

PROGETTO

MARIE – PA 3.2 Task 3



DOCUMENTO

Relazione di Analisi di Ciclo di Vita del prodotto Isolante termo – acustico in fiocchi di cellulosa CELLUFLOC NESOCELL

COMMITTENTE
Regione Piemonte

DATA 20/03/2013

REV 05

COD. COMMESSA RI BI 031207

RESPONSABILE DI SETTORE
STEFANO DOTTA

RESPONSABILE DI PROGETTO
LUCA GALEASSO

MODELLO LCA A CURA DI
GIACOMO PIACENZA

INDICE

1. Aspetti generali	3
2. Obiettivi dello studio.....	3
3. Ambito e oggetto dello studio	3
4. Inventario.....	7
5. Calcolo degli impatti ambientali.....	11
6. Interpretazione dei risultati	16
7. Analisi di sensibilità	17

1. Aspetti generali

Il presente studio è stato realizzato in collaborazione con l'impresa NESOCELL, che ha supportato Environment Park per la fase di inventario nelle persone dell'Ing Andrea Cavaleri, Ing. Davide Contu e Ing. Marina Pellissero.

Riferimenti:

Sede operativa amministrativa: NESOCELLS.r.l., c/o I3P Incubatore di Imprese Innovative del Politecnico di Torino, Corso Castelfidardo 30/A, 10129 Torino (To).

Stabilimento sito produttivo : Nesocell S.r.l. Via Banna 33/11 - 10070 Balangero (To).

L'analisi del ciclo di vita di prodotto è stata sviluppata da ENVIRONMENT PARK nella persona di Giacomo M. Piacenza (EP), con il supporto operativo di Alessia Garavello che svolge attività di tesi sull'argomento.

Lo strumento SW utilizzato per l'analisi LCA è il modello di GABI versione 5 (Professional Database) di PE International.

Data di chiusura del report: 8 marzo 2013

Lo studio è conforme ai requisiti della norma EN 15804:2012, sia per quanto attiene la conduzione dell'LCA (paragrafo 6) che la struttura del presente Project report (paragrafo 8.2).

2. Obiettivi dello studio

Lo studio è finalizzato all'ottenimento dell'Ecoprofilo Protocollo ITACA per il prodotto NESOCELL, nonché di eventuali successive certificazioni ambientali di prodotto di tipo III (EPD) secondo lo standard ISO 14025.

Lo studio ha pertanto condotto alla caratterizzazione degli impatti ambientali associati alla produzione (*cradle to gate*) dell'isolante termo-acustico in fiocchi di cellulosa di legno CELLUFLOC NESOCELL, attraverso un'analisi del ciclo di vita condotta secondo le norme tecniche attualmente in vigore: ISO UNI EN ISO 14040:2006 e UNI EN ISO 14044:2006.

3. Ambito e oggetto dello studio

Tutti i dati reperiti sono riferiti ad **1 kg di prodotto** isolante in fiocchi di cellulosa Nesocell (approccio dell'unità tecnica dichiarata).

Specifiche tecniche e prestazioni

Il prodotto CELLUFLOC NESOCELL è composto da cellulosa di legno ottenuta attraverso un processo di riciclaggio degli scarti di cartiera.

I fiocchi di cellulosa Nesocell possono essere insufflati nelle intercapedini dei muri, nei tetti e all'estradosso dei sottotetti per migliorare l'efficienza energetica degli edifici esistenti.

La cellulosa viene trattata con additivi aggiunti in fase liquida (verderame e calce) che servono a garantire la durabilità del prodotto (50 anni), la resistenza a muffe e a funghi e conferire capacità autoestinguenti in termini di comportamento al fuoco (Classe 1, EuroClasse B, s1-d0).

La base naturale degli isolanti Nesocell garantisce una traspirabilità pari a $\mu=1,2$, capacità termica pari a 2150 J/(kg K) e potere isolante pari a $k=0,038$.

Composizione dell'unità dichiarata e regole di calcolo

L'unità dichiarata scelta di 1 kg di prodotto è composta da cellulosa e additivi chimici nelle seguenti quantità:

Cellulosa [kg/t.u.]	Additivi chimici [kg/t.u.]	Imballaggio Polietilene [kg/t.u.]
0,8449	0,1512	0,0039

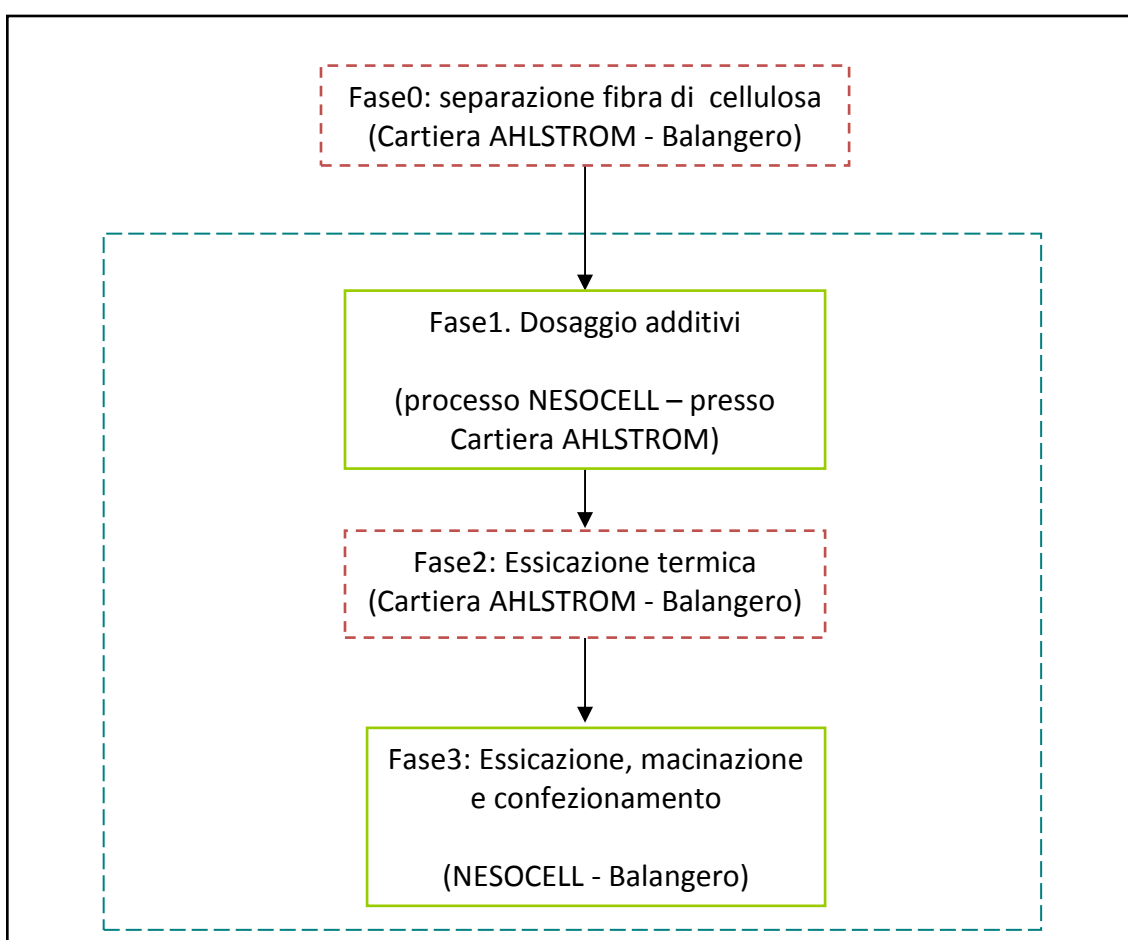
Tali proporzioni sono alla base del bilancio dei flussi di massa in entrata e uscita da ciascuna delle fasi di lavorazione del processo produttivo e della allocazione delle emissioni generate dai trasporti delle corrispondenti materie prime.

