



**Di Maria e Sisani, “LCA di diverse tecnologie e processi per la depurazione del percolato di discarica: applicazione ad un caso reale ”**

---

# LCA di diverse tecnologie e processi per la depurazione del percolato di discarica: applicazione ad un caso reale

Francesco Di Maria, Federico Sisani

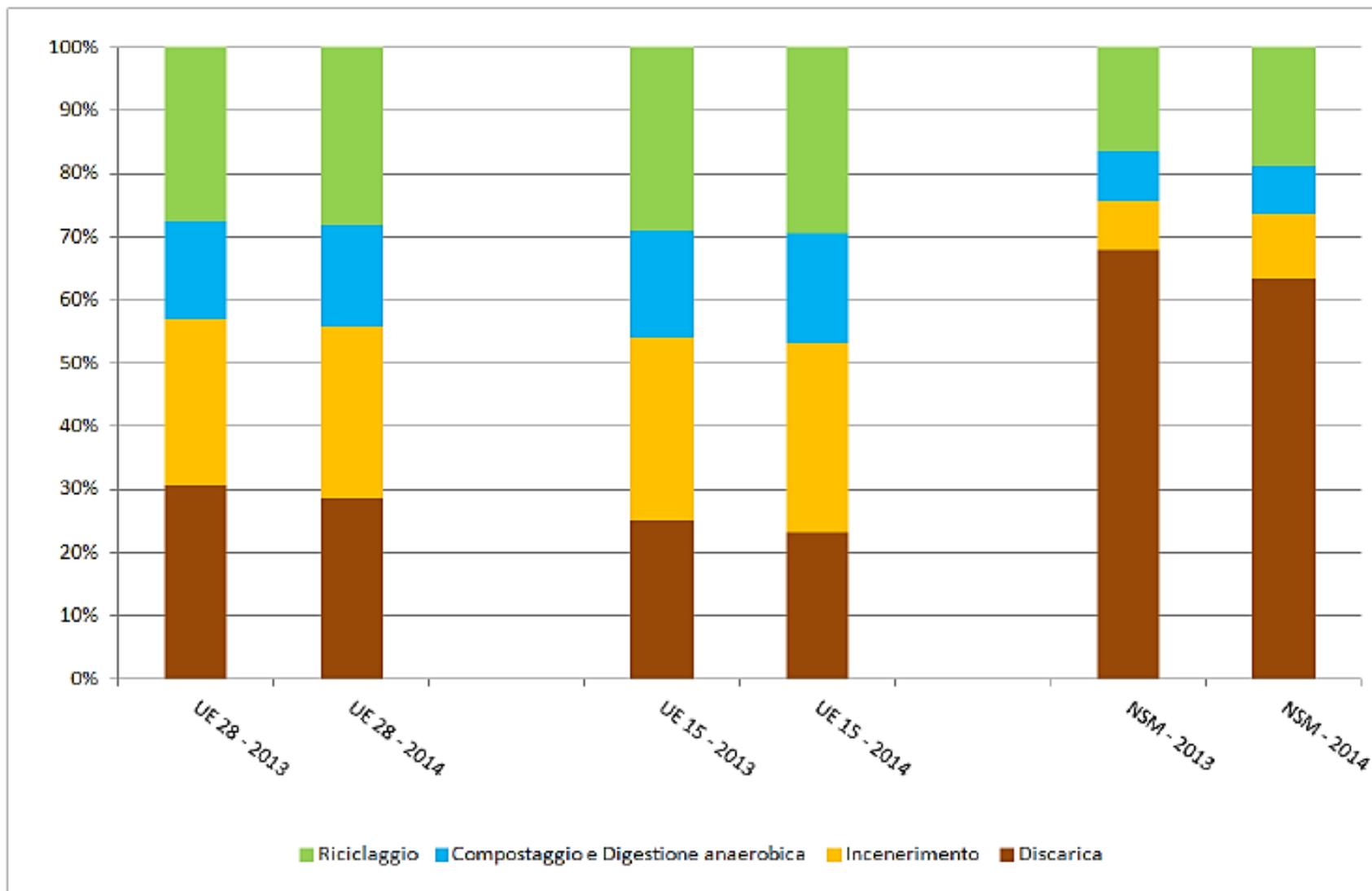
LAR<sup>5</sup> Laboratory – Dipartimento di Ingegneria –

Università di Perugia



# Di Maria e Sisani, “LCA di diverse tecnologie e processi per la depurazione del percolato di discarica: applicazione ad un caso reale”

## INTRODUZIONE (1)



Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Eurostat



# Di Maria e Sisani, “LCA di diverse tecnologie e processi per la depurazione del percolato di discarica: applicazione ad un caso reale ”

## INTRODUZIONE (2)



Direttiva 1999/31/CE, Direttiva 2008/98/CE,  
D.Lgs.n.36/2003, D.Lgs.n.152/2006 D.Lgs.n.205/2010.



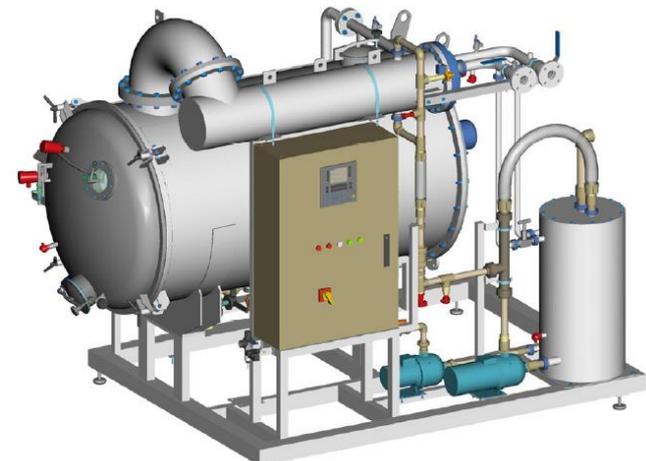
# Di Maria e Sisani, “LCA di diverse tecnologie e processi per la depurazione del percolato di discarica: applicazione ad un caso reale”

