



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

La trasformazione dell'organico da raccolta differenziata in fertilizzante e biometano

Incontro pubblico su "Ipotesi impianto biodigestore a Jesi"

Sala Consiglio Comunale di Jesi, 4 luglio 2019

Vito Pignatelli, ENEA – Dipartimento Tecnologie Energetiche



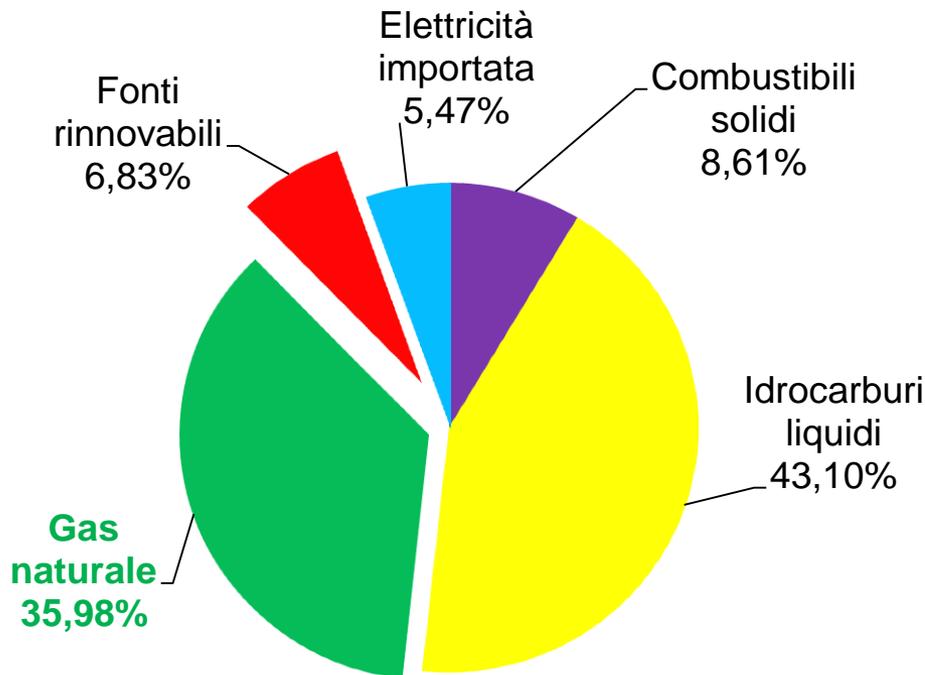
Gli elementi fondamentali di una "Economia Circolare"

- Energie rinnovabili
- Riduzione dei consumi di materie prime
- Minimo impatto ambientale di processi e prodotti
- Gestione sostenibile delle risorse idriche e dei territori
- **Riduzione, riutilizzo, riciclo e recupero dei rifiuti**



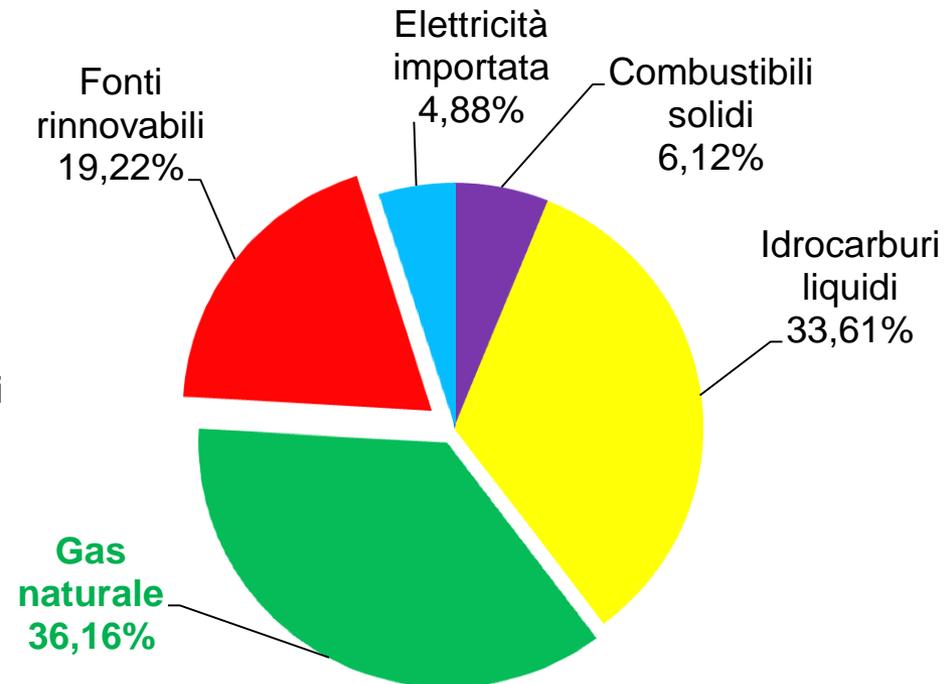
Consumo interno lordo di energia per fonte in Italia: confronto 2005 - 2017

2005



Consumo interno lordo di energia primaria: 197,8 Mtep

2017



Consumo interno lordo di energia primaria: 170,2 Mtep

Elaborazione su dati Ministero dello Sviluppo Economico - Situazione Energetica Nazionale 2017 e Bilancio Energetico Nazionale 2005

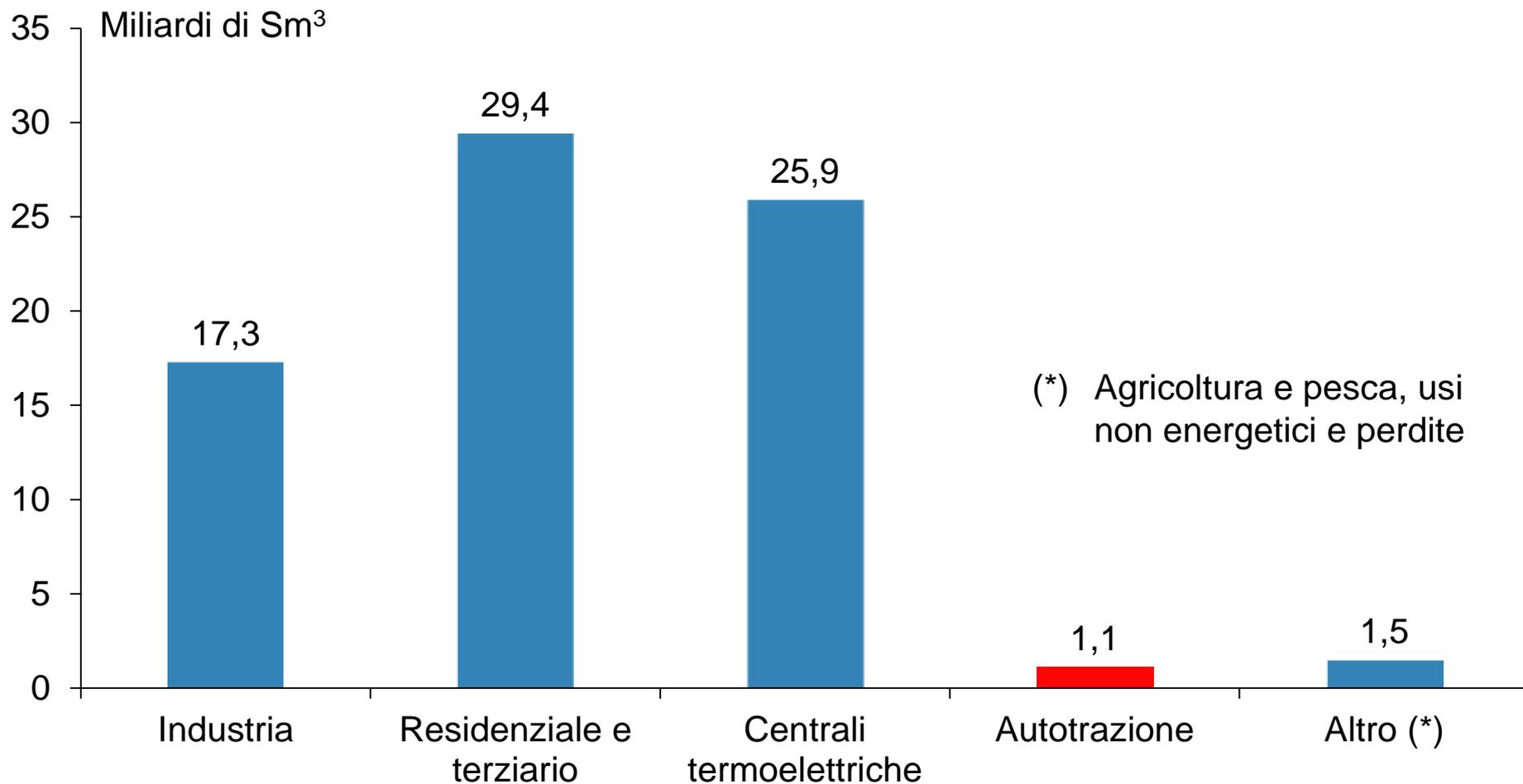
Il metano nel panorama energetico italiano

- Il metano (gas naturale) è la fonte di energia primaria più importante e utilizzata nel nostro Paese, ed il suo contributo ai consumi energetici è, insieme a quello delle fonti rinnovabili, in costante crescita da quasi venti anni
- Il metano è un vettore energetico estremamente versatile, utilizzabile per la produzione di energia elettrica, calore per l'industria, riscaldamento e altri impieghi per le utenze domestiche e carburante per i trasporti individuali e collettivi
- La produzione nazionale rappresenta solo il 7,3% dei consumi totali, che dipendono quindi per la maggior parte dalle importazioni



