ), al gpl (3,6 g/GJ) e al metano/gas naturale (0,2g/GJ). I dati sopra riportati, in base al principio europeo "chi inquina, paga", imporrebbero la penalizzazione delle combustioni delle biomasse solide, abolendo le incentivazioni e la loro equiparazione alle energie rinnovabili.

LE BIOMASSE COMPORTANO IL TAGLIO DIFFUSO DI ALBERI E FORESTE

Secondo il Rapporto statistico GSE, per quanto riguarda la produzione di energia elettrica, le fonti rinnovabili di energia (FER) nel 2017 hanno generato una potenza totale di 53 GW, producendo 104 TWh, il 35% del consumo italiano annuo di energia elettrica. Di esse, le centrali a biomasse legnose non da rifiuti hanno fornito una potenza complessiva di 0,7315 GW, lo 0,48% del consumo totale annuo di energia elettrica.

L'Associazione energia biomasse solide, nel suo rapporto al Senato del 15.03.2017,⁹ attesta di aver consumato 3 milioni di tonnellate di biomasse solide vergini/anno per una potenza complessiva di 280 MW, da cui si deduce un consumo di 10.714 t di biomasse vergini ogni anno per ogni MW di potenza. Altrove si trovano valori che oscillano da un minimo di 10.000 t/anno/MW a un massimo di 19.000 t/anno/MW.

INTERVENTI

Se dalla potenza complessiva di 731,5 MW certificata da GSE sottraiamo i 280 MW dell'associazione EBS, rimane una potenza di 451,5 MW, di cui possiamo provare a stimare il consumo di biomassa. Utilizzando il rapporto di 10.714 t/anno/MW, otteniamo $10.714 \times 451,5 = 4,84$ Mtn/anno; utilizzando un valore intermedio tra 10.000 e 19.000, cioè 14.500t/anno/MW, otteniamo 6,55 Mton/anno. Sommando questi valori ai 3 Mt bruciati dall'associazione EBS, stimiamo un consumo italiano totale annuo che oscilla tra 7,84 e 9,55 Mton di biomasse legnose vergini per il settore elettrico.

Il Rapporto GSE 2017⁸ (quadro 2.3, p. 13) riporta, inoltre, una produzione annua italiana delle biomasse solide nel settore termico di 7.507,4 ktep (di cui 454,2 ktep di cogenerazione).

Sappiamo che il potere calorico inferiore (PCI) del legno, quello utile che rimane una volta evaporata l'acqua, dipende dal contenuto in acqua e per il legno boschivo fresco, che ha un contenuto idrico del 50%-60%, corrisponde a 2,0 kWh/kg (7,2 MJ/kg).¹⁰

Sappiamo, inoltre, che 1 Tep è uguale a 11.630 Kwh, da cui otteniamo che per produrre 1 Tep occorrono 5,815 t di biomassa vergine. Per produrre 7.507,4 ktep di energia termica,⁸ è possibile stimare con sufficiente precisione che ogni anno in Italia vengono bruciate 43,6 Mt di biomasse vergini. Sommando questo valore alle (7,84 - 9,55) milioni di tonnellate "elettriche", otteniamo un consumo in Italia di 51-53 Mton/anno di biomasse vergini totali.

Orbene, secondo l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA) (dati 2017 dall'Associazione EBS),⁹ vi è una disponibilità di biomasse/anno in Italia, in sostanza secca, di:

- residui erbacei: 3,7 Mton;
- residui arborei: 1,6 Mton;
- residui forestali: 3,0 Mton;
- residui agroindustriali: 1,1 Mton;
- residui industria del legno: 3,8 Mton

per un totale di 13,2 Mton come sostanza secca.

Per corrispondere alla biomassa forestale vergine, occorre aggiungere un 50% di acqua, da cui otteniamo una disponibilità complessiva annua di 26,4 Mton di biomasse vergini.

La domanda è: dove prendiamo una buona metà dei 51-53 Mton/anno di biomasse vergini totali che GSE certifica che ogni anno bruciamo per usi elettrici e termici?