Confini del sistema

L'analisi LCA è stata limitata alla sola fase produttiva ("Cradle to gate").

Di seguito si riportano i processi considerati, codificati in accordo con quanto previsto dal paragrafo 6.2 e dalla Figura 1 della EN 15804:2012. (A1, A2 ed A3).

Stage	Descrizione processo
A1 Materie Prime	Produzione materia prima semilavorata
	Trasporto di additivi
A2 Trasporti	Trasporto materia prima semilavorata
A3 Produzione	Produzione fiocchi di cellulosa Nesocell



Confini dell'analisi

Il processo produttivo si compone delle seguenti fasi:

- fase 0: le fibre di cellulosa da fanghi primari (scarti di lavorazione di cartiera Alhstrom) vengono separate meccanicamente attraverso processi di filtrazione e pressatura eseguiti in cartiera.
- fase 1: aggiunta di additivi chimici alla cellulosa ancora umida (prodotto NESOCELL) presso la cartiera; il trasporto per l'approvvigionamento degli additivi stessi (dai distributori alla cartiera) è stato incluso nei confini del sistema.

- fase 2: essiccazione termica in cartiera.
- fase 3: trasporto del prodotto in big bag allo stabilimento Nesocell, sito ad 1,5 km di distanza, dove avviene il processo Nesocell di essiccazione finale, macinazione e confezionamento in sacchi di polietilene (30x40x72 cm, capacità 15 kg).

Le fasi di lavorazione sulle fibre di cellulosa (fasi 0) sono state escluse dai confini di sistema perché vengono eseguite in cartiera e rientrano nei processi di competenza di Ahlstrom, che destina la cellulosa presente nei fanghi primari alla produzione di liner prima dello smaltimento delle acque. L'esclusione rispetta quindi il principio indicato al paragrafo 6.3.4.3. della norma EN ISO 15804.

Scenario di calcolo energetico

Per i calcoli è stato utilizzato lo scenario energetico italiano relativo all'anno 2010 (Energy Mix Italia) così come modellizzato in GABI 5 (dato 2010).

Suddivisione	Fossile	Rinnovabile	Altro
ITALY energy grid mix (2010)	79%	20%	1%

Il bilancio di energia è il risultato del saldo tra produzione ed importazione. Le percentuali sono normalizzate al consumo interno lordo di Energia elettrica. (GROSS ENERGY)

Alla voce "Altro" è indicato il contributo di energia elettrica ricavata da incenerimento rifiuti.

Regola di cut-off

Di seguito si riportano i principi di inclusione/esclusione o regola di cut-off utilizzati nella costruzione del modello di ciclo di vita:

- se il singolo flusso di materiale in massa di materiali ha contributo percentuale inferiore all'1% della massa totale delle materie in ingresso all'unità di processo si è controllato:
 - o se per il materiale sono disponibili dati secondari (generici) di produzione, è stato incluso nelle prime analisi per verificarne l'impatto sui risultati totali.
 - o per i materiali di cui non sono disponibili dati secondari di produzione la soglia di esclusione è stata del 0,10%.
- i consumi energetici il cui contributo risulta inferiore al 1% del totale della energia consumata dal singolo processo analizzato: come l'energia per l'additivazione.