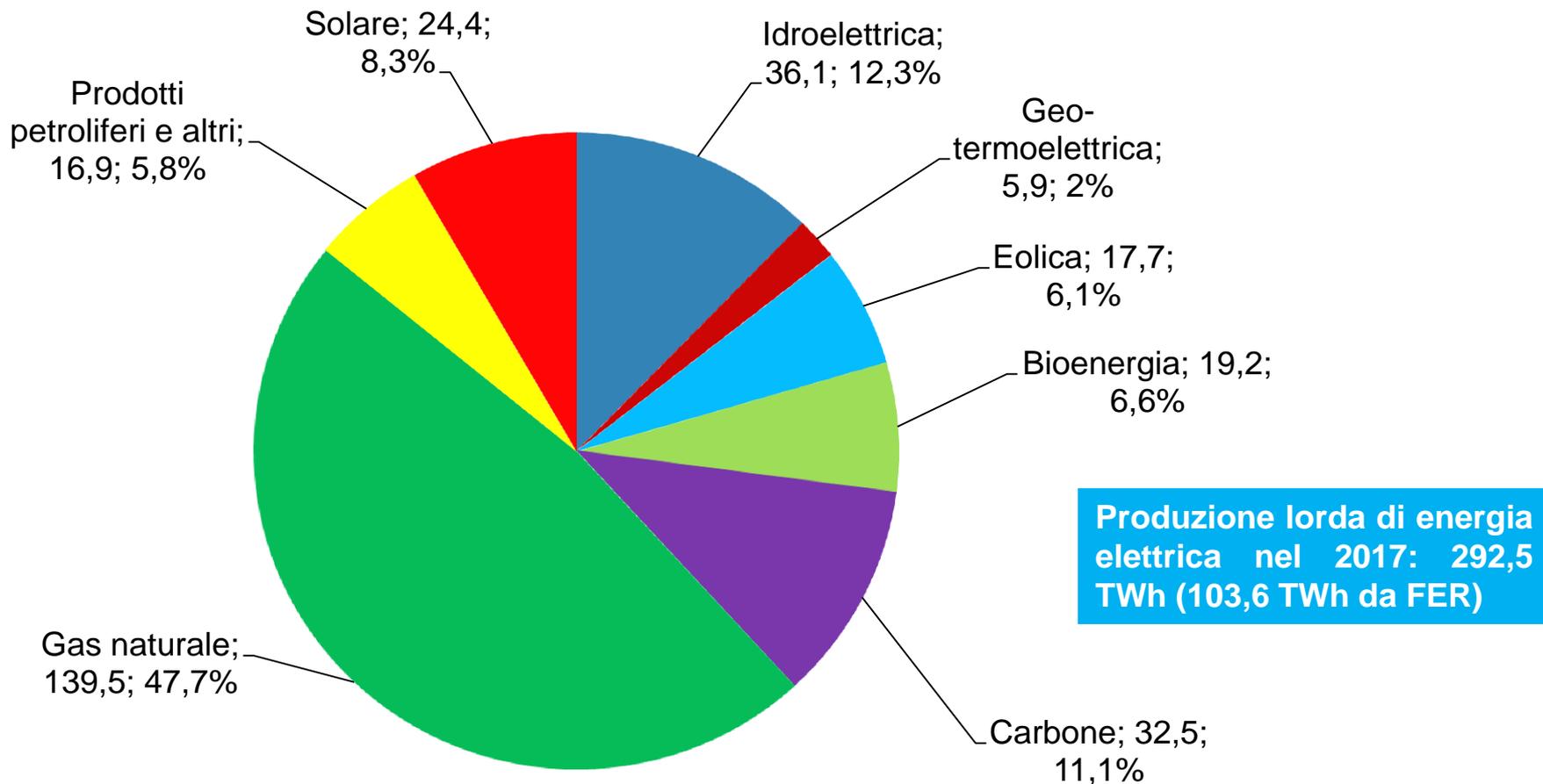
Immagine: www.snam.it

Usi finali del gas naturale in Italia nel 2017



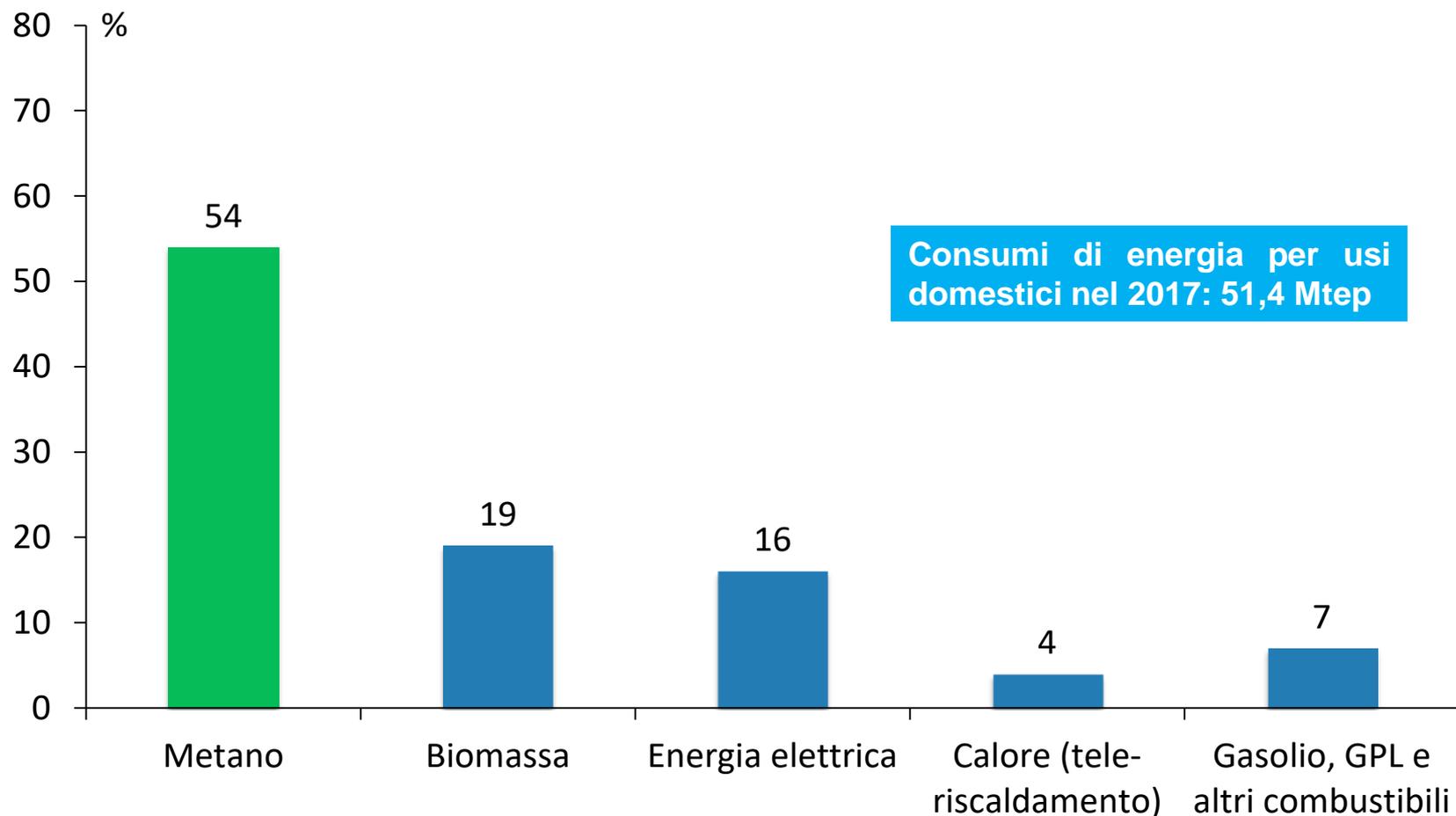
Elaborazione su dati Ministero dello Sviluppo Economico - Situazione Energetica Nazionale 2017

Contributo % delle diverse fonti alla produzione di elettricità in Italia nel 2017



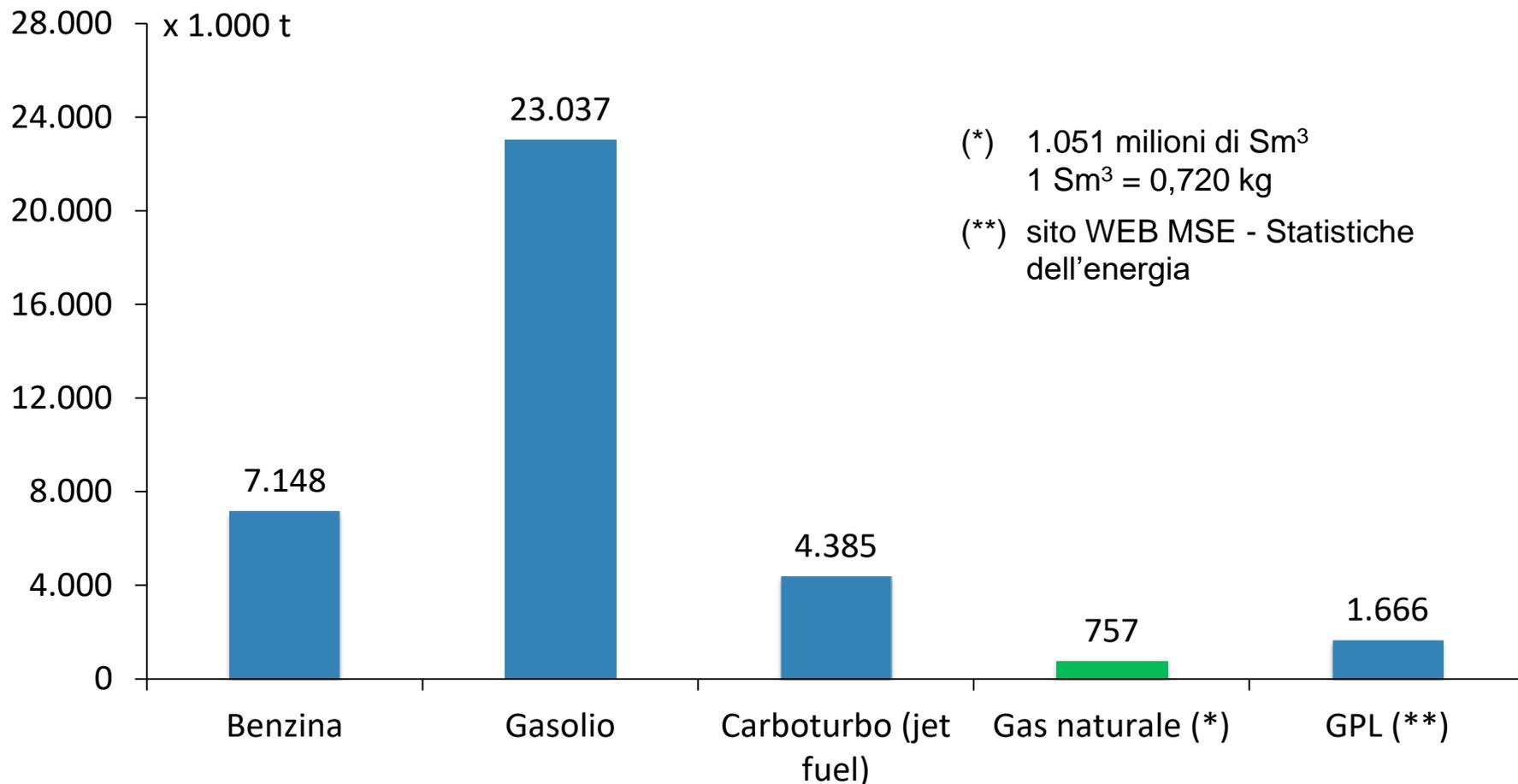
Elaborazione su dati Ministero dello Sviluppo Economico - Situazione Energetica Nazionale 2017