## INTRODUZIONE (3)

### TECNOLOGIE CONVENZIONALI: IMPIANTI DI TRATT. ACQUE REFLUEE



### TECNOLOGIE INNOVATIVE: OSMOSI INVERSA ED EVAPORAZIONE



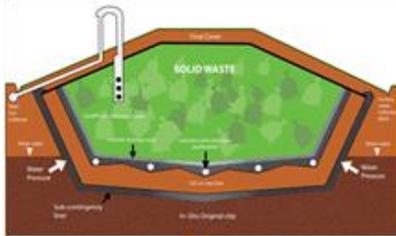


# Di Maria e Sisani, “LCA di diverse tecnologie e processi per la depurazione del percolato di discarica: applicazione ad un caso reale”

CASO-STUDIO

ENERGY

MATERIALS



LEACHATE

EVAPORATION



REVERSE OSMOSIS



W.W.T.P.



TREATED  
WASTEWATER



EMISSIONS





# Di Maria e Sisani, “LCA di diverse tecnologie e processi per la depurazione del percolato di discarica: applicazione ad un caso reale ”

## STATO ATTUALE



DISCARICA RIFIUTI NON PERICOLOSI:

CAPACITA'

COMPLESSIVA:

1.530.000m<sup>3</sup>

RIFIUTI CONFERITI:

198.140tonn. (2013)

156.248tonn. (2014)

IMPIANTO DI TRATT.

PERCOLATO (IN-SITO) :

~42m<sup>3</sup>/g (media 2013/2014)

15.378m<sup>3</sup>/anno (2013)

15.055m<sup>3</sup>/anno(2014)

IMPIANTO DI TRATT.

ACQUE REFLUEE

(W.W.T.P., FUORI-SITO):

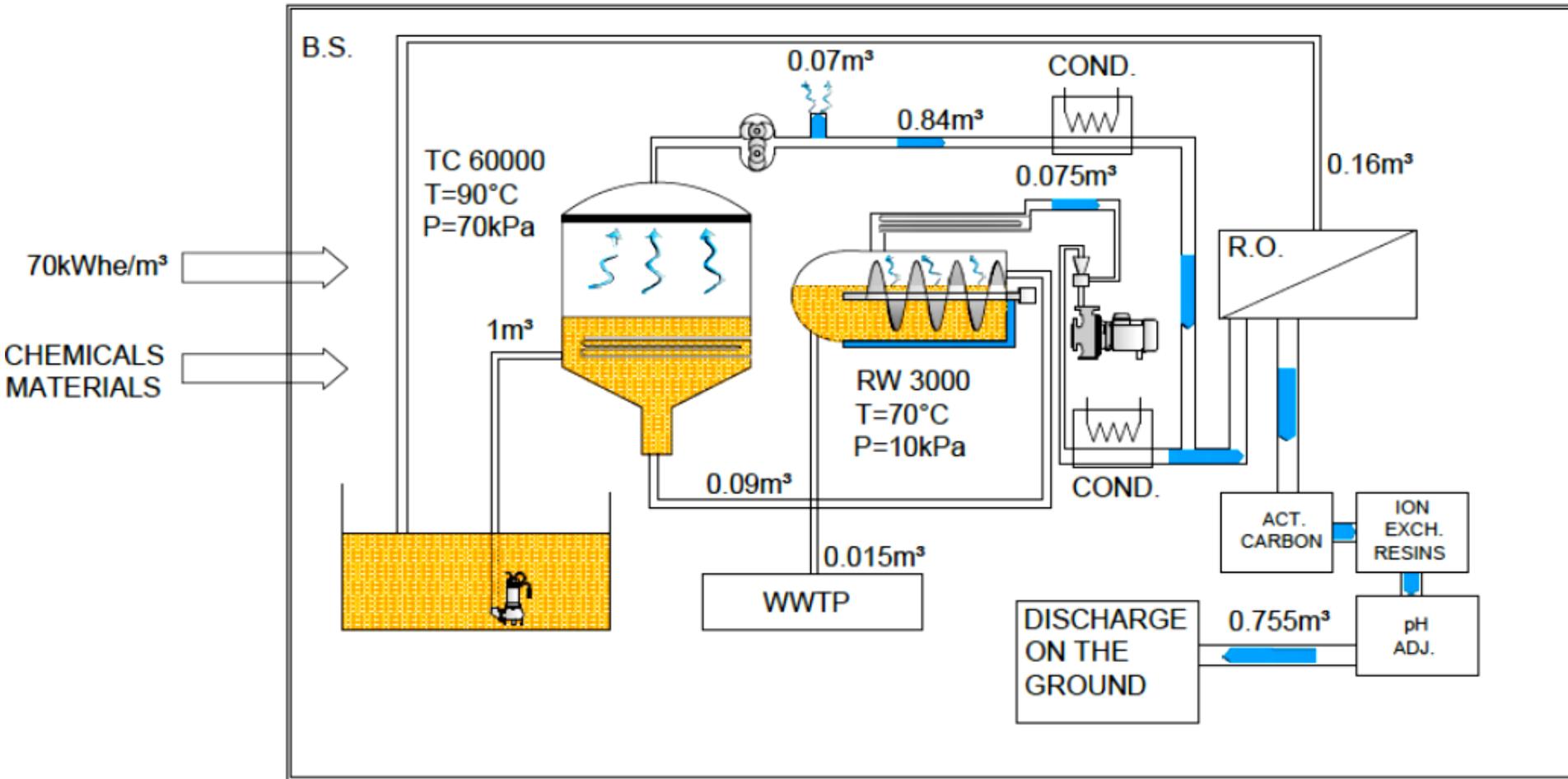
20.333m<sup>3</sup>/anno (2013)

30.706m<sup>3</sup>/anno (2014)



# Di Maria e Sisani, "LCA di diverse tecnologie e processi per la depurazione del percolato di discarica: applicazione ad un caso reale"