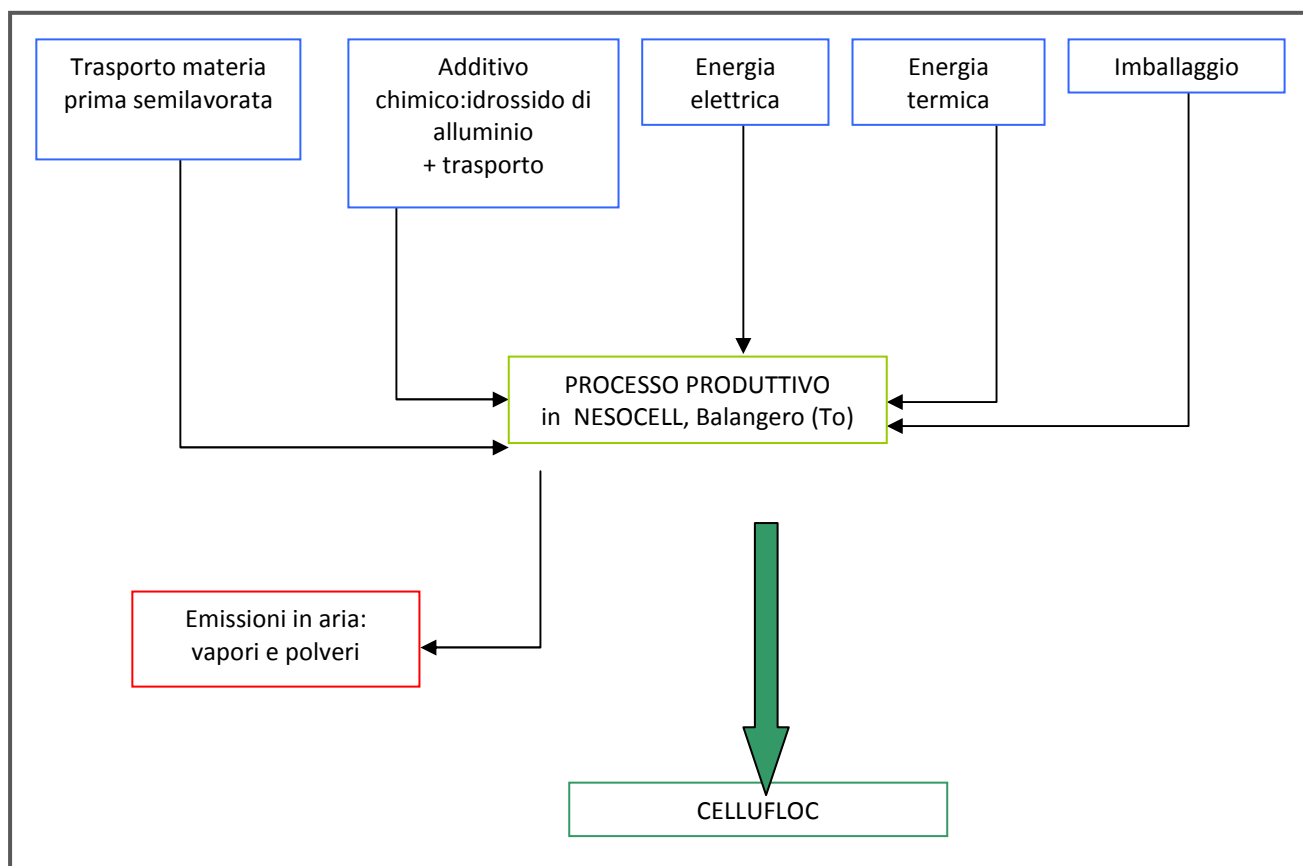
Esclusioni

Nella tabella si riportano i materiali esclusi dall'inventario

Materiali in ingresso esclusi per CUT-OFF Additivi chimici	Massa kg/T.U.	Massa kg/T.U.
verderame (300 ppm)	0,0003	0,03%
calce idrata (900 ppm)	0,0009	0,09%

4. Inventario

In figura 2.2 è mostrato il diagramma dei flussi di massa energia ed emissioni, in ingresso ed uscita alle diverse fasi produttive del ciclo di produzione del Isolante in fiocchi di cellulosa Nesocell.



Di seguito sono riportati, per ogni processo, i dati di inventario relativi alle diverse fasi di processo. Tutti i dati di massa sono riferiti all'unità tecnica di prodotto finito (1 kg).

Fase 1: Dosaggio additivi

Consumo di energia elettrica

Durante la fase 1 di dosaggio di additivi il consumo di energia elettrica è inferiore al cut-off del 1% dell'energia totale.

Consumo	FONTI (suddivisione)	Utenza	Unità di misura	Quantità	% su totale energia elettrica	Fonte dati
Energia elettrica	Rete nazionale (25%) Autoproduzione (75%)	Pompa dosaggio additivi	kWh/t.u	1e-6	0,0025	Ahlstrom

Trasporto approvvigionamento additivo (da Fornitore a Cartiera Ahlstrom)

Nome	Trasporto su strada					
	Distanza [km]	Capacità [t]	Carico effettivo [t]	Ritorno vuoto (sì/no)	Alim.	Provenienza
Idrossido d'alluminio	162	17,3	15	SI	Gasolio	Milano

Fase 2: macinazione, essiccazione e confezionamento

Carico di materia prima trasportata	kg/kg prodotto
Materia prima semilavorata	2,5
Big bag	0,021

Trasporto di materia prima (cellulosa umida) da cartiera Ahlstrom a stabilimento Nesocell

Viaggio	Materiali trasportati	Capacità del mezzo [t]	Carico effettivo [t]	Carburante	Mezzo	Distanza [km]
Andata	Big bag e cellulosa	16	16	Gasolio	camion	1,5
Ritorno	Big bag (vuoti)	16	4,8 (30%)	Gasolio	camion	1,5

Consumi di energia elettrica e termica

Tipologia energetica	FONTE	Utenza	Unità di misura	Quantità	Fonte dato
Energia elettrica	Rete nazionale	Mulino per macinazione	kWh/kg	0,04	Nesocell
Energia termica	GPL	Consumi caldaia calore per essiccatore ad aria	kWh/kg	0,9	Nesocell

Il processo non ha consumi di acqua e non ha emissioni in acqua e in suolo.

Emissioni in atmosfera

Emissioni in aria	Unità di misura	Quantità	Fonte dato
Polveri di cellulosa	kg	6×10^{-10}	Nesocell

Fonti dei dati

I dati che sono stati inventariati appartengono a due categorie principali:

- dati primari: riguardano i consumi di materiali e di energia del sistema di produzione sono stati ricevuti direttamente dall'azienda Nesocell e dall'azienda Ahlstrom;
- dati secondari/o dati generici: derivano dai processi modellizzati nelle banche dati predisposte nel modello computazionale PE GABI DATABASE PROFESSIONAL.

Regole di allocazione

L'allocazione dei flussi elementari e dei flussi di prodotto è stata effettuata sulla base della massa.

Le quantità dei flussi elementari e dei flussi di prodotto scambiati tra le diverse fasi/processi produttivi, comprese nei confini del sistema di prodotto, sono state allocate sulla base del contributo in massa di ciascun componente alla produzione del kg di prodotto NESOCELL.

Qualità dei dati

L'analisi di ciclo di vita è stata condotta su:

- dati primari forniti dalla Nesocell S.r.l tramite opportuni questionari di inventario, incontri, sopralluoghi e comunicazioni scritte (email);
- dati primari forniti dall'azienda Ahlstrom tramite opportuni questionari di inventario incontri. sopralluoghi e comunicazioni scritte (email).

Materiali/processo	Qualità	Fonte	Anno
Approvvigionamento additivi	Dati primari	Nesocell	2012
Additivazione cellulosa in cartiera	Dati primari	Nesocell	2012
Trasporto da cartiera a Nesocell	Dati primari	Ahlstrom	2012
Macinazione ed essiccazione prodotto CELLUFLOC	Dati primari	Nesocell	2012

I processi di produzione e trasformazione delle materie prime (vergini o riciclate), di trasporto e di produzione dell'energia sono stati modellizzati utilizzando dati secondari di processi produttivi su scala europea da fonte industriale e i modellizzati in GABI versione 5-Professional Database.

I dati per quanto possibile hanno età inferiore a 10 anni come richiesto da ISO 15804:2012.

Nella tabella seguente si riportano i diversi processi modellizzati con dati secondari, le aree geografiche di riferimento, le diverse fonti, insieme alla loro età/anno di riferimento.

Materiale/processo	Area geografica	Anno	Fonte
TRUCK 17.3 load (diesel driven EURO 4)	Nord europa + Francia	Gennaio 2010	HBEFA 3.1PE GABI 5 PROFESSIONAL DB
Polyethylene film (PE-LD)	Situazione EUROPEA INDUSTRIA	2005-	Dati ufficiali PLATIC EUROPE- elaborati da PE GABI 5 PROFESSIONAL DB
IT- ELECTRICITY GRID MIX	Situazione italiana	2008	Dati ufficiali" International Energy Agency" elaborati da PE GABI 5 PROFESSIONAL DB
EU27- Thermal energy from LPG	Situazione europea EU 27	2008	Dati primari industriali – elaborati da PE GABI 5 PROFESSIONAL DB
EU27- Diesel mix at refinery	Situazione europea EU 27	2008	Dati primari industriali- elaborati da PE GABI 5 PROFESSIONAL DB
Aluminium hydroxide mix (bauxite treated)	Situazione europea EU15-EU	Aluminium: situazione import mix del 2005 ed energy mix del 2009	Dati primari industriali (EAA 2008) - elaborati da PE GABI 5 PROFESSIONAL DB

Considerazioni metodologiche

L'analisi dei cicli produttivi è stata realizzata utilizzando il modello di calcolo GABI (vers. 5) sviluppato da PE International¹. Il modello si serve di una struttura logica realizzata tramite la sequenza di operazioni (processi) che contengono i dati raccolti durante la fase di inventario:

- ◆ flussi in ingresso energetici e di materie prime;
- ◆ flussi di semilavorati, prodotti in uscita e emissioni dirette ed indirette verso l'ambiente.