Ripartizione % per fonte dei consumi di energia per usi domestici in Italia nel 2017



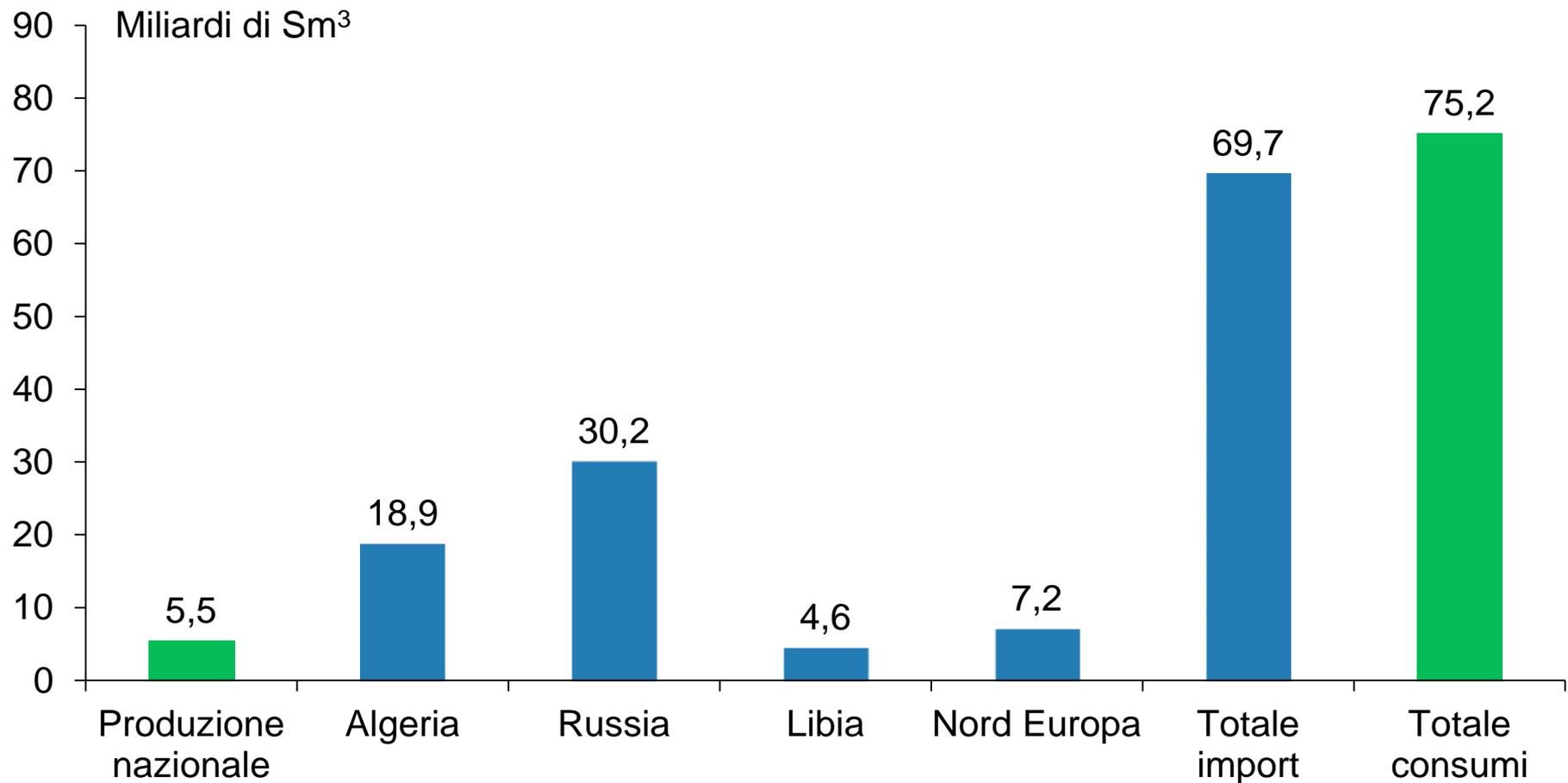
Elaborazione su dati Ministero dello Sviluppo Economico - Situazione Energetica Nazionale 2017

Consumi di carburanti nel settore dei trasporti in Italia nel 2017



Elaborazione su dati Ministero dello Sviluppo Economico - La situazione energetica nazionale nel 2017

Principali fonti di approvvigionamento di gas naturale in Italia nel 2017



Elaborazione su dati Ministero dello Sviluppo Economico - Situazione Energetica Nazionale 2017

La digestione anaerobica: una fonte inesauribile e sostenibile di metano

La digestione anaerobica è un processo biochimico, costituito da diverse fasi successive, mediante il quale la sostanza organica viene decomposta e trasformata in una miscela di gas (metano, CO₂ e tracce di altre componenti) che prende il nome di **biogas**



La digestione anaerobica: una fonte inesauribile e sostenibile di metano

La digestione anaerobica è un processo biochimico, costituito da diverse fasi successive, mediante il quale la sostanza organica viene decomposta e trasformata in una miscela di gas (metano, CO₂ e tracce di altre componenti) che prende il nome di **biogas**

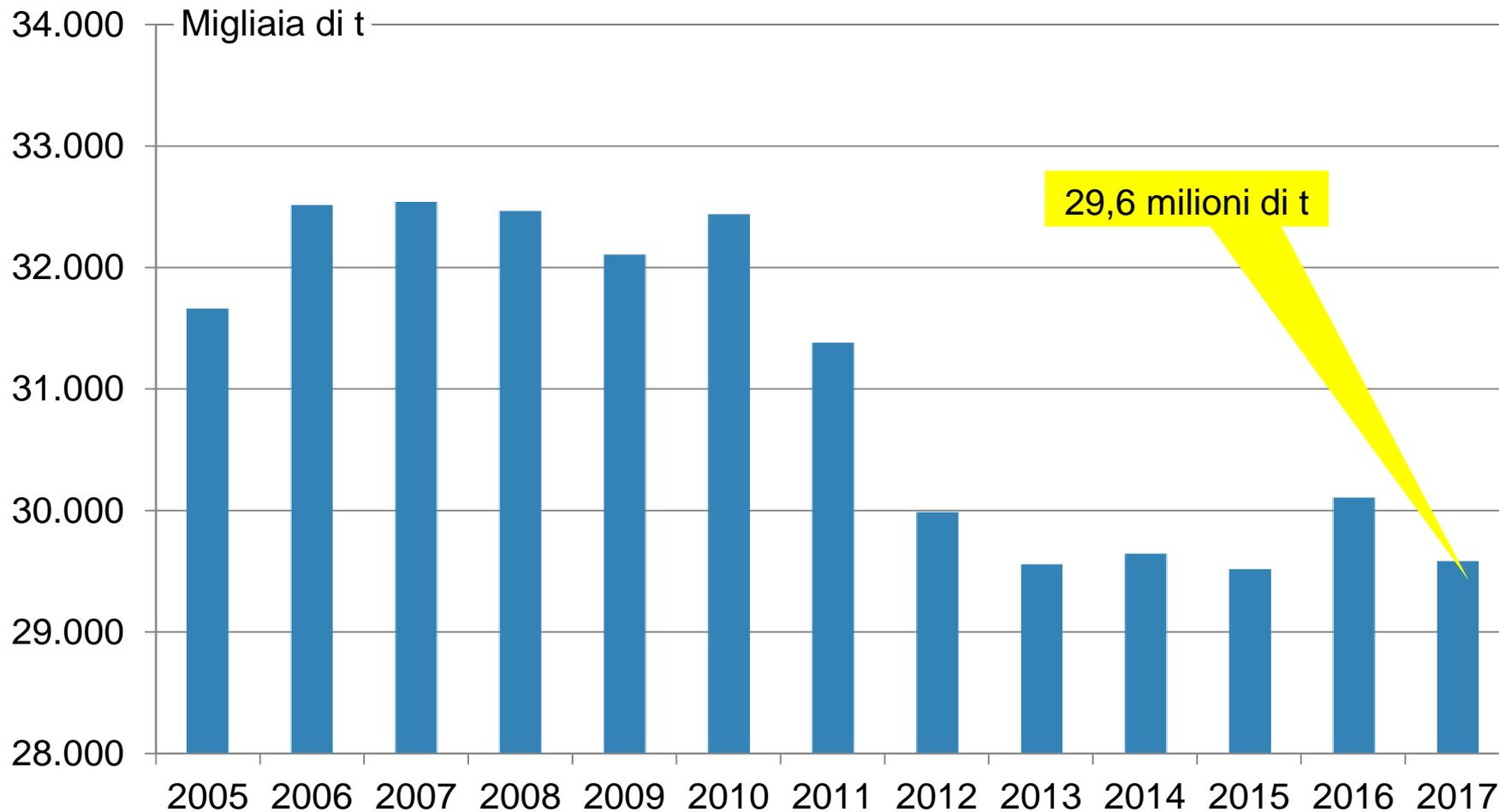


Produzione stimata di metano dagli impianti di biogas in funzione in Italia (fine 2017): 2,4 miliardi di m³ / anno