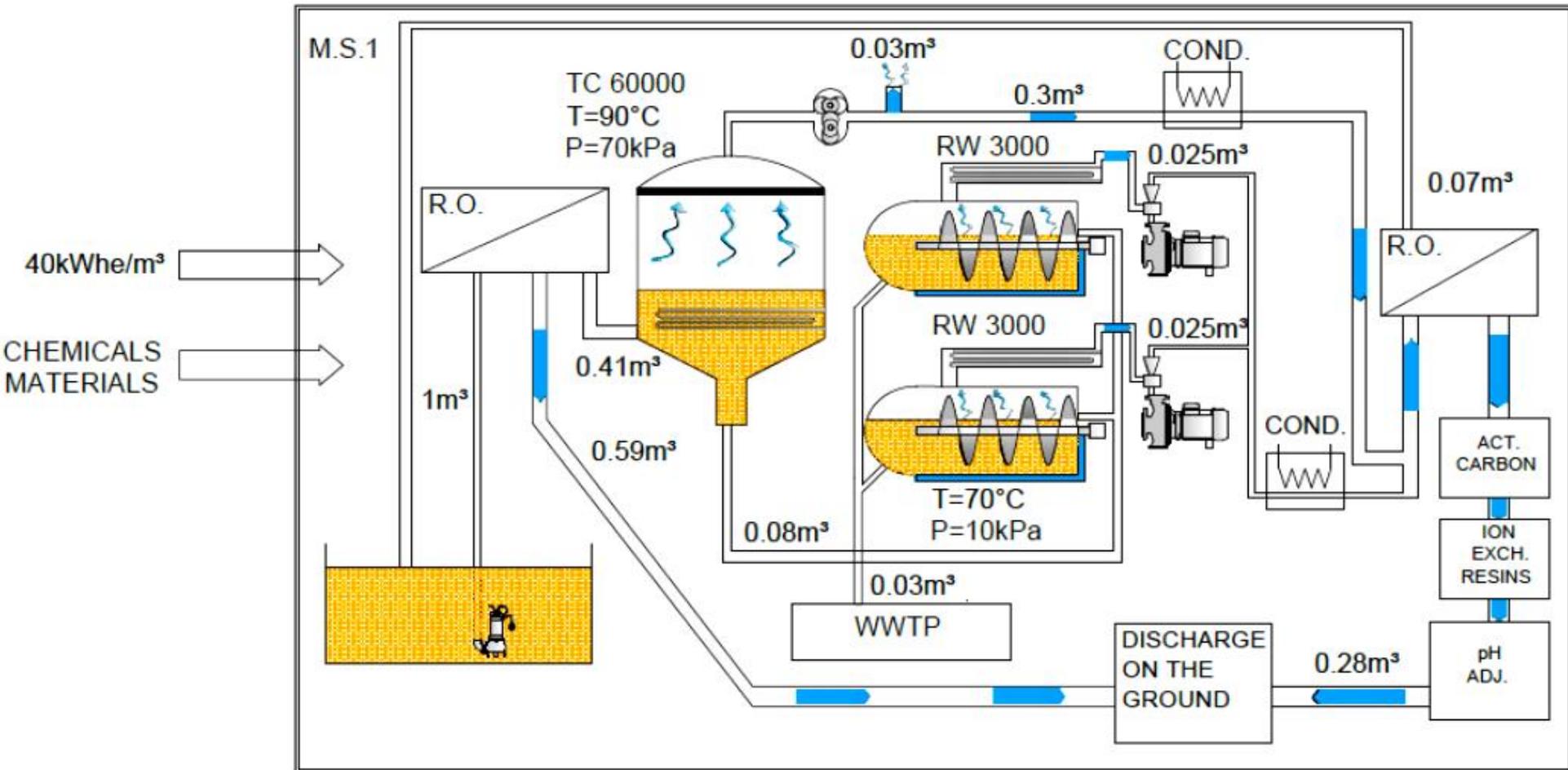
## SCENARIO ATTUALE





# Di Maria e Sisani, "LCA di diverse tecnologie e processi per la depurazione del percolato di discarica: applicazione ad un caso reale"