¹ GABI 5 Professional Database, and ECOINVENT INTEGRATED PE international Leinfelden-Echterdingen Germany-

5. Calcolo degli impatti ambientali

Si riportano gli impatti ambientali associati alla produzione di un 1kg di prodotto NESOCELL, valorizzati attraverso le categorie di impatto ambientale richieste per il rilascio dell'ecoprofilo ITACA.

I fattori di caratterizzazione utilizzati sono quelli riportati da ELCD ("European Lyfe Cycle Database") nel documento "Characterisation Factors of the ILCD Recommended Life Cycle Impact Assessment Methods " e riportati nel ELCD (come richiesto sia da condizioni per rilascio ecoprofilo ITACA che per ISO15804:2012.)

Consumi di risorse

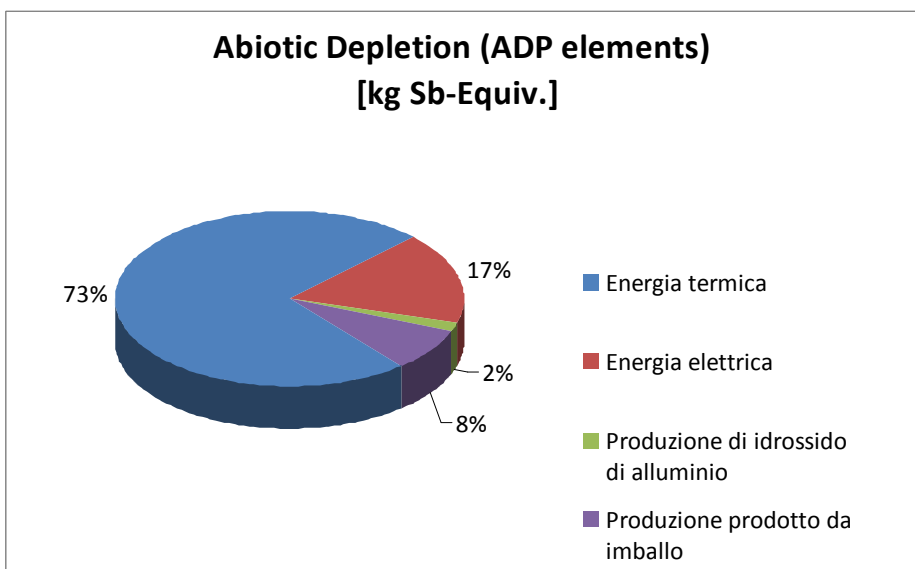
CONSUMO DI ENERGIA primary energy demand (net calorific value)	4,89	[MJ]	Primary Energy Demand (net calorific value)
CONSUMO DI ACQUA (intero ciclo di vita di prodotto)	1,28 x10 ²	[Lt]	Risultati impatto ambientale

Categoria di impatto	Valore	Unità	Metodo di impatto	Fattori di caratterizzazione
Riscaldamento Globale (GWP 100 yrs)	3,28 x10 ⁻¹	[kg CO2 eq/T.U.]	<i>CML 2001 – Nov. 2009</i>	<i>IPCC 2007</i>
Riduzione dello strato di ozono ODP	5,16 x10 ⁻¹⁰	[kg R11 eq/T.U.]	<i>CML 2001 – Nov. 2009</i>	<i>IPCC 2007</i>
Acidificazione di acqua e AP terra	6,27 x10 ⁻⁴	[kg SO ₂ eq/T.U.]	<i>CML 2001 – Nov. 2009</i>	<i>IPCC 2007</i>
Eutrofizzazione EP	6,54 x10 ⁻⁵	[kg PO ₄ ³⁻ eq/T.U.]	<i>CML 2001 – Nov. 2009</i>	<i>IPCC 2007</i>
Creazione di smog fotochimico POCP	7,62 x10 ⁻⁵	[kgC ₂ H ₄ eq/T.U.]	<i>CML 2001 – Nov. 2009</i>	<i>IPCC 2007</i>
Depauperamento abiotico ADP (fossil)	4,74	[MJ/T.U]	<i>CML 2001 – Nov. 2009</i>	<i>IPCC 2007</i>
Depauperamento abiotico ADP (ELEMENTI/ELEMENTS)	1,26 x10 ⁻⁸	[kg Sb eq/T.U.]	<i>CML 2001 – Nov. 2009</i>	<i>IPCC 2007</i>

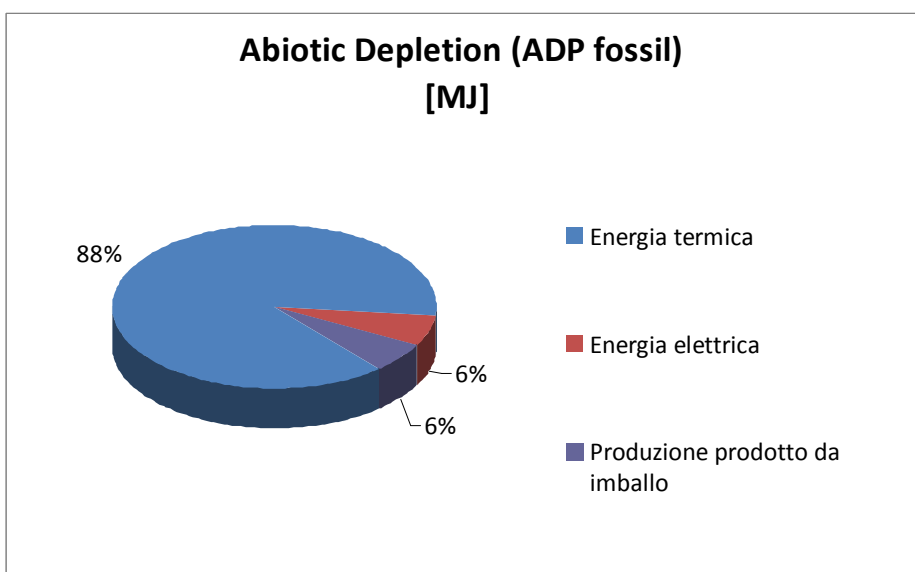
Risultati di impatto ambientale

Di seguito si evidenziano i contributi delle diverse variabili agli impatti ambientali del ciclo di produzione di 1 Kg di prodotto Nesocell.