Gerarchia di gestione dei rifiuti e sviluppo sostenibile (Direttiva 2008/98/CE)

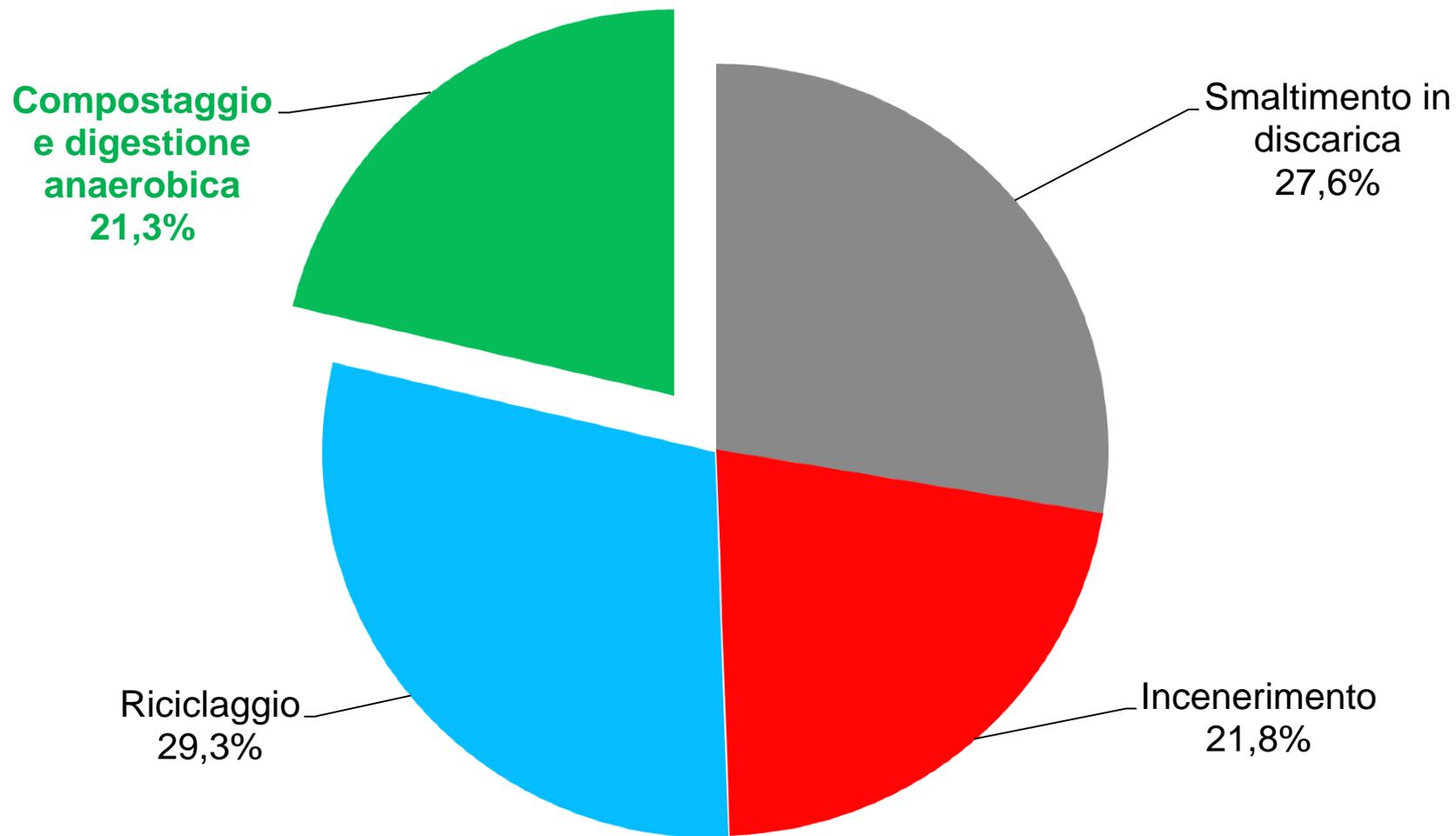


La produzione di rifiuti urbani in Italia dal 2005 al 2017



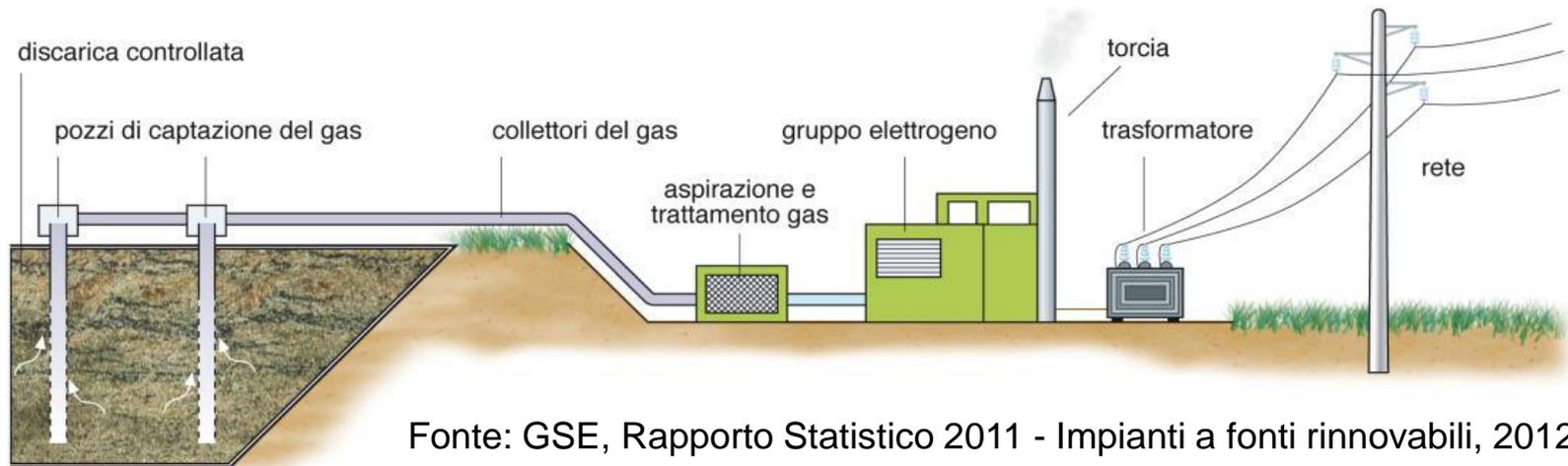
Fonte: ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani 2018

La gestione dei rifiuti urbani in Italia (2016)



Fonte: ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani 2018

Produzione di elettricità da biogas di discarica



Global Warming Potential (GWP):
1 molecola CH_4 = 25 molecole CO_2

Fonte: Direttiva 2001/2018/UE (11 dicembre 2018)



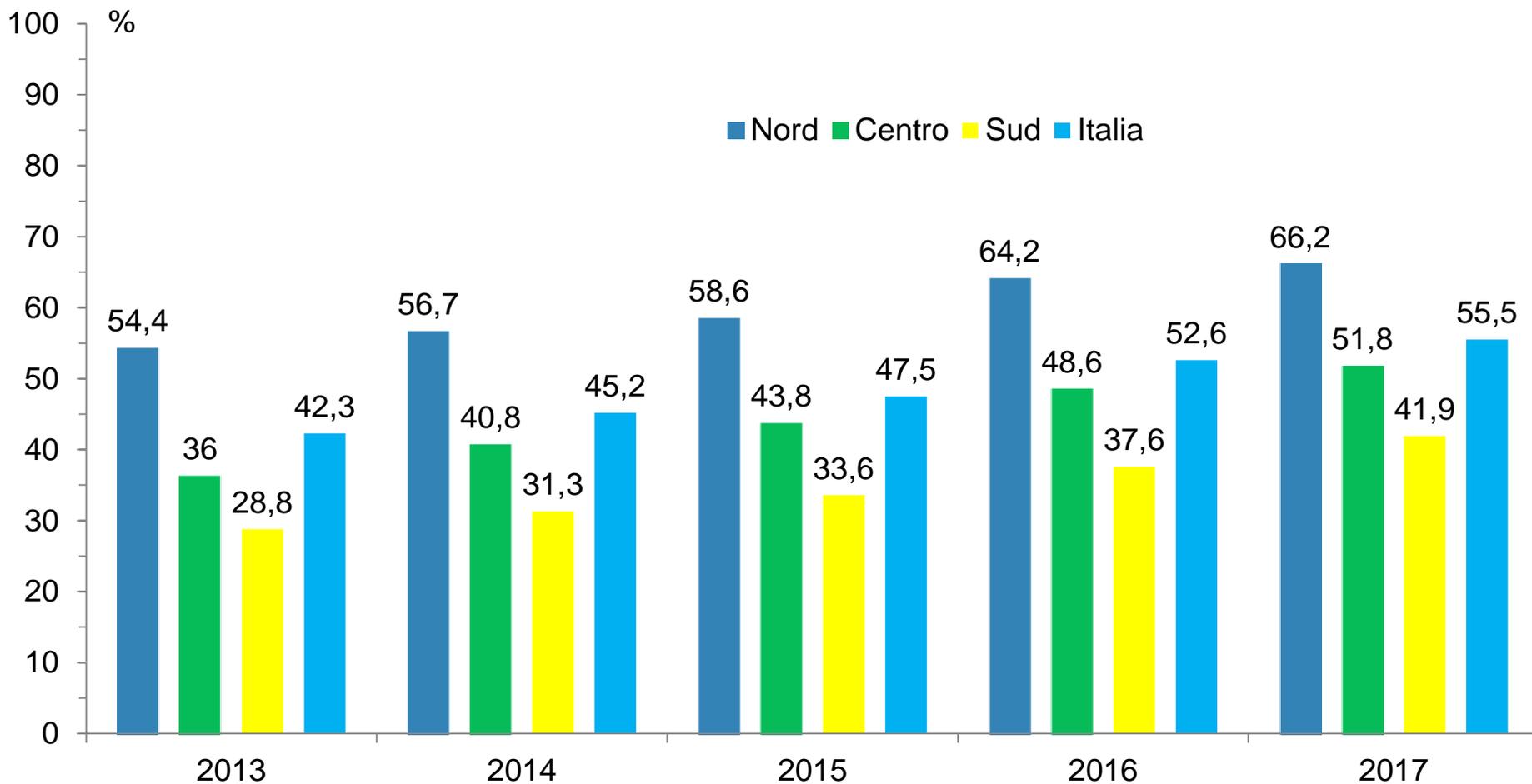
Impianto per la produzione di elettricità da biogas captato presso la discarica di Cupinoro, Bracciano (Roma), 2009