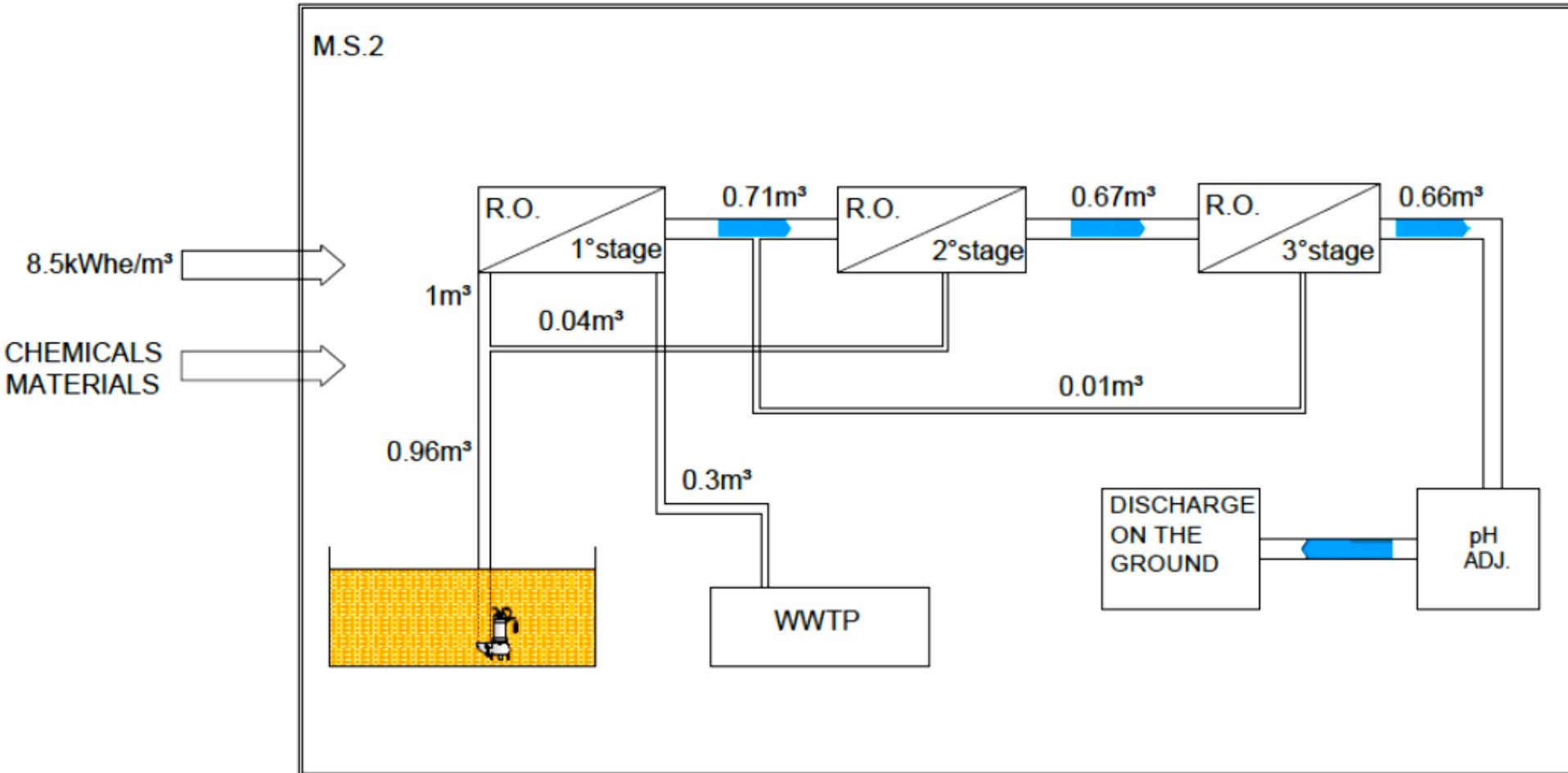
## SCENARIO MODIFICATO 1





# Di Maria e Sisani, "LCA di diverse tecnologie e processi per la depurazione del percolato di discarica: applicazione ad un caso reale"

## SCENARIO MODIFICATO 2





# Di Maria e Sisani, “LCA di diverse tecnologie e processi per la depurazione del percolato di discarica: applicazione ad un caso reale ”

## LIFE CYCLE ASSESSMENT

La valutazione del ciclo di vita (LCA) è stata realizzata seguendo le:

- ISO 14040 (2006)
- ISO 14044 (2006)
- ILCD (2010)

I calcoli sono stati effettuati col software SimaPro 8.2.0.

## OBIETTIVO

Confronto, in termini di impatti ambientali legati al trattamento del percolato, tra 4 diverse soluzioni impiantistiche:

- B.S.,
- M.S.1,
- M.S.2,
- W.W.T.P.



# Di Maria e Sisani, “LCA di diverse tecnologie e processi per la depurazione del percolato di discarica: applicazione ad un caso reale ”

## AMBITO DI VALIDITA'

- Discarica per rifiuti non pericolosi in fase operativa, avente caratteristiche simili (per tipo di rifiuti smaltiti e per modalità costruttiva) a quelle della fascia Sud-Ovest della zona europea (sanitary landfill);
- Impianti di trattamento del percolato di discarica.

## CONTESTO

Il contesto in cui è stato effettuato lo studio è C1 (interazione con altri sistemi) (ILCD Handbook, EC 2010)