È un dato di fatto il continuo taglio di alberi, con le più varie motivazioni, a cui stiamo assistendo da alcuni anni nelle città e nei boschi italiani.

In realtà, stiamo deforestando la Terra. Un articolo pubblicato su *Nature* nel 2015¹¹ mostra che ogni anno nel mondo si perdono 13 milioni di ettari di bosco, una superficie equivalente complessivamente all'Inghilterra. Nel nostro pianeta sono presenti 3,05 trilioni di alberi, 400

per abitante, e ne tagliamo 15 miliardi/anno (2 a testa). Si dice che in Italia le superfici boschive stiano aumentando, ma vengono considerate bosco anche le superfici agricole abbandonate dove si è sviluppata una vegetazione arbustiva, che non hanno nulla a che fare con una vera foresta. Risulta che siamo ricchi di boschi poveri di biomasse, che vengono ulteriormente impoveriti dai tagli.

LE CENTRALI A BIOMASSE POSSONO COMPORTARE RISCHI DI ATTIVITÀ CRIMINOSE E INCENDI

Gran parte degli incendi, infatti, sono dolosi e il Procuratore di Cosenza e il Capo della Protezione civile della Calabria¹² sospettano che dietro gli incendi nel Parco della Sila ci siano aziende forestali che poi tagliano e riforniscono le centrali a biomasse: gli alberi bruciati mantengono ancora fino a un 70% di potere calorico.

STANNO EMERGENDO EVIDENZE SCIENTIFICHE DIRETTE DI DANNI ALLA SALUTE

Data la diffusione crescente degli impianti a biomasse, sono stati pubblicati studi epidemiologici che ne studiano le conseguenze sui lavoratori e sulle popolazioni esposte. Un'ampia revisione di letteratura¹³ ha messo in evidenza vari impatti, tra cui disturbi respiratori e inquinamento odorigeno. Nei lavoratori delle centrali, l'esposizione a endotossine e funghi è risultata associata a bronchite cronica e dispnea.^{14,15}

L'esposizione ai gas della combustione comporta un rischio di danni respiratori e neurotossici, in particolare, l'esposizione combinata al monossido di carbonio e all'idrogeno solforato può determinare danni al sistema



INTERVENTI

nervoso centrale,¹⁶ mentre quella ai metalli emessi dalla combustione delle biomasse legnose comporta un elevato rischio cancerogeno, neurotossico e di problemi respiratori.¹⁷ In quest'ultimo studio, i livelli di alluminio, manganese e piombo erano elevati e in parte superavano i limiti di esposizione professionale previsti in Finlandia. Chi vive vicino a una centrale ha un rischio più elevato di disturbi respiratori e cutanei.¹⁸

Tra tutte le forme di produzione energetica, il rischio più alto di eventi fatali è con le biomasse.¹⁹ Livelli aumentati di interleuchina 1 sono stati trovati nell'aria espirata dai lavoratori, spia di un'inflammatione subcronica e cronica delle vie respiratorie.²⁰

PRODURRE ENERGIA ELETTRICA CON LE BIOMASSE È TENDENZIALMENTE ANTIECONOMICO: IL SALDO ENERGETICO PUÒ ESSERE NEGATIVO

Se si considerano tutte le emissioni dovute all'energia utilizzata – apertura delle strade forestali; taglio, raccolta, carico, trasporto, scarico e cippatura del legno; smaltimento delle ceneri prodotte; costruzione, esercizio e smaltimento finale delle centrali con ripristino ambientale – si ottiene un bilancio emissivo climalterante maggiore delle emissioni per la produzione del solare e derivati e l'energia prodotta può essere addirittura inferiore alla somma dell'energia utilizzata per produrla. Senza incentivi pubblici,²¹ produrre energia elettrica con le biomasse potrebbe essere antieconomico.