Valori del GWP e vita media di alcuni gas climalteranti (*)

| Gas | Vita media (anni) | GWP | |
|--|-------------------|---------|----------|
| | | 20 anni | 100 anni |
| Metano | 12,4 | 86 | 34 |
| HFC-134a (idrofluorocarburo) | 13,4 | 3.790 | 1.550 |
| CFC-11 (clorofluorocarburo) | 45,0 | 7.020 | 5.350 |
| Ossido nitroso (N ₂ O) | 121,0 | 268 | 298 |
| Tetrafluoruro di carbonio (CF ₄) | 50.000 | 4.950 | 7.350 |

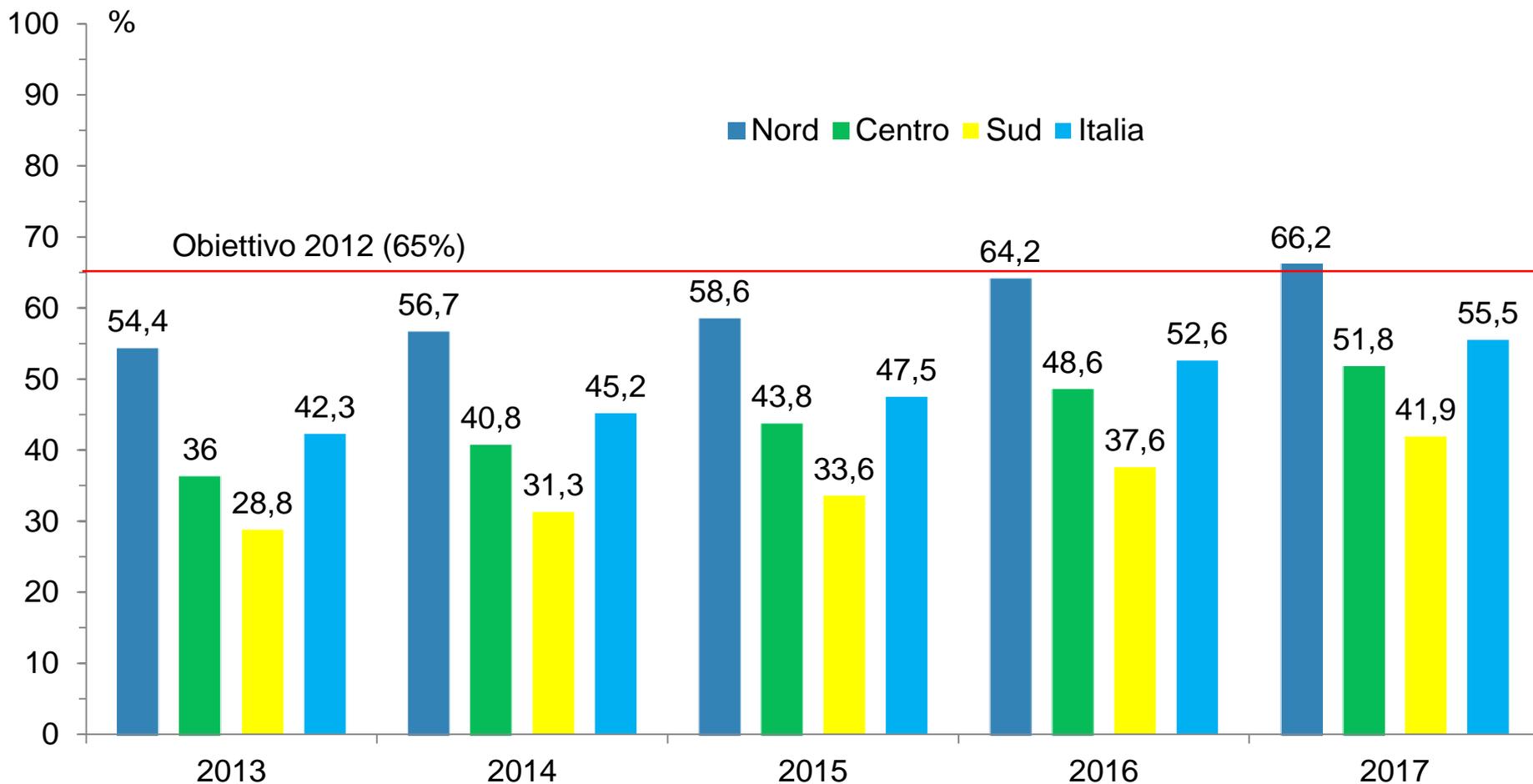
(*) Valori utilizzati a partire dal 2013 - Fonte: IPCC AR5 p714

Raccolta differenziata dei rifiuti urbani in Italia dal 2013 al 2017 (%)



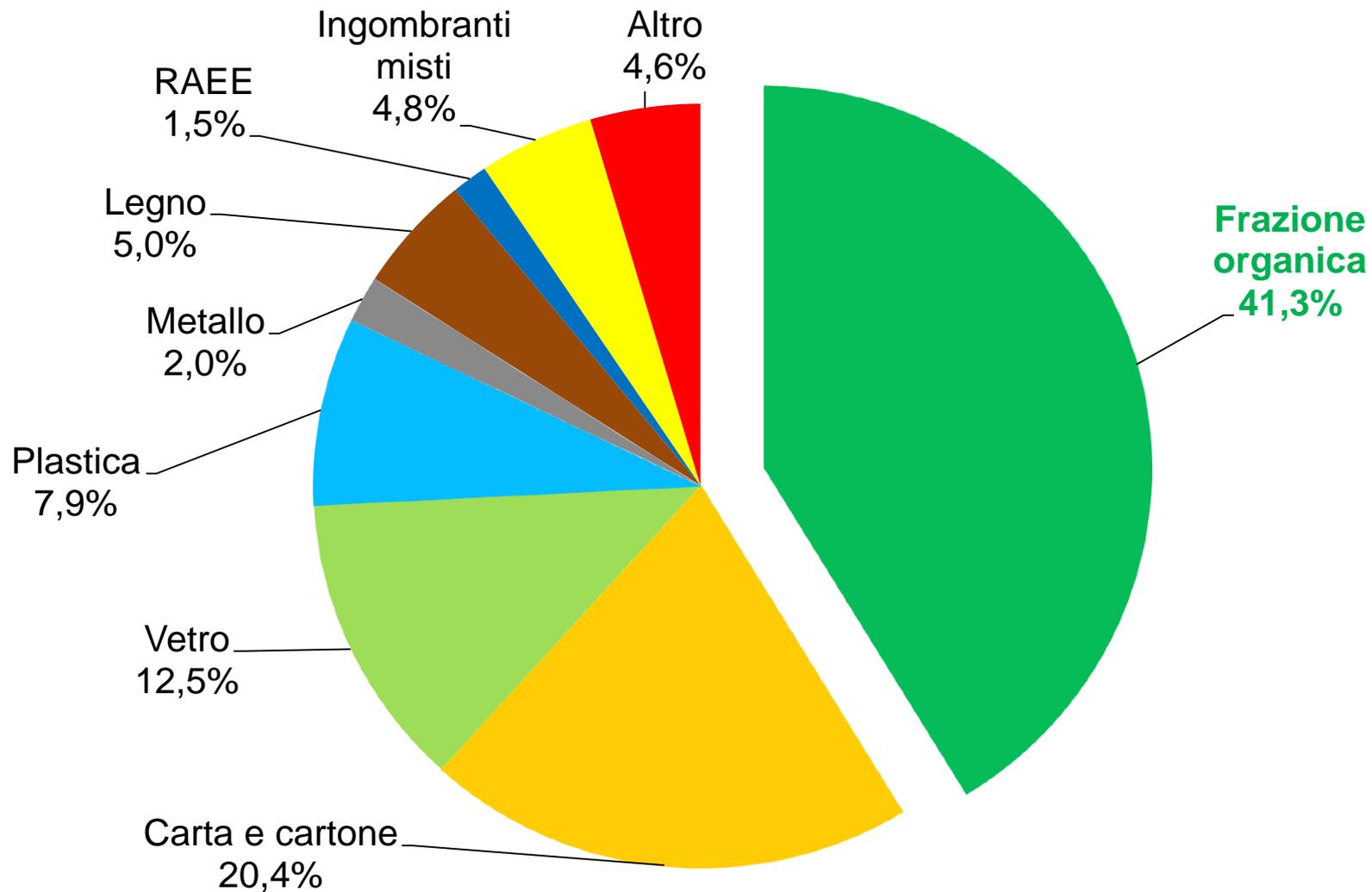
Fonte: ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani 2018

Raccolta differenziata dei rifiuti urbani in Italia dal 2013 al 2017 (%)