## UNITA' FUNZIONALE

Trattamento del percolato finalizzato al rispetto della normativa sugli scarichi

## FLUSSO DI RIFERIMENTO

1m<sup>3</sup> di percolato trattato

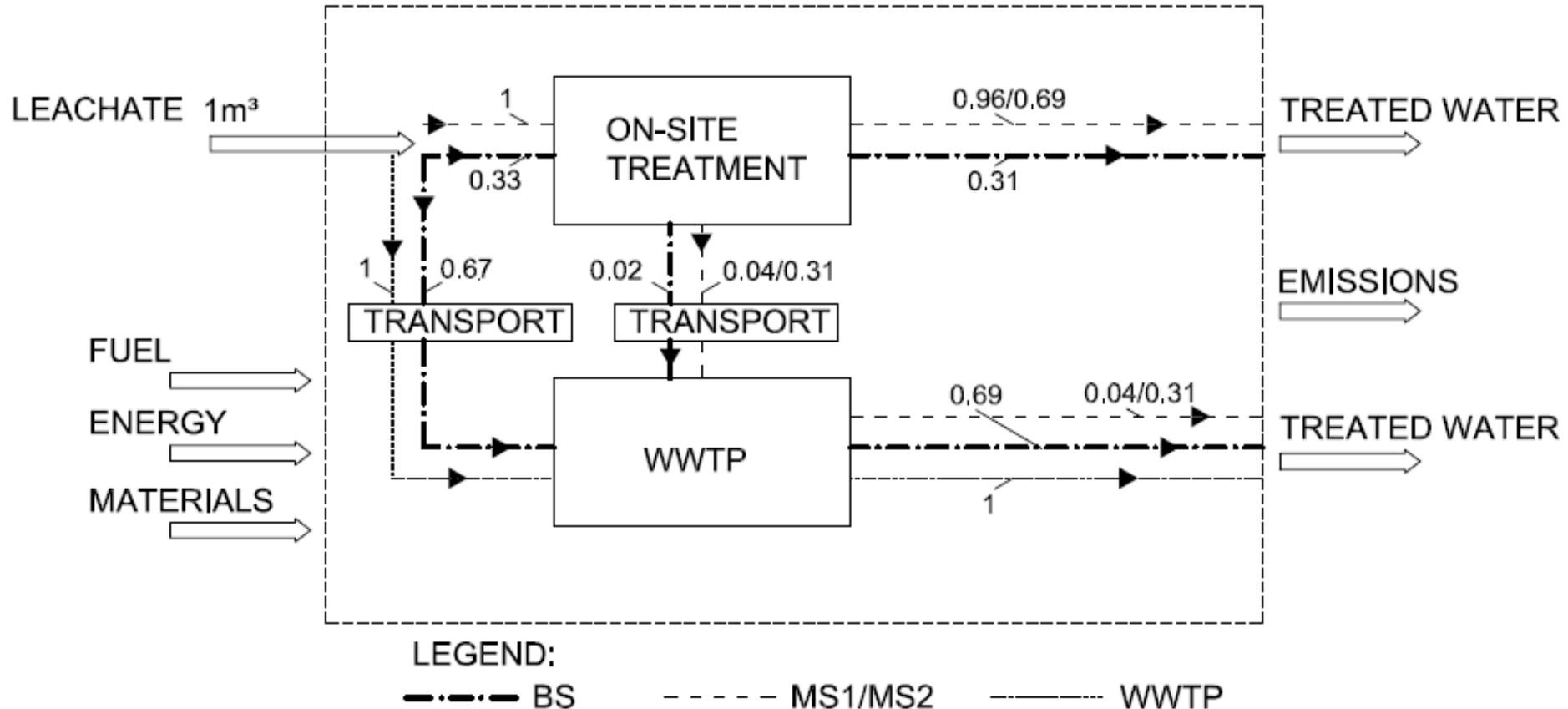
## SISTEMA

- Il sistema impiegato è in espansione per tener conto della multifunzionalità dei processi;
- Metodo di Allocazione: Default;
- Modellazione del Sistema: Attributiva.



# Di Maria e Sisani, “LCA di diverse tecnologie e processi per la depurazione del percolato di discarica: applicazione ad un caso reale”

## CONFINI DEL SISTEMA



E' stato adottato il modello energia elettrica Italia sviluppato dai dati raccolti dal M.S.E. nel 2015.

La qualità dell'acqua depurata, in uscita dagli impianti di trattamento in sito, è stata considerata esser la stessa di quella in uscita dal WWTP.



# Di Maria e Sisani, “LCA di diverse tecnologie e processi per la depurazione del percolato di discarica: applicazione ad un caso reale ”

## INVENTARIO DEL CICLO DI VITA

| Parametri  | Unità              | BS (Attuale)      | MS1 (Evap. e R.O.) | MS2 (Solo R.O.) |
|--|--------------------|-------------------|--------------------|-----------------|
| <i>Outlet</i>  |                    |                   |                    |                 |
| Permeato   | m <sup>3</sup>     | 0.825             | 0.9                | 0.66            |
| Concentrato  | m <sup>3</sup>     | 0.015             | 0.03               | 0.30            |
| COD Conc.  | g/l                | 232               | 232                | 23.4            |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Conc.   | g/kg               | 3.00              | 3.00               | 9.00            |
| <i>Input dalla tecnosfera (materiali/energia)</i>  |                    |                   |                    |                 |
| Calore   | kWh/m <sup>3</sup> | 46                | 18.4               | -               |
| Elettricità  | kWh/m <sup>3</sup> | 70.0              | 40.0               | 8.50            |
| HCl  | kg/m <sup>3</sup>  | 14                | 10.2               | -               |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>   | kg/m <sup>3</sup>  | 0.13              | 0.11               | 5.88            |
| Antischiuma (Si/H <sub>2</sub> O)  | kg/m <sup>3</sup>  | 0.17/2.23         | 0.084/1.116        | -               |
| Prodotto acido per R.O.<br>(HNO <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O)                          | kg/m <sup>3</sup>  | 1E-3/1E-3         | 0.045/0.045        | 0.025/0.025     |
| NaOH   | kg/m <sup>3</sup>  | 0.08              | 0.067              | -               |
| Battericida (CH <sub>2</sub> NS <sub>2</sub> <sup>-</sup> /H <sub>2</sub> O)             | kg/m <sup>3</sup>  | 0.04/0.23         | 0.036/0.204        | -               |
| Prodotto basico per R.O.<br>(KOH/NaOH/C <sub>28</sub> H <sub>22</sub> /H <sub>2</sub> O) | kg/m <sup>3</sup>  | 4.8E-3/1.6E-3/8E- | 0.053/0.0177/      | 0.0372/0.0124/  |
|  |                    | 4/8.8E-3          | 8.85E-3/0.0974     | 6.2E-3/0.0682   |

L'inventario è stato realizzato in base a:

- Dati raccolti all'impianto di trattamento attualmente presente in discarica (B.S.);
- Dati forniti dai costruttori di impianti per gli scenari modificati (M.S.1/M.S.2);
- LCI del WWTP è stato ripreso dal Database Ecoinvent 3.0 ed è relativo ad un impianto svizzero di trattamento delle acque reflue che serve 71,100 abitanti equivalenti. E' stato adottato lo scenario energetico italiano nell'inventario del WWTP.



# Di Maria e Sisani, “LCA di diverse tecnologie e processi per la depurazione del percolato di discarica: applicazione ad un caso reale”

## METODO DI VALUTAZIONE DELL'IMPATTO

E' stato impiegato il metodo di valutazione dell'impatto ILCD 2011 Midpoint +.