I dati erano noti da tempo. Su *Science* nel 1981,²¹ Pimentel conclude che la bassa efficienza energetica non rende le biomasse convenienti: tutti i residui da colture e foreste potrebbero coprire solo l'1% del consumo di carburante o il 4% dell'elettricità degli Stati Uniti.

Smil²²⁻²⁶ mostra come i combustibili fossili siano energia altamente concentrata, localizzata e già pronta per l'uso (il lavoro

lo hanno fatto gratis i processi geologici), mentre l'energia da biomassa è poco densa, molto diffusa, lenta a prodursi, molto costosa ed estremamente inefficiente rispetto alle energie fossili e anche alle vere rinnovabili (sole e derivati: vento, onde, maree).

Si possono calcolare in particolare alcuni valori oggettivi: ■ la densità di potenza:²⁵ quella delle biomasse legnose è la minore;

■ la EROI (*energy returned on energy invested*), il rapporto tra l'energia netta disponibile e l'energia investita per produrla: per vari autori²⁷⁻³⁰ è elevatissimo quello idroelettrico; alti quelli di energie fossili, eolico e solare; le bioenergie hanno valori molto bassi, anche inferiori a 1 (in tal caso, a produrle ci si rimette);

■ l'energia per ora di lavoro: le società industrializzate³¹⁻³⁴ hanno una produttività energetica di circa 50 GJ per ora/lavoro, rispetto ai 0,5 GJ per ora lavoro delle società in via di sviluppo, che producono la maggior parte della loro energia dalle biomasse. Usando un vettore energetico a bassissima produttività, aumentiamo l'impatto ambientale e ostacoliamo sviluppo, servizi pubblici e privati, scuola, pensione, ferie e festività: la maggior parte della popolazione deve stare nel settore agricolo, impegnata nell'autosostentamento!

EMERGONO TENDENZE CONTRASTANTI

Da una parte, il nuovo piano europeo del 2018 "Tecnologie emergenti future" (TEF) finanzia l'energia da biomasse forestali con 5 miliardi di sussidi fino al 2022.

L'International Energy Agency (IEA) nel suo *Renewables Report 2018* afferma: «La bioenergia moderna avrà la maggiore crescita tra le risorse rinnovabili nel periodo 2018-2023, assumendo un ruolo fondamentale nella costruzione di un robusto portafoglio sostenibile».

Il *Testo unico forestale*,³⁵ dopo aver speso parole sull'importanza della conservazione dei boschi, di fatto afferma che:

1. tutti i boschi vanno periodicamente tagliati per conservarli meglio e combattere il dissesto idrogeologico (le evidenze scientifiche affermano l'opposto);
2. se un bosco, anche di alto fusto, non viene periodicamente tagliato, si considera abbandonato e si effettua il taglio forzoso obbligatorio;
3. non sono più considerati boschi quelli artificiali, che sono stati piantati (si presume che si possano impunemente tagliare a raso);
4. i boschi naturali possono essere "trasformati" e la "trasformazione del bosco" consiste nel taglio di alberi e del sottobosco, versando una compensazione economica in un fondo forestale.

Il nuovo Piano antincendio boschivo³⁶ della Regione Toscana prevede la diminuzione del carico di combustibile, mediante taglio di gran parte del sottobosco e di buona parte dei pini (tutti i marittimi e parte dei domestici)



INTERVENTI

nella Pineta del Tombolo, da Castiglione della Pescaia all'Uccellina, in buona parte sito protetto UE "Natura 2000, SIC SIR ZSC ZPS", nonché corridoio biologico per la Regione Toscana e invariante strutturale per la legge italiana.

Viceversa, stanno emergendo sempre maggiori evidenze di come sia fondamentale difendere, mantenere e sviluppare alberi e foreste senza tagliarli.