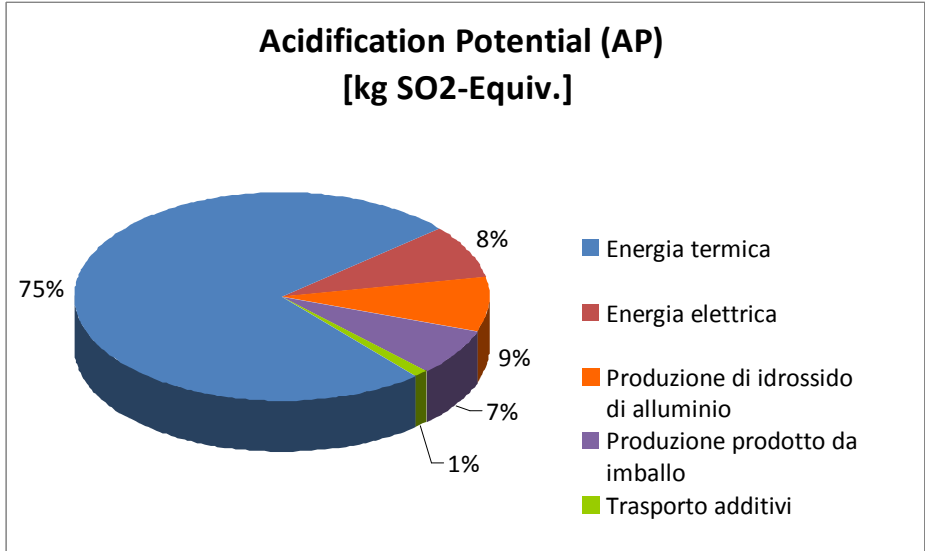
INDICATORE IMPATTO AMBIENTALE	Energia termica	Energia elettrica	Produzione idrossido di alluminio	Produzione prodotto da imballo
Abiotic Depletion (ADP elements) [kg Sb eq/T.U.]	$9,24 \times 10^{-9}$	$2,12 \times 10^{-9}$	$2,29 \times 10^{-10}$	$9,60 \times 10^{-10}$



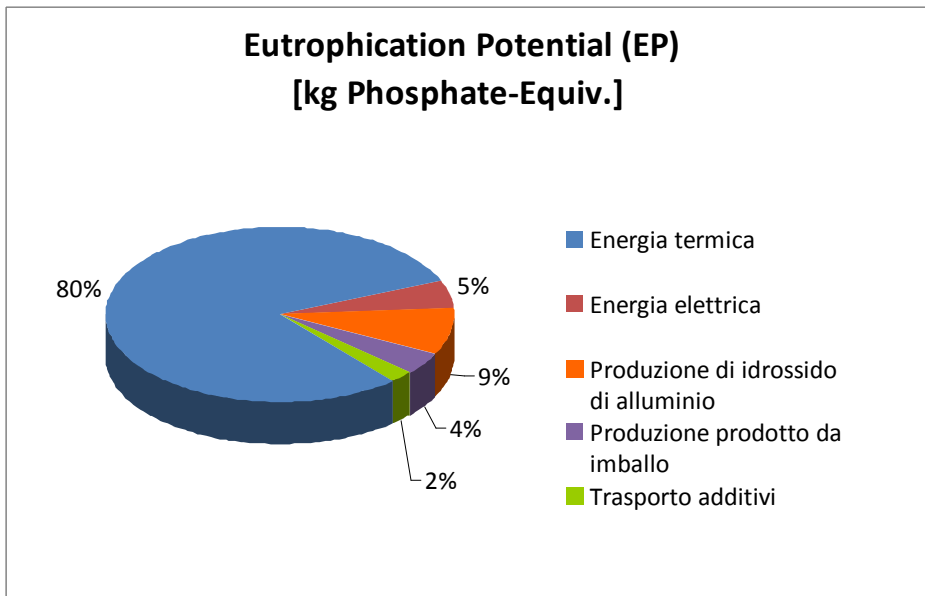
INDICATORE IMPATTO AMBIENTALE	Energia termica	Energia elettrica	Produzione prodotto da imballo
Abiotic Depletion (ADP fossil) [MJ/T.U]	4,11	$2,89 \times 10^{-1}$	$2,89 \times 10^{-1}$



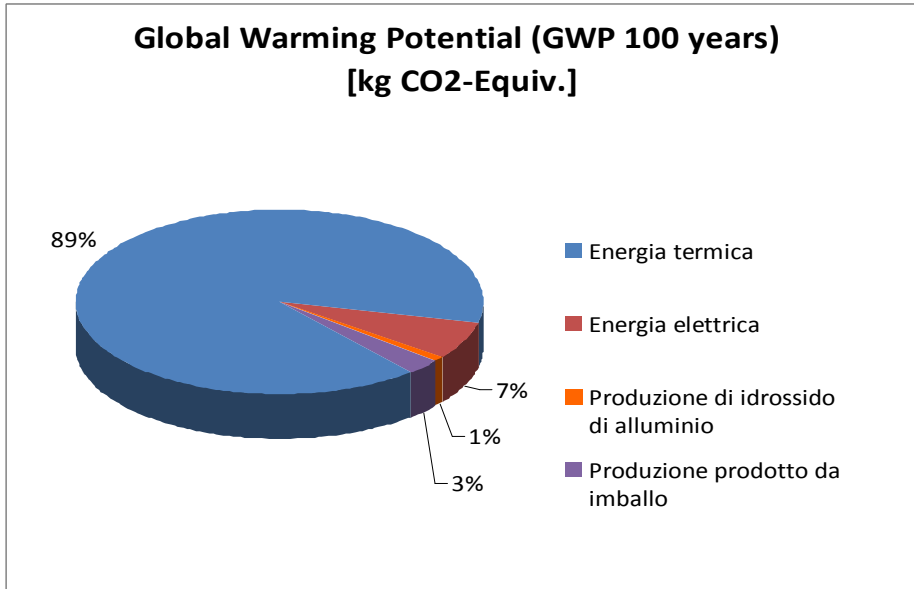
INDICATORE IMPATTO AMBIENTALE	Energia termica	Energia elettrica	Trasporto additivi	Produzione idrossido di alluminio	Produzione prodotto da imballo
Acidification Potential (AP) [kg SO ₂ eq/T.U.]	4,67 x10 ⁻⁴	5,15 x10 ⁻⁵	6,56 x10 ⁻⁶	5,42 x10 ⁻⁵	4,61 x10 ⁻⁵