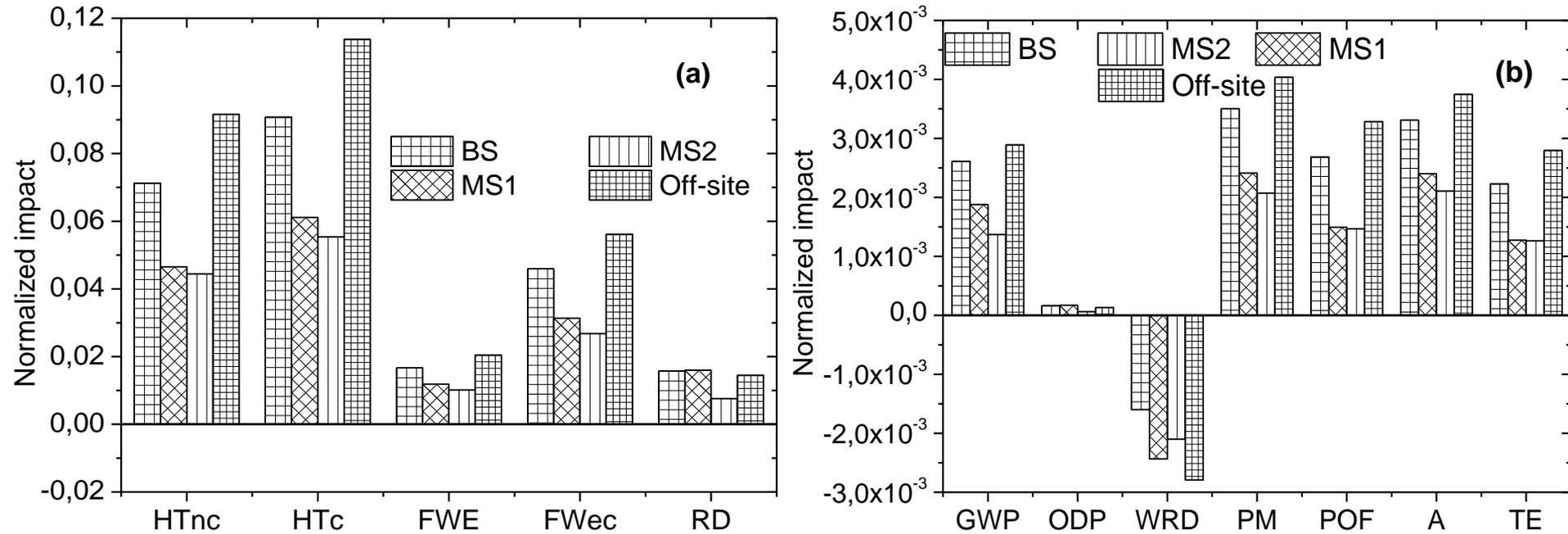
| <b>Impact category</b>                    | <b>Unit</b>              | <b>Norm. factor<br/>EU27 (2010)</b> | <b>Unit</b>                 |
|---|--------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| Global warming potential – GWP            | kgCO <sub>2</sub> eq.    | 1.10E- 04                           | kgCO <sub>2</sub> eq./a.    |
| Ozone depletion layer – ODP               | kgCFC-11 eq.             | 46.3                                | kgCFC-11 eq./a.             |
| Human toxicity, non-cancer effects – HTnc | CTUh                     | 1876                                | CTUh                        |
| Human toxicity, cancer effects – HTc      | CTUh                     | 27100                               | CTUh                        |
| Particulate matter – PM                   | kgPM2.5 eq.              | 2.63E -01                           | kgPM2.5 eq./a.              |
| Photochemical ozone formation – POF       | kgNMVOC eq.              | 3.15E -02                           | kgNMVOC eq./a.              |
| Acidification – A                         | molc H <sup>+</sup> eq.  | 2.11E -02                           | molc H <sup>+</sup> eq./a.  |
| Eutrophication terrestrial – ET           | molc N eq.               | 5.68E -03                           | molc N eq./a.               |
| Fresh water eutrophication – FWE          | kg P eq.                 | 6.76E -01                           | kg P eq./a.                 |
| Fresh water ecotoxicity – FWec            | CTUe                     | 1.14E -04                           | CTUe/a.                     |
| Land use – LU                             | kg C deficit* year       | 1.34E -05                           | kg C deficit*year           |
| Water resource depletion – WRD            | m <sup>3</sup> water eq. | 1.23E -02                           | m <sup>3</sup> water eq./a. |
| Min., foss. & ren. Res. Depletion - RD    | kg Sb eq.                | 9.9                                 | kg Sb eq./a.                |



# Di Maria e Sisani, “LCA di diverse tecnologie e processi per la depurazione del percolato di discarica: applicazione ad un caso reale ”