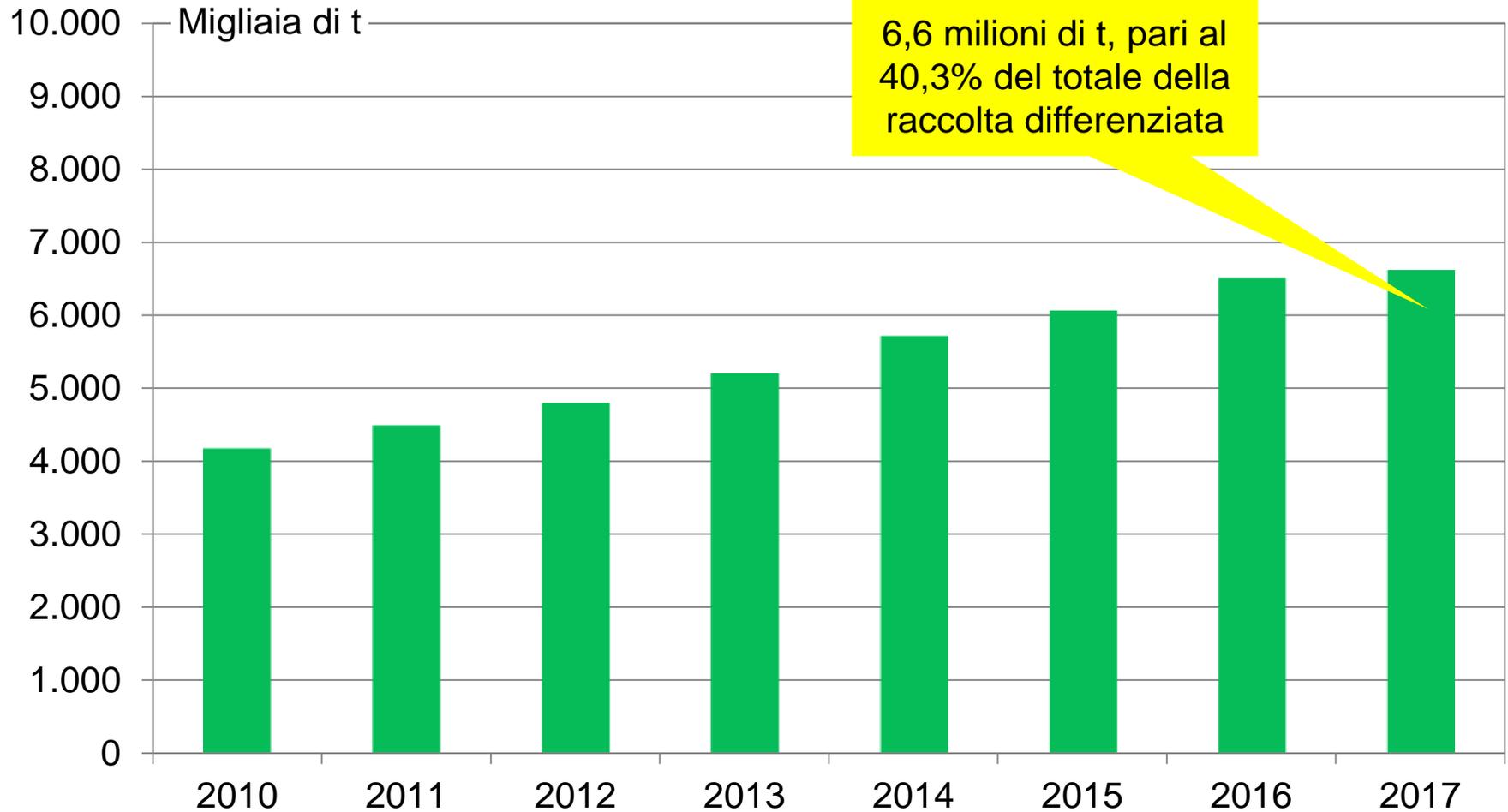
Fonte: ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani 2018

Ripartizione percentuale della raccolta differenziata dei rifiuti urbani in Italia nel 2017



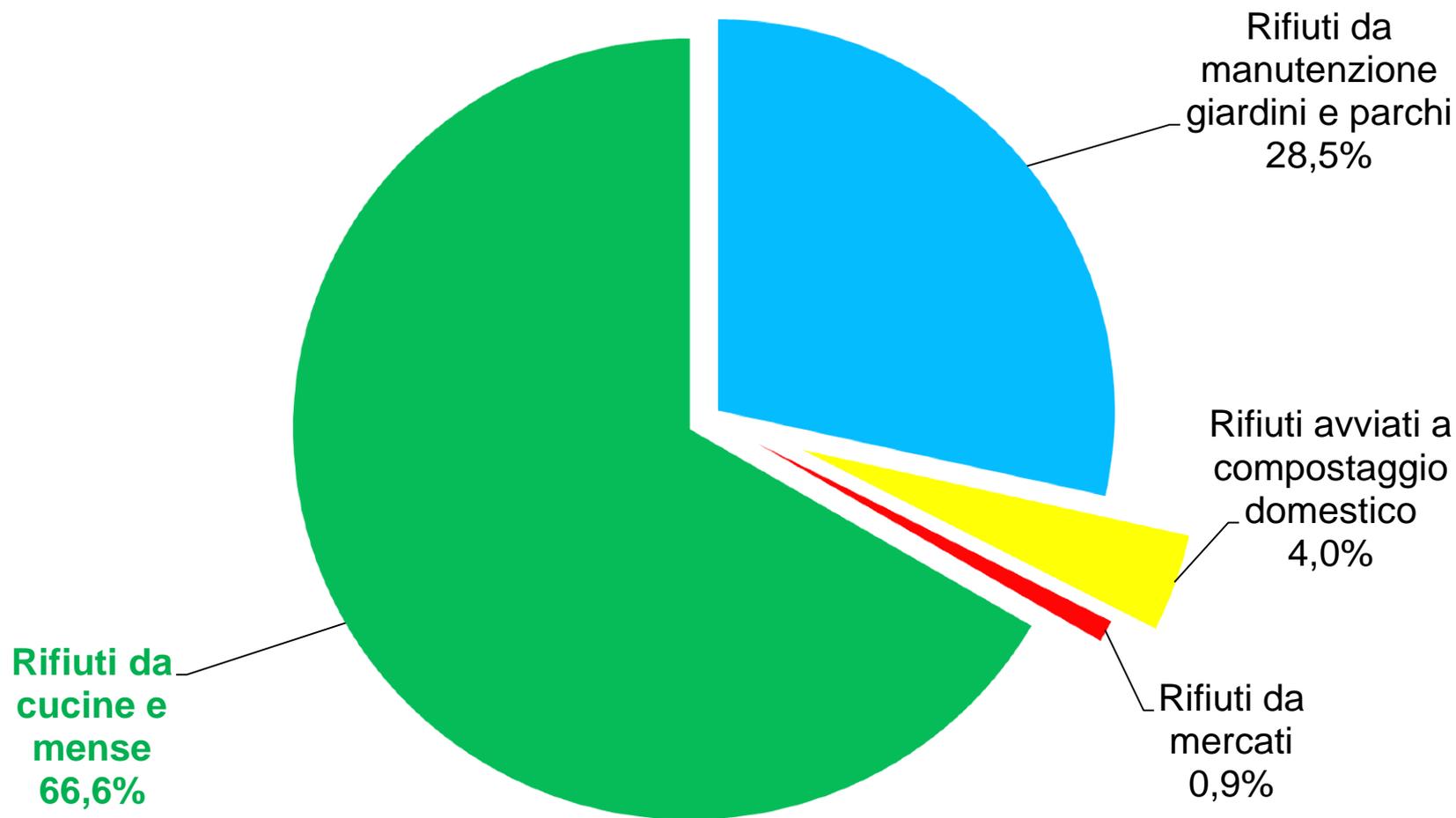
Elaborazione su dati ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani 2018

La raccolta differenziata della frazione organica (biorifiuto) dei rifiuti urbani in Italia dal 2010 al 2017



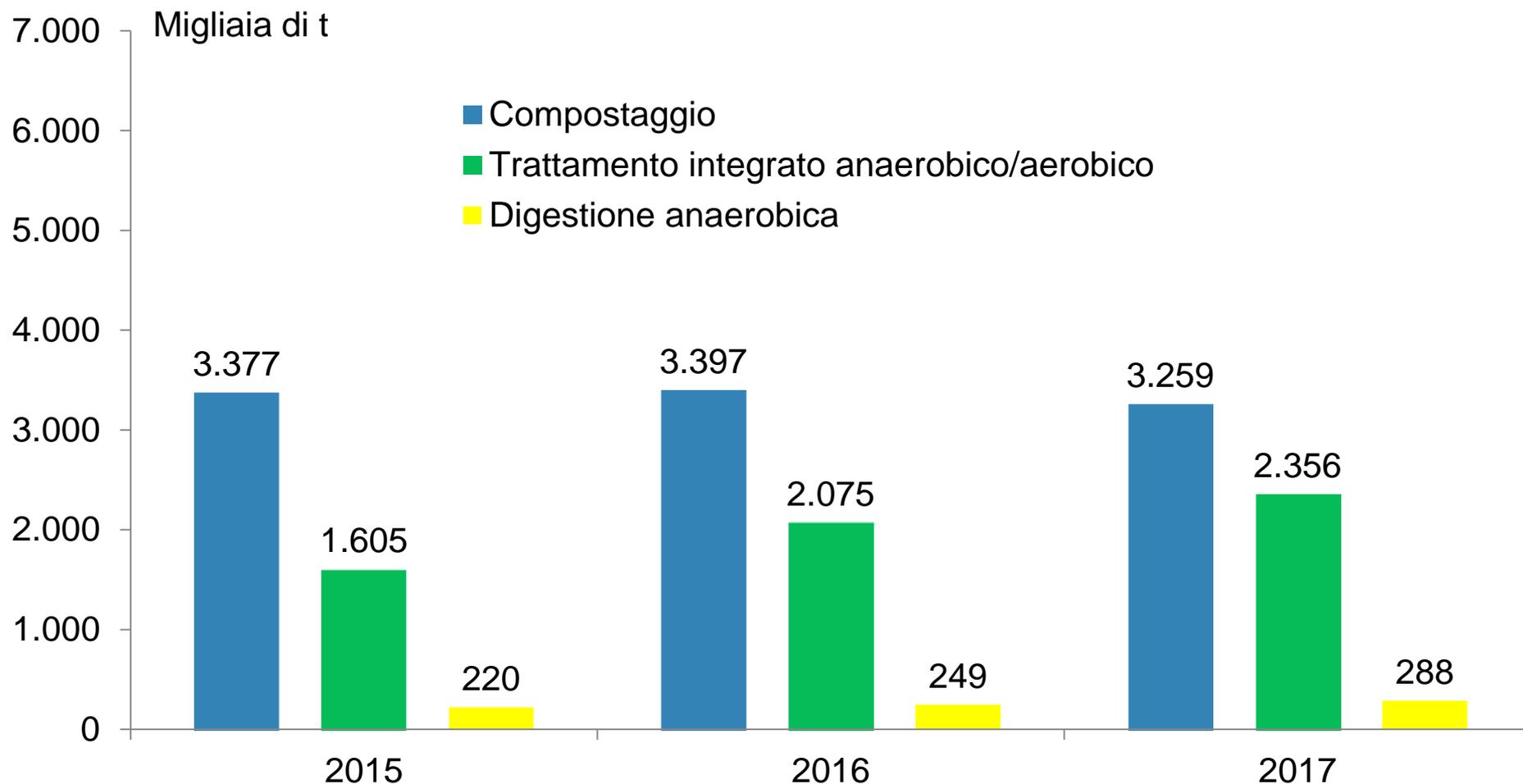
Fonte: ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani 2018