Sul numero di aprile di *Nature*,³⁷ è stato pubblicato un importante articolo scientifico che mostra come solo le foreste lasciate alla loro evoluzione naturale, ricche di biodiversità, possano essere potentemente efficaci nel fissare la CO₂ in

ccesso, che minaccia il clima, rimuovendola dall'atmosfera. Le foreste vergini possono salvarci, mentre le piantagioni di nuovi alberi per gli autori non sono parimenti efficaci. Numerose ricerche, inoltre, mostrano che alberi e boschi, specialmente se ricchi di verde e di biodiversità, hanno effetti estremamente benefici sulle persone: diminuzione delle malattie cronico-degenerative, aumento della durata della vita, della felicità e del benessere.

È importante preservare alberi e foreste, se vogliamo che la vita umana possa proseguire sulla Terra...

Conflitti di interesse dichiarati: nessuno.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

- Cohen AJ, Brauer M, Burnett R et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet* 2017;389(10082):1907-18.
- Searchinger TD, Beringer T, Holtsmark B et al. Europe's renewable energy directive poised to harm global forests. *Nat Commun* 2018;9(1):3741.
- Letter from scientists to te EU Parliament regarding forest biomass. 14.01.2018. Disponibile all'indirizzo: http://www.pfpi.net/wp-content/uploads/2018/04/UPDATE-800-signatures_Scientist-Letter-on-EU-Forest-Biomass.pdf
- European Environmental Agency. Air Quality in Europe – 2018 report. EEA 2018; pp. 64. Disponibile all'indirizzo: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018>
- Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale. Inventario nazionale delle emissioni in atmosfera 1990-2016. Informativo Inventory Report 2018; pp. 54-55. Disponibile all'indirizzo: <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/italian-emission-inventory-1990-2016>
- Rete del sistema informativo nazionale ambientale. Fattori di emissione per le sorgenti di combustione stazionarie in Italia. Disponibile all'indirizzo: <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni/fattori-di-emissione-per-le-sorgenti-di-combustione-stazionarie-in-italia/view>
- Regione Toscana. Piano regionale per la qualità dell'aria. Disponibile all'indirizzo: <http://www.regione.toscana.it/-/piano-regionale-per-la-qualita-dell-aria>
- Agrillo A, dal Verme M, Liberatore P et al. Energia da fonti rinnovabili in Italia. Settori elettrico, termico e trasporti. Rapporto statistico 2017. GSE 2018. Disponibile all'indirizzo: https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20statistici/Rapporto%20Statistico%20FER%202017.pdf
- Strategia energetica nazionale (SEN) 2017. Strumento di attuazione dell'economia circolare e risorsa per lo sviluppo di valore sociale, ambientale ed economico del Paese. Audizione presso la 13^a Commissione del Senato della Repubblica. Roma, 15.03.2017.
- Jonas A, Haneder H. Energie aus Holz. Niederösterreichische Landeslandwirtschaftskammer, St. Pölten.
- Crowther TW, Glick HB, Covey KR et al. Mapping tree density at a global scale. *Nature* 2015;525(7568):201-05.
- Mira AM. Calabria. La Sila brucia, ipotesi roghi dolosi: sospetti su aziende forestali. Avvenire del 09.08.2017. Disponibile all'indirizzo: <https://www.avvenire.it/attualita/pagine/la-sila-brucia-ipotesi-roghi-dolosi>
- Freiberg A, Scharfe J, Murta VC, Seidler A. The Use of Biomass for Electricity Generation: A Scoping Review of Health Effects on Humans in Residential and Occupational Settings. *Int J Environ Res Public Health* 2018;15(2): pii:E354.
- Basinas I, Schlunssen V, Heederik D et al. Sensitisation to common allergens and respiratory symptoms in endotoxin exposed workers: a pooled analysis. *Occup Environ Med* 2012;69(2):99-106.