## RISULTATI DELL'ANALISI EFFETTUATA

### IMPATTI NORMALIZZATI RELATIVI AGLI SCENARI ANALIZZATI



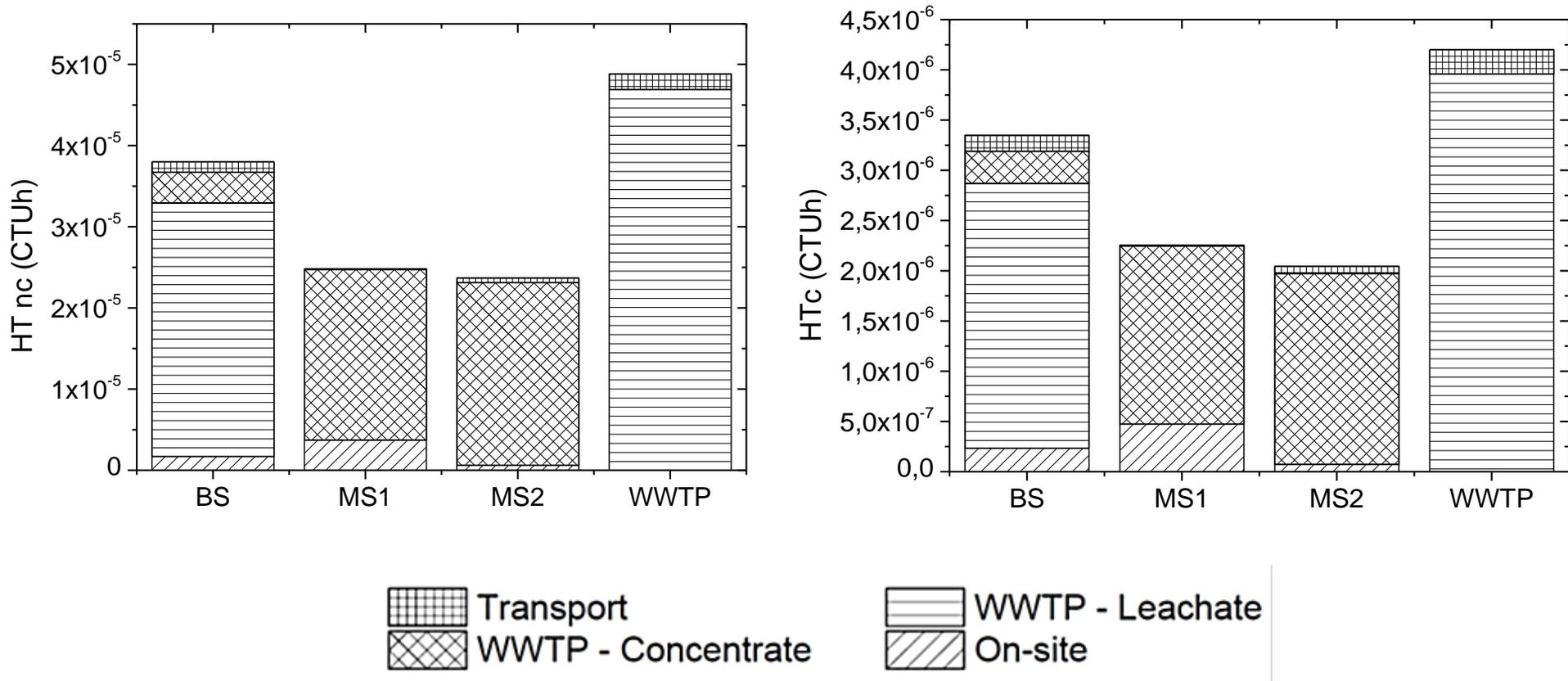
E' stata effettuata la normalizzazione al fine di valutare quali sono le categorie più impattanti nel nostro studio, anche se solitamente viene realizzata quando sono posti degli obiettivi di riduzione degli impatti relativi a quantitativi prefissati.



# Di Maria e Sisani, "LCA di diverse tecnologie e processi per la depurazione del percolato di discarica: applicazione ad un caso reale"

## RISULTATI DELL'ANALISI EFFETTUATA

### IMPATTI CARATTERIZZATI E CONTRIBUTO DELLE SINGOLE ATTIVITA'

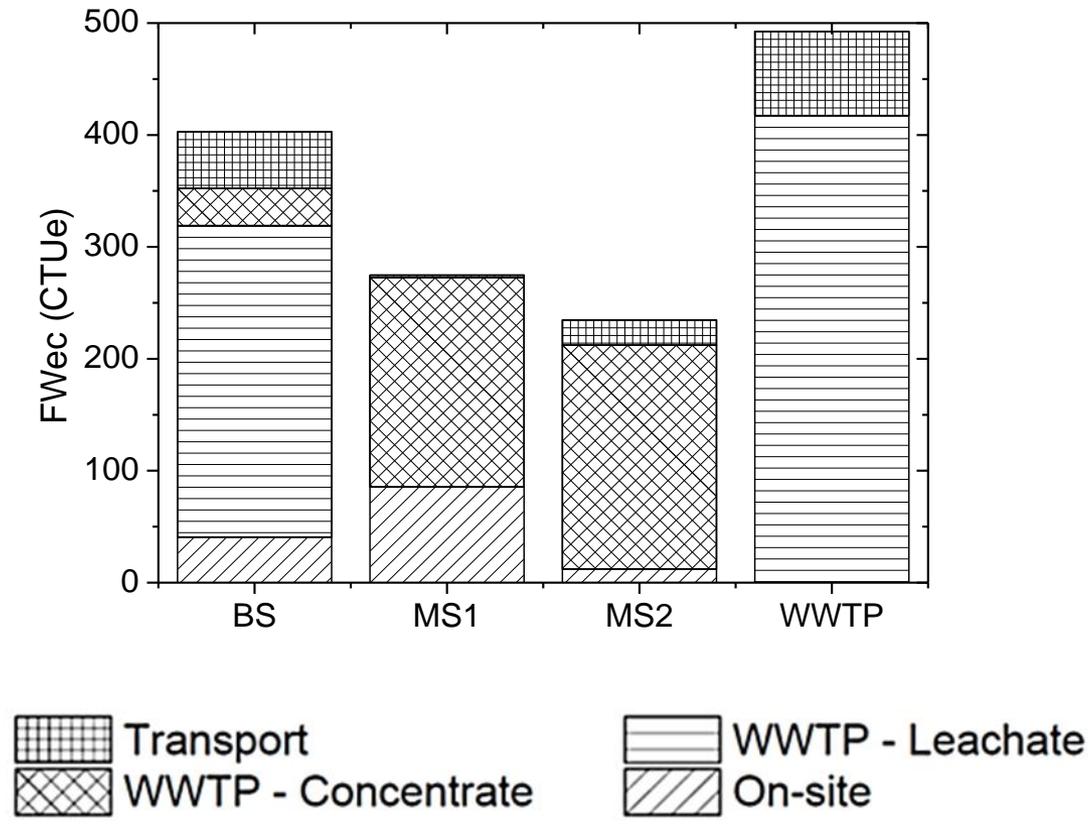




# Di Maria e Sisani, “LCA di diverse tecnologie e processi per la depurazione del percolato di discarica: applicazione ad un caso reale ”