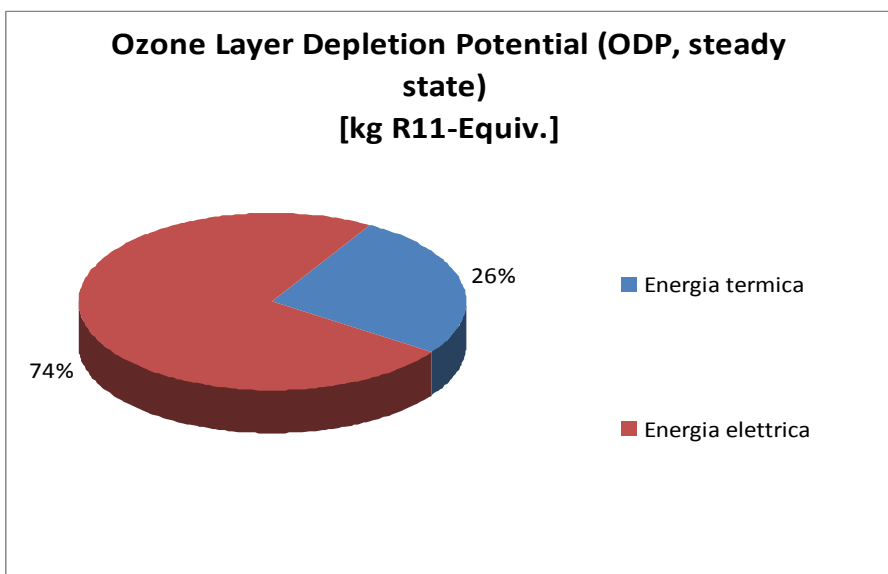
INDICATORE IMPATTO AMBIENTALE	Energia termica	Energia elettrica	Trasporto additivi	Produzione idrossido di alluminio	Produzione prodotto da imballo
Eutrophication Potential (EP) [kg PO ₄ ³⁻ eq/T.U.]	5,19 x10 ⁻⁵	3,39 x10 ⁻⁶	1,52 x10 ⁻⁶	5,72 x10 ⁻⁶	2,61 x10 ⁻⁶



INDICATORI IMPATTO AMBIENTALE	Energia termica	Energia elettrica	Produzione idrossido di alluminio	Produzione prodotto da imballo
Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO ₂ eq/T.U.]	2,93 x10 ⁻¹	2,2 x10 ⁻²	2,47 x10 ⁻³	9,39 x10 ⁻³

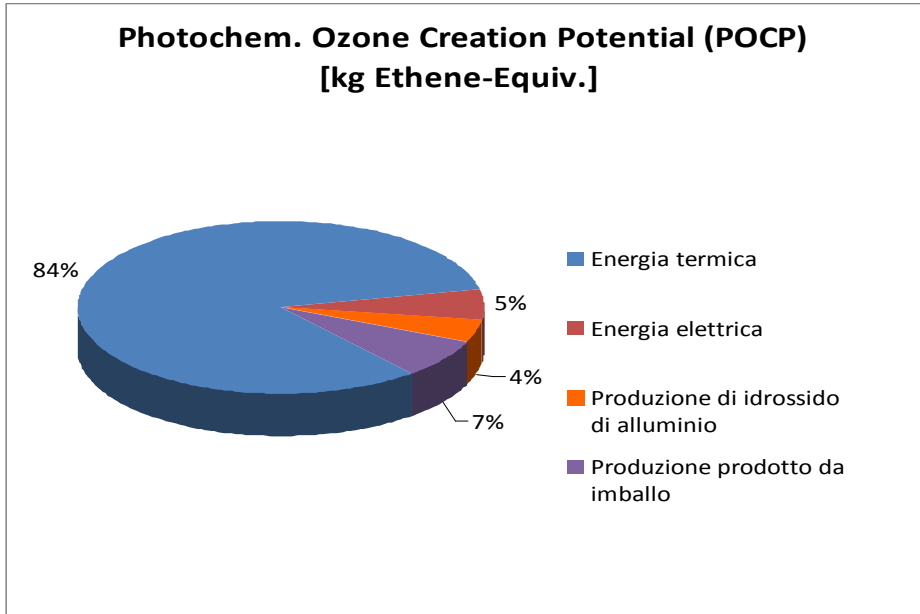


INDICATORE IMPATTO AMBIENTALE	Energia termica	Energia elettrica
Ozone Layer Depletion Potential (ODP, steady state) [kg R11eq/T.U.]	1,36 x10 ⁻¹⁰	3,77 x10 ⁻¹⁰

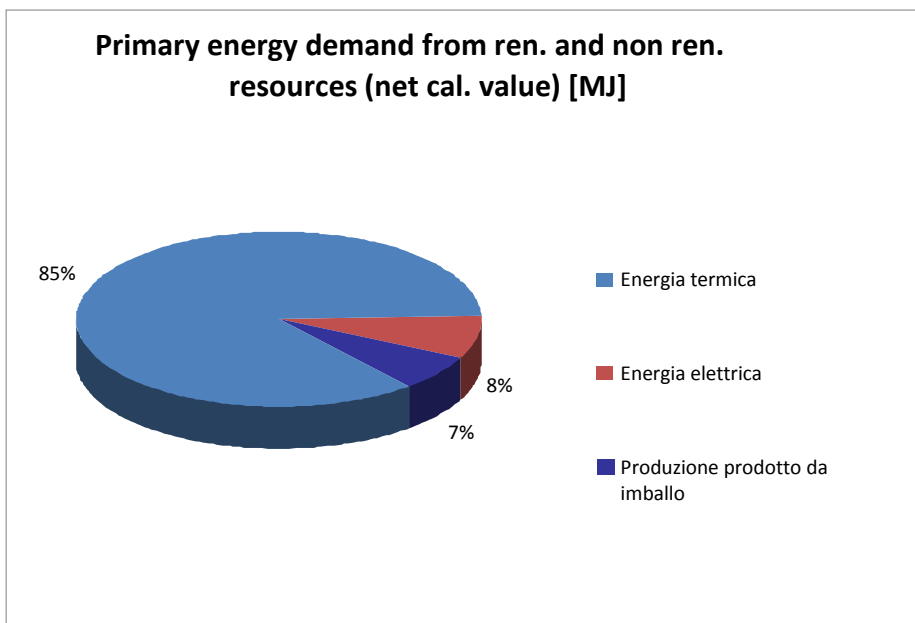


INDICATORI IMPATTO AMBIENTALE	Energia termica	Energia elettrica	Produzione idrossido di alluminio	Produzione prodotto da imballo
-------------------------------	-----------------	-------------------	-----------------------------------	--------------------------------

INDICATORI IMPATTO AMBIENTALE	Energia termica	Energia elettrica	Produzione idrossido di alluminio	Produzione prodotto da imballo
Photochem. Ozone Creation Potential (POCP) [kg C ₂ H ₄ eq./T.U.]	6,52 x10 ⁻⁵	4,29 x10 ⁻⁶	3,44 x10 ⁻⁶	5,73 x10 ⁻⁶



INDICATORI IMPATTO AMBIENTALE	Energia termica	Energia elettrica	Produzione prodotto da imballo
Primary energy demand from ren. and non ren. resources (net cal. value) [MJ/T.U.]	4,13	0,37	0,32



Nella successiva tabella si riportano per ciascun indicatore di impatto ambientale i contributi il cui impatto relativo è inferiore all' 1% del valore totale.