Ripartizione della raccolta differenziata della frazione organica in Italia (2017)



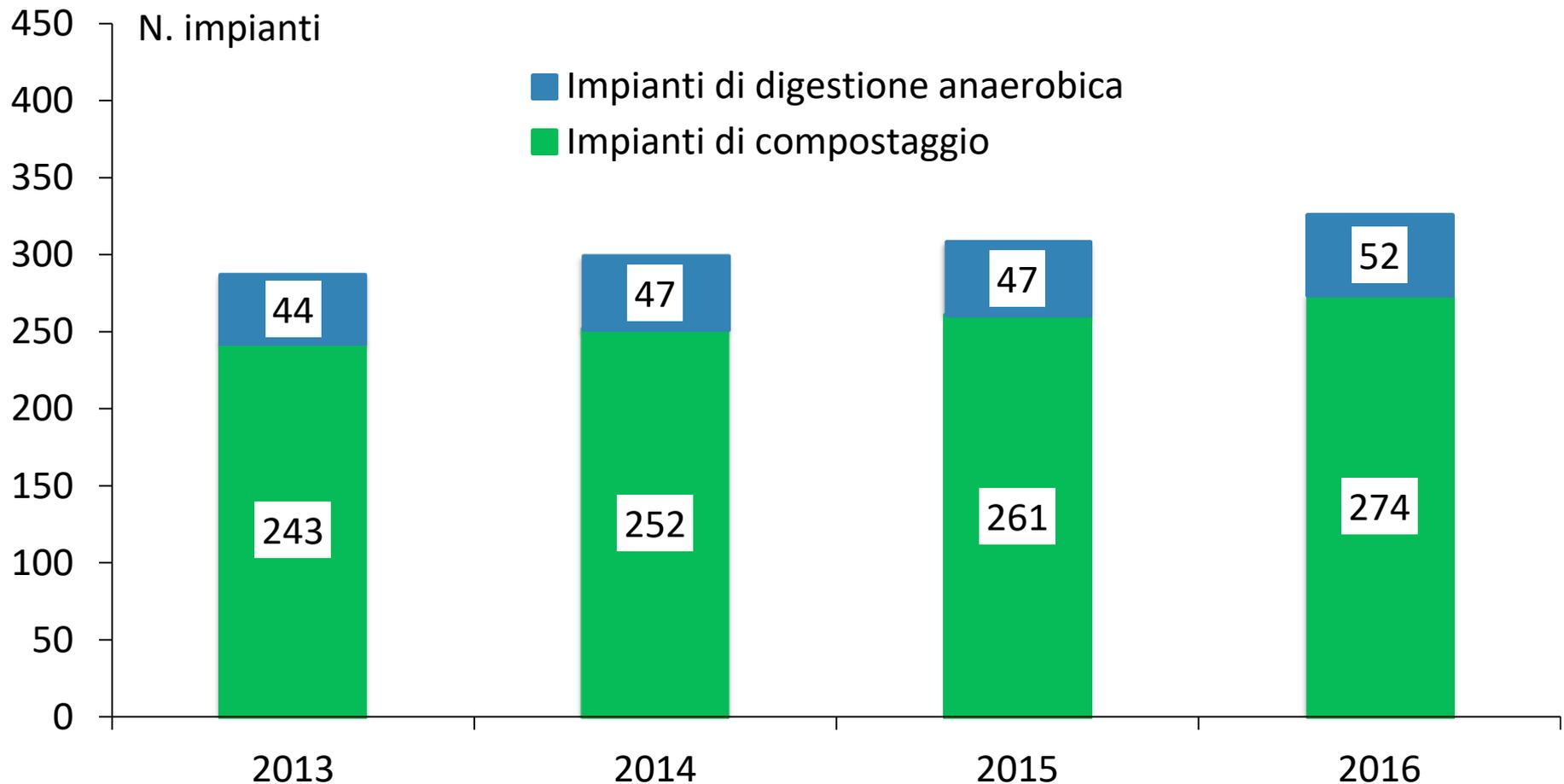
Fonte: ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani 2018

Trattamento biologico del biorifiuto in Italia per tipologia di gestione dal 2015 al 2017 (%)



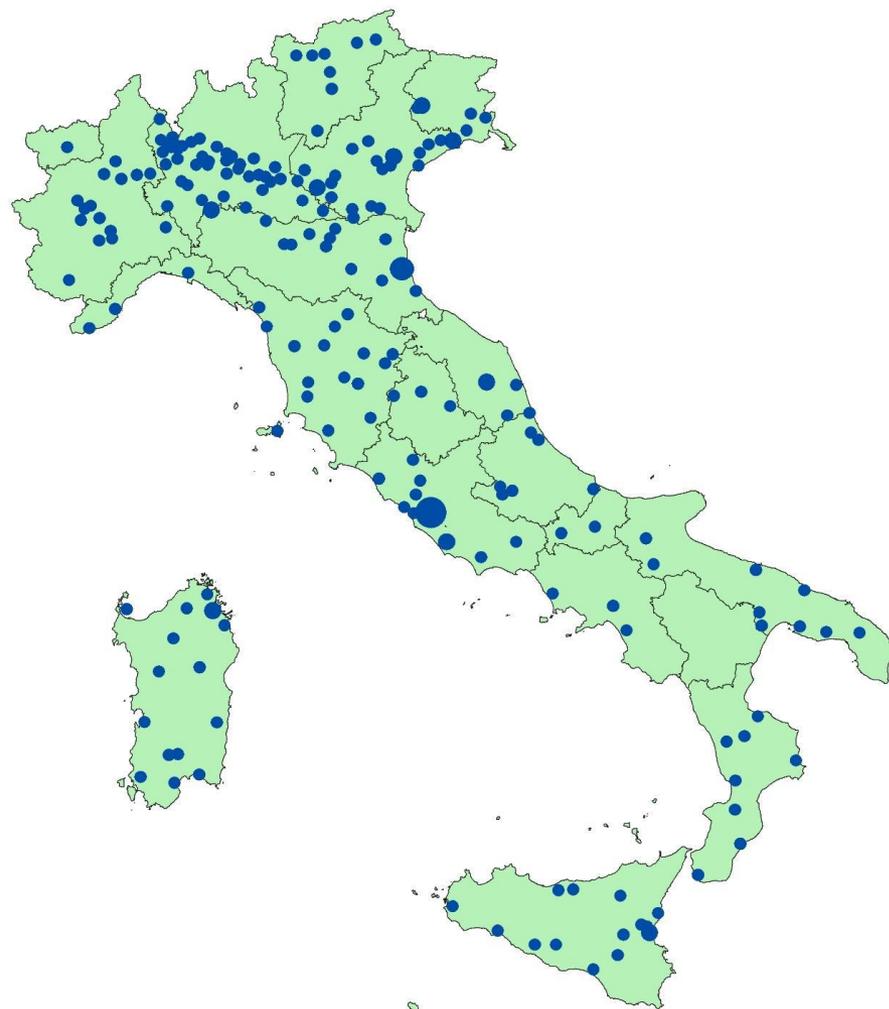
Fonte: ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani 2018

Impianti per il trattamento del biorifiuto in Italia (2013-2016)

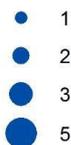


Fonte: FISE UNIRE, L'Italia del Riciclo 2018

Ubicazione degli impianti di compostaggio dei rifiuti organici capacità > 1.000 t/anno (2017)