- Schlunssen V, Madsen AM, Skov S, Sigsgaard T. Does the use of biofuels affect respiratory health among male Danish energy plant workers? *Occup Environ Med* 2011;68(7):467-73.
- Jumpponen M, Ronkkomaki H, Pasanen P, Laitinen J. Occupational exposure to gases, polycyclic aromatic hydrocarbons and volatile organic compounds in biomass-fired power plants. *Chemosphere* 2013;90(3):1289-93.
- Jumpponen M, Ronkkomaki H, Pasanen P, Laitinen J. Occupational exposure to solid chemical agents in biomass-fired power plants and associated health effects. *Chemosphere* 2014;104:25-31.
- Juntarawijit C. Biomass power plants and health problems among nearby residents: a case study in Thailand. *Int J Occup Med Environ Health* 2013;26(5):813-21.
- Sovacool BK, Kryman M, Laine E. Profiling technological failure and disaster in the energy sector: A comparative analysis of historical energy accidents. *Energy* 2015;90(2):2016-27.
- Zheng Y, Schlunssen V, Bonlokke J, Madsen AM, Skov S, Sigsgaard T. Change in airway inflammatory markers in Danish energy plant workers during a working week. *Ann Agric Environ Med* 2014;21(3):534-40.
- Pimentel D, Moran MA, Fast S et al. Biomass energy from crop and forest residues. *Science* 1981;212(4499):1110-15.
- Smil V. Biomass Energies. New York, Plenum Press, 1983.
- Smil V. Energy at the crossroads: Global perspectives and uncertainties. Cambridge (Massachusetts), MIT press, 2005.
- Smil V. Energy Transitions: History, Requirements, Prospects. Santa Barbara (California), Praeger, 2010.
- Smil V. Power Density Primer: Understanding the Spatial Dimension of the Unfolding Transition to Renewable Electricity Generation (Part I – Definitions). 2010. Disponibile all'indirizzo: <http://www.vaclavsmil.com/wp-content/uploads/docs/smil-article-power-density-primer.pdf>
- Smil V. Energy and Civilization: A History. Cambridge (Massachusetts), MIT press, 2017.
- Hall CAS, Dale BE, Pimentel D. Seeking to understand the reasons for different Energy Return on Investment (EROI) Estimates for Biofuels. *Sustainability* 2011;3(12):2413-32.
- Hall CAS, Lambert JG, Balogh SB. EROI of different fuels and the implications for society. *Energy Policy* 2014;64:141-52.
- Murphy DJ, Hall CAS. Year in review – EROI or energy return on (energy) invested. *Ann N Y Acad Sci* 2010;1185:102-18.
- Pergher G. 2015. Technology-Analysis: Biomass Energy -Introduction to a Technology Analysis. 2015 Disponibile all'indirizzo: http://smartenergyproject.eu/site/assets/files/2304/senoe_ta_biomass-introduction_disa_en_transl.pdf
- Giampietro M, Ulgiati S, Pimentel D. Feasibility of large-scale biofuel production – Does an enlargement of scale change the picture? *BioScience* 1997;47(9):587-600.
- Giampietro M, Mayumi K. The biofuel delusion: The fallacy of large scale agro-biofuels production. London, Earthscan, 2009.
- Giampietro M, Mayumi K, Sorman AH. Energy Analysis for a Sustainable Future: Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism. London, Earthscan, 2013.
- Giampietro M, Aspinall RJ, Ramos-Martin J, Bukkens SGF. Resource accounting for sustainability assessment: The nexus between energy, food, water and land use. New York (USA), Routledge, 2014.
- Ministero delle politiche agricole alimentari, forestali e del turismo. D.Lvo 03/04/2018 n 34 - Testo unico in materia di foreste e filiere forestali. Disponibile all'indirizzo: <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/12774>
- Regione Toscana. Estratto dal verbale della seduta del 18.03.2019 (punto n. 23). Delibera n. 355 del 18.03.2019. Disponibile all'indirizzo: http://www.regione.toscana.it/bancadati/atti/Contenuto.xml?id=5210579&nomeFile=Delibera_n.355_del_18-03-2019
- Lewis SL, Wheeler CE, Mitchard ETA, Koch A. Restoring natural forests is the best way to remove atmospheric carbon. *Nature* 2019;568(7750):25-28.