INDICATORI IMPATTO AMBIENTALE	Trasporto cartiera e sito produttivo	Trasporto additivi	Produzione idrossido di alluminio	Produzione prodotto da imballo
Abiotic Depletion (ADP elements) [kg Sb-eq./T.U]	7.99×10^{-12}	5.63×10^{-11}	>1%	>1%
Abiotic Depletion (ADP fossil) [MJ/T.U]	2.8×10^{-3}	0.020	3.09×10^{-2}	>1%
Acidification Potential (AP) [kg SO ₂ eq./T.U]	9.59×10^{-7}	> 1%	>1%	>1%
Eutrophication Potential (EP) [kg PO ₄ ³⁻ eq./T.U]	2.23×10^{-7}	1.52×10^{-6}	>1%	>1%
Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO ₂ eq./T.U.]	2.02×10^{-4}	1.43×10^{-3}	>1%	>1%
Ozone Layer Depletion Potential (ODP, steady state) [kg R11 eq./T.U.]	7.51×10^{-14}	5.29×10^{-13}	3.54×10^{-12}	0.0
Photochem. Ozone Creation Potential (POCP) [kg C ₂ H ₄ eq./T.U.]	-3.21×10^{-7}	-2.16×10^{-6}	>1%	>1%
Primary energy demand from ren. and non ren. resources (net cal. value) [MJ /T.U.]	0.0029	0.020	0.032	>1%

6. Interpretazione dei risultati

Analisi indicatori di impatto ambientale: valore complessivo di prodotto e contributi principali

I valori totali dei diversi indicatori di impatto ambientale mostrano come il ciclo di vita legato alle fasi di produzione (*cradle to gate*) di 1kg di prodotto isolante CELLUFLOC abbia impatto principalmente sugli indicatori di depauperamento abiotico ADP(fossil) e riscaldamento globale (GWP 100 yrs).

Su scala minore sono invece gli impatti locali sulla acidificazione di acqua e terra, eutrofizzazione e creazione di smog fotochimico. L'impatto sulla riduzione dello strato di ozono ODP è molto contenuto.

L'analisi dei contributi alle singole categorie di impatto ambientale dei diversi parametri produttivi mostra come: (i contributi sono riportati in ordine decrescente)

- **il consumo di energia termica** per l'essiccazione (fase 3) sia la principale sorgente di impatto ambientale sulla quasi totalità degli indicatori, ad esclusione cioè solo della riduzione dello strato di ozono ODP. Tale influenza sugli indicatori ambientali (ADP fossil, GWP100yrs e POCP in particolare) dipende dagli impatti legati alla produzione e al consumo del carburante di caldaia (GPL).

- Per la categoria assottigliamento dello strato di ozono (ODP) il contributo maggiore (76%) è dato dal **consumo di energia elettrica diretta** (macinazione presso Nesocell), seguita dalla energia termica che incide per il 26%.
- Il consumo **dell'additivo idrossido di alluminio**, e la sua produzione, hanno principalmente effetto sulle categorie di eutrofizzazione e di acidificazione, ma comunque inferiore al contributo associato al consumo di energia termica
 - AP: contributo del 9% da produzione AlOH_3 , a fronte del 75% associato al consumo di energia termica
 - EP : contributo del 9% da produzione AlOH_3 a fronte dell' 80% associato al consumo di energia termica
- I contributi dell'uso del **packaging/imballo di prodotto in polietilene**, dipendono dai consumi energetici e dai carichi ambientali associati alla produzione, ed incidono principalmente sulle seguenti categorie:
 - POCP
 - ADP (fossil)
 - AP
 - Primary energy demand
- **I trasporti**, grazie alla loro ottimizzazione (pieno carico dove possibile), hanno un impatto superiore all'1% per le sole categorie AP e EP

7. Analisi di sensibilità

A verifica della attendibilità dei risultati, e dell'influenza relativa dei principali contributi dei primi tre principali parametri di produzione sopra descritti (**energia termica, energia elettrica e consumo di additivo**) è stata effettuata una analisi di sensibilità.

I **contributi agli impatti del packaging e dei trasporti invece non sono** stati sottoposti all'analisi di sensibilità perché:

- l'imballo, seppur parte del prodotto, corrisponde ad una percentuale in **massa del 0,4%**, cioè inferiore al 1%.
- Gli impatti ai trasporti incidono in maniera significativa (>1%) solamente su due categorie di impatto.

L'analisi di sensibilità è stata condotta in tre scenari differenti, ed ha il fine di verificare quale sia la variazione dei risultati di impatto ambientale dovuta all'aumento del valore di ingresso.

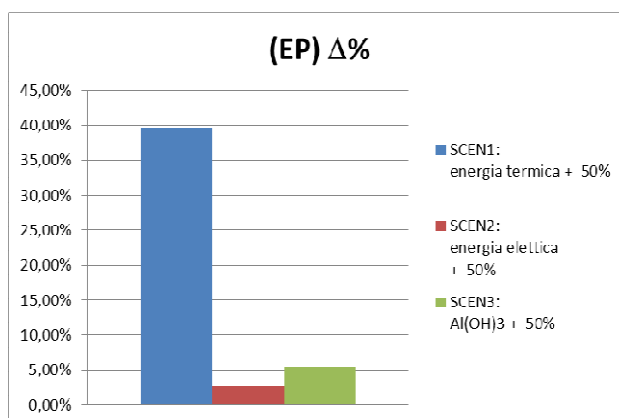
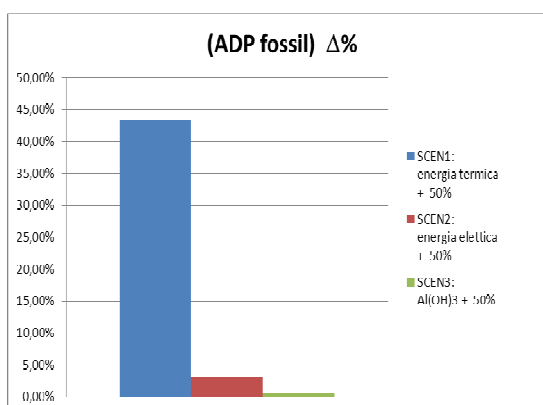
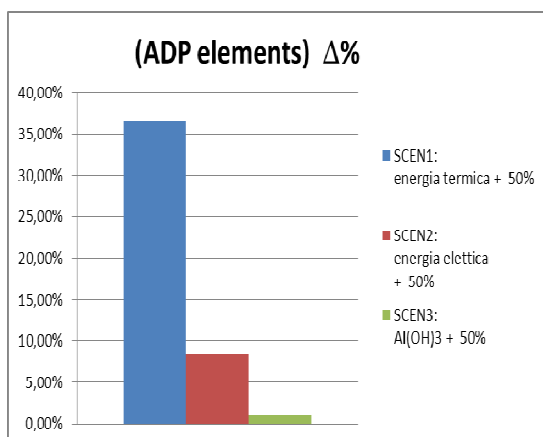
Per ciascuno scenario è stato variato del 50% il valore di un solo parametro alla volta mantenendo gli altri valori invariati ed uguali ai valori di inventario (o valori di produzione).