## RISULTATI DELL'ANALISI EFFETTUATA

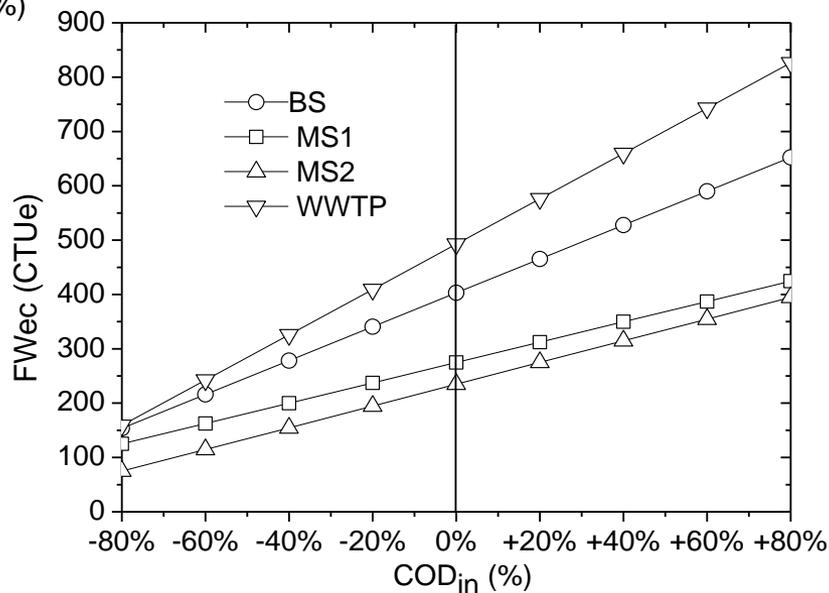
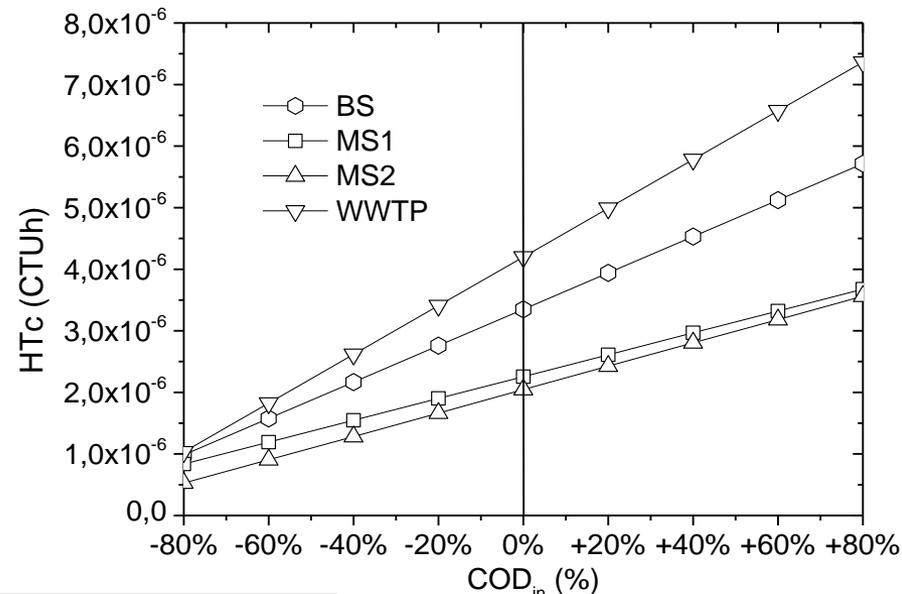
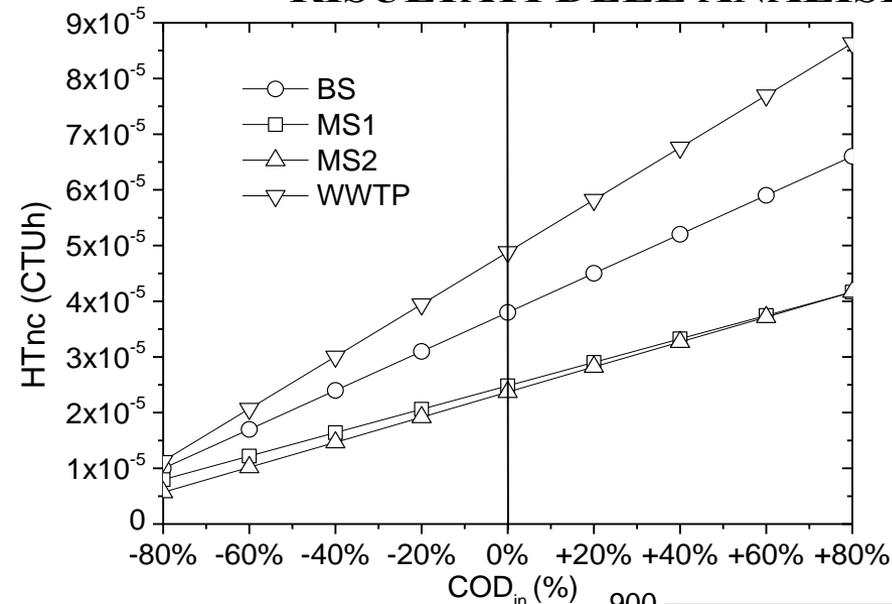
### IMPATTI CARATTERIZZATI E CONTRIBUTO DELLE SINGOLE ATTIVITA'





# Di Maria e Sisani, "LCA di diverse tecnologie e processi per la depurazione del percolato di discarica: applicazione ad un caso reale"

## RISULTATI DELL'ANALISI EFFETTUATA - ANALISI DI SENSITIVITA'





# Di Maria e Sisani, “LCA di diverse tecnologie e processi per la depurazione del percolato di discarica: applicazione ad un caso reale ”

## CONCLUSIONI

La valutazione comparativa del Ciclo di Vita ha messo in evidenza i seguenti aspetti:

- Trattamento esterno (WWTP-fuori sito) del percolato presenta il maggior contributo in termini di impatto ambientale;
- Trattamenti in-sito quali R.O. o Evaporazione sono da preferirsi a quello fuori sito visti i ridotti impatti ottenuti, in entrambe i casi, rispetto al WWTP;
- R.O. presenta, le migliori performance ambientali anche se si genera, rispetto agli altri trattamenti, un maggior quantitativo di concentrato che necessita di essere trattato;
- Il trattamento in-sito ad Evaporazione è consigliato se la discarica è dotata di un sistema di recupero energetico del LFG, capace di fornire larga parte dell'energia richiesta dal processo di trattamento del percolato.