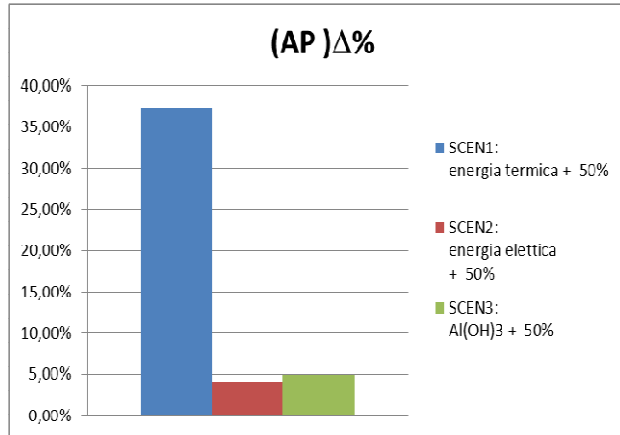
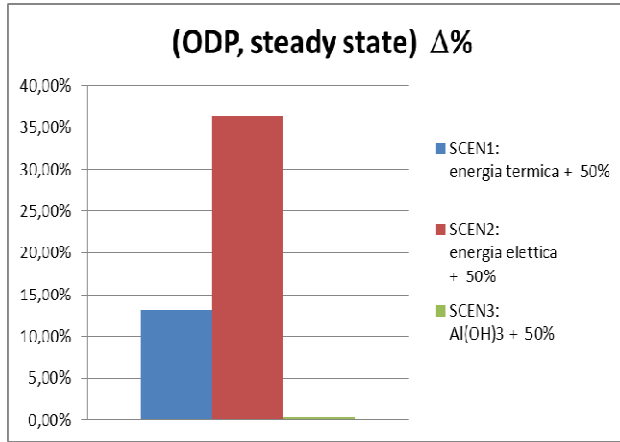
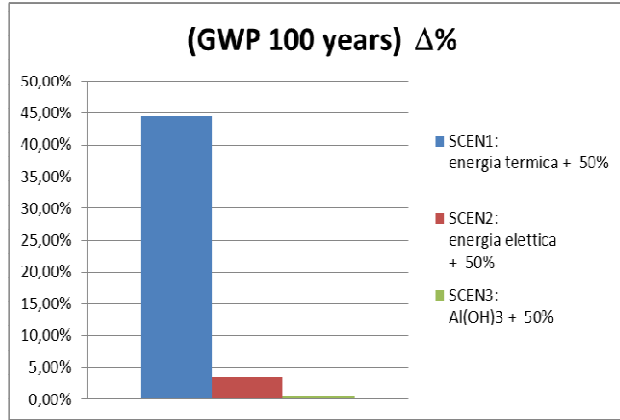
Scenario1: aumento del 50% della energia termica

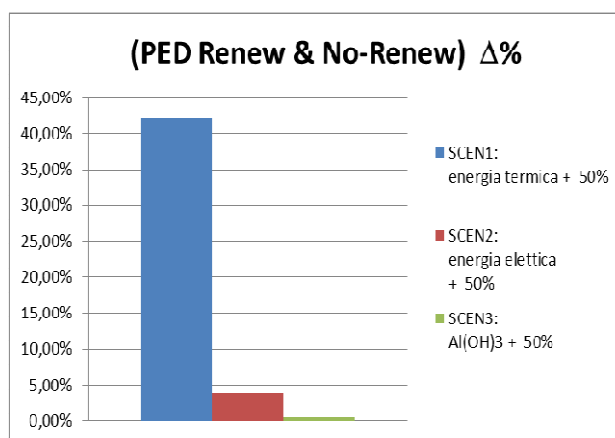
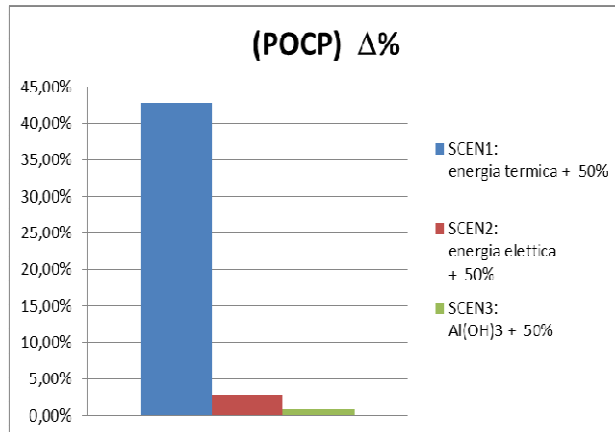
Scenario 2: aumento del 50% della energia elettrica

Scenario 3: aumento del 50% del consumo di idrossido di alluminio

Nei grafici seguenti sono mostrati, per ciascun indicatore ambientale, le variazioni percentuali ottenute in ciascuno dei tre scenari: le variazioni sono calcolate rispetto al risultato iniziale della situazione di produzione.







Per le categorie di acidificazione AP(aria e suolo) e di eutrofizzazione delle acque EP, la variazione del **50% del solo consumo di additivo** idrossido di alluminio (Al(OH)₃ scenario 3), determina delle variazioni degli impatti superiori a quelle ottenute nello scenario 2 aumentando l'energia elettrica del 50%. Le variazioni maggiori degli impatti di AP e EP sono però ottenute nello scenario 1 di aumento della energia termica.

Lo scenario dell' aumento della sola energia termica è il peggiore tra i tre considerati, anche per le variazioni indotte sulle categorie di impatto ambientale:

- consumo delle risorse abiotiche (ADP fossil e ADP elements)
- effetto serra (GWP100yrs)
- creazione di smog fotochimico (POCP)
- energia primaria da risorse rinnovabili e non rinnovabili (PED Renew & No Renew)

Solamente nel caso della categoria assottigliamento dello strato di ozono ODP, lo scenario 2 di variazione del 50% **del solo consumo di energia elettrica** determina una variazione superiore a quella ottenuta nello stesso scenario con il solo aumento di energia termica.

Il confronto tra i tre scenari mostra come l'aumento di un particolare parametro abbia effetto su specifiche categorie di impatto ambientale, tali relazioni sono in accordo con le relazioni parametro/indicatore ottenute nell'ambito dell'analisi del ciclo di vita.