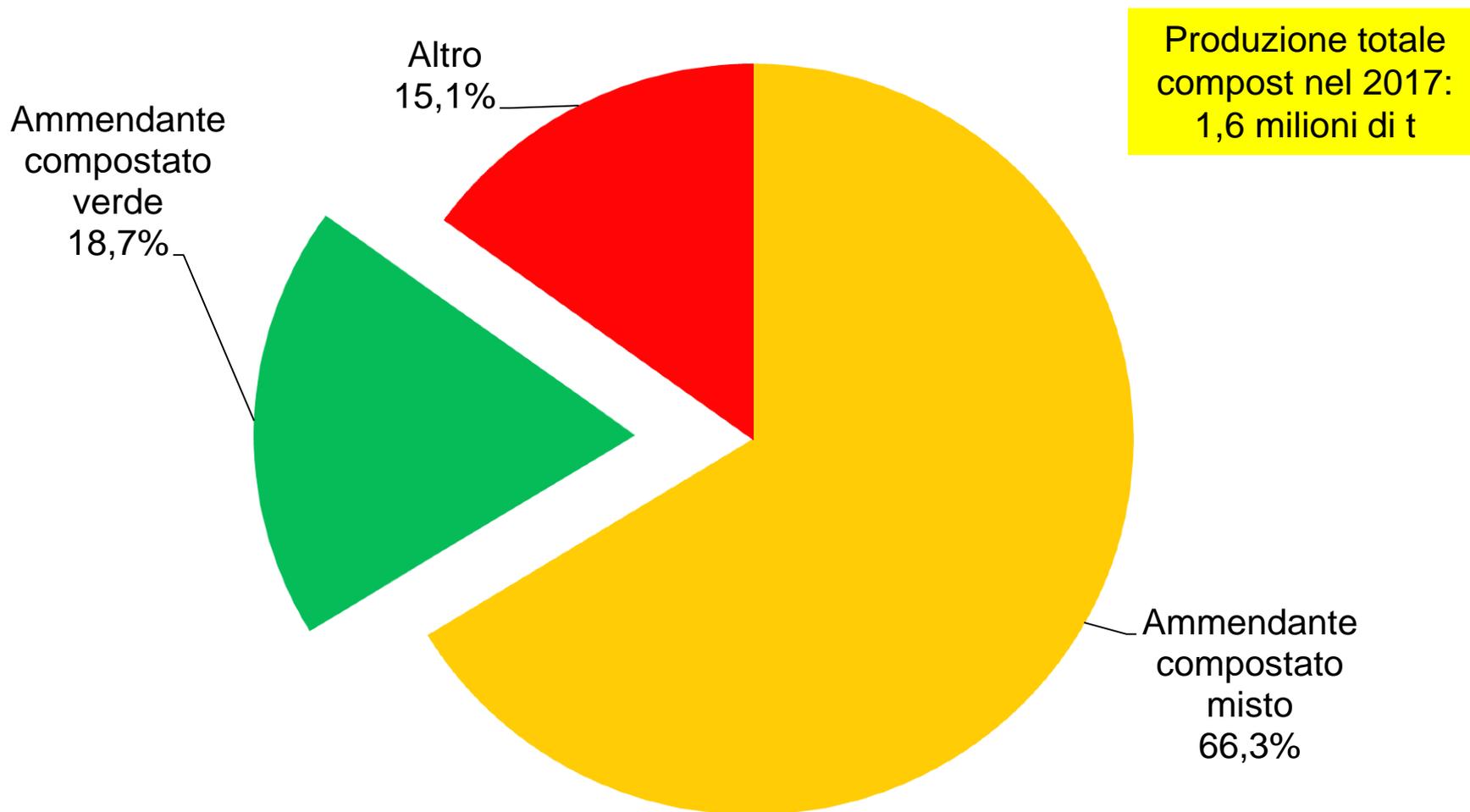


Impianti di compostaggio



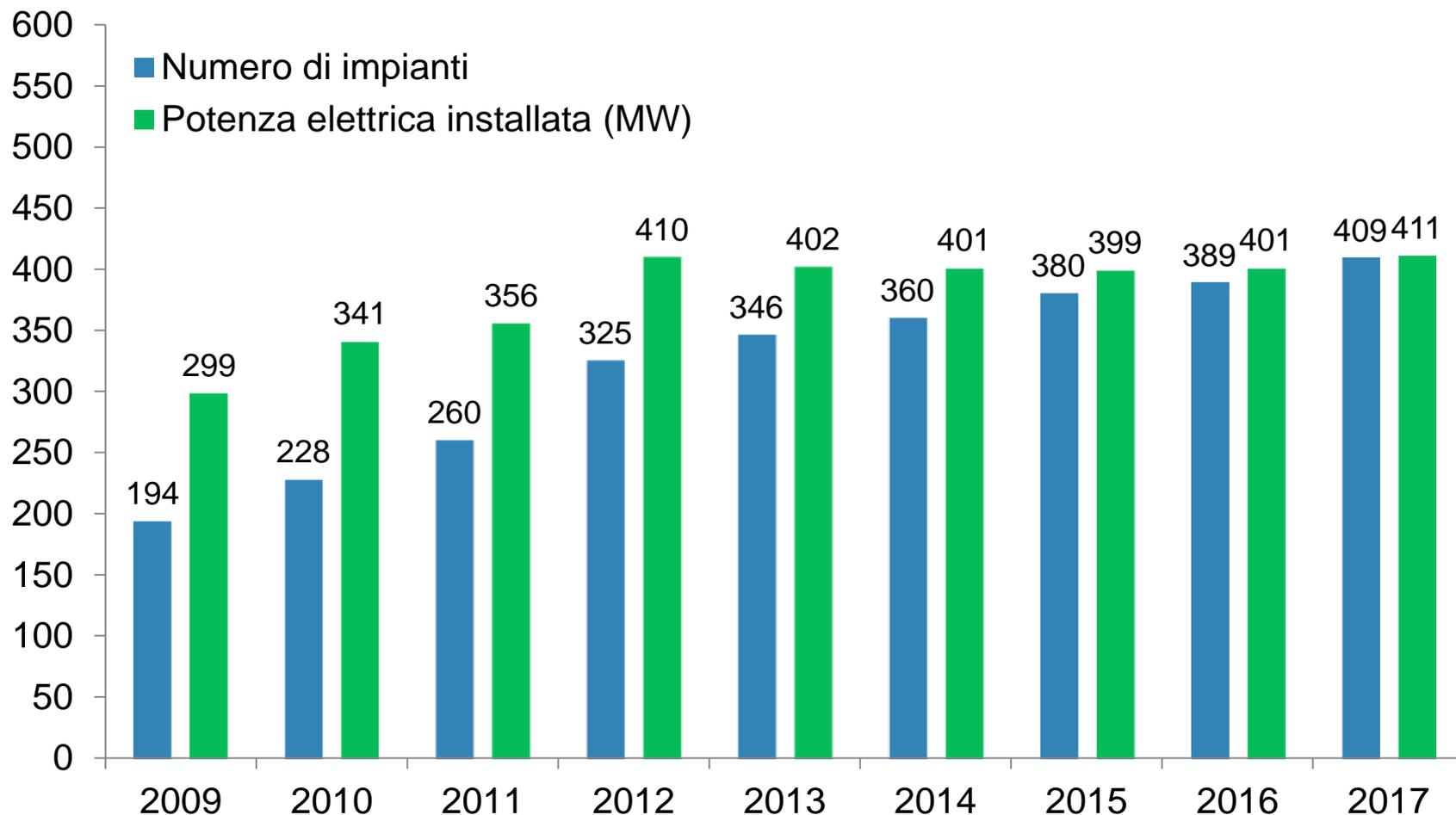
Fonte: ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani 2018

Tipologie di compost prodotto dal trattamento della frazione organica dei rifiuti urbani (2017)



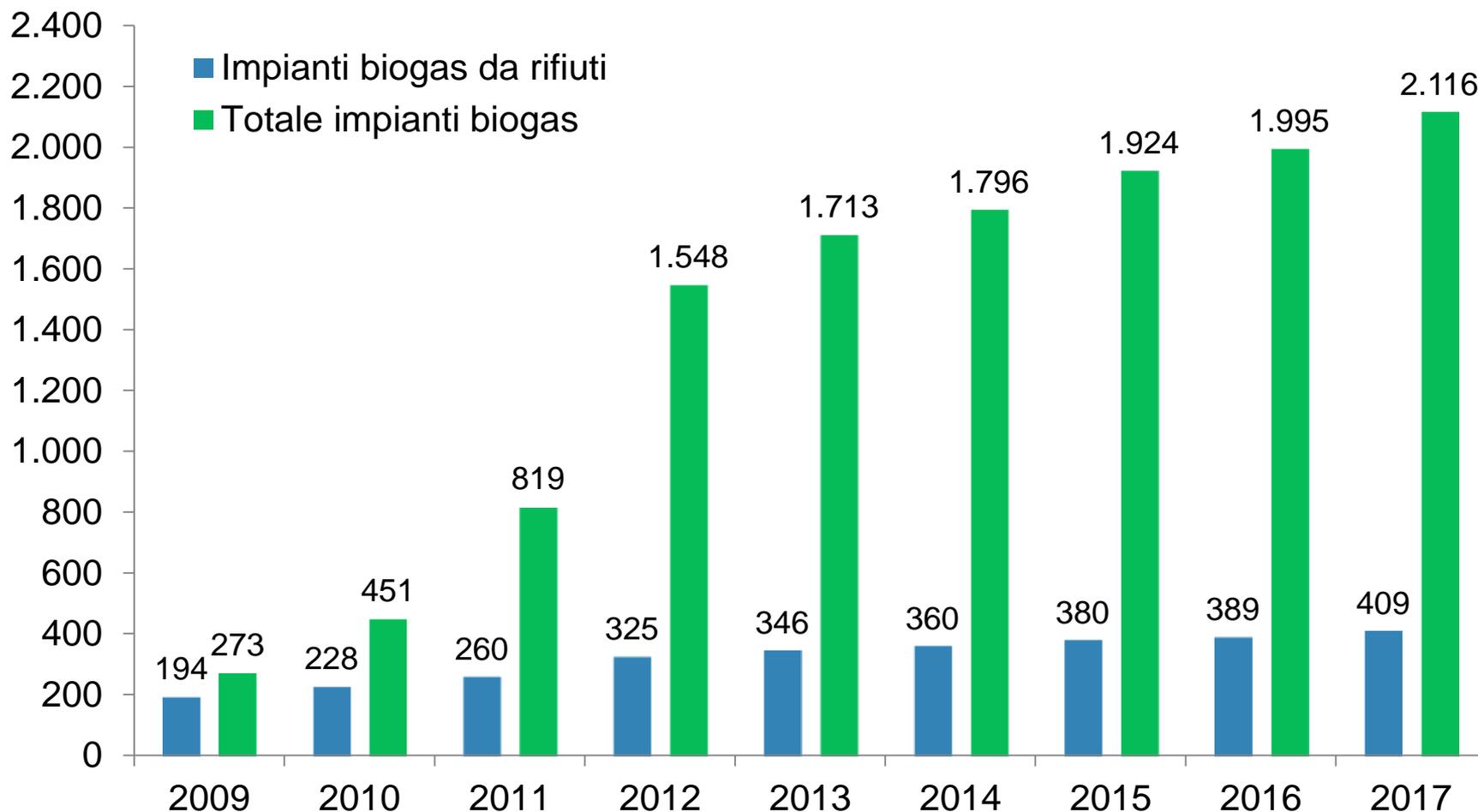
Fonte: ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani 2018

Impianti per la produzione di biogas da rifiuti in Italia dal 2009 al 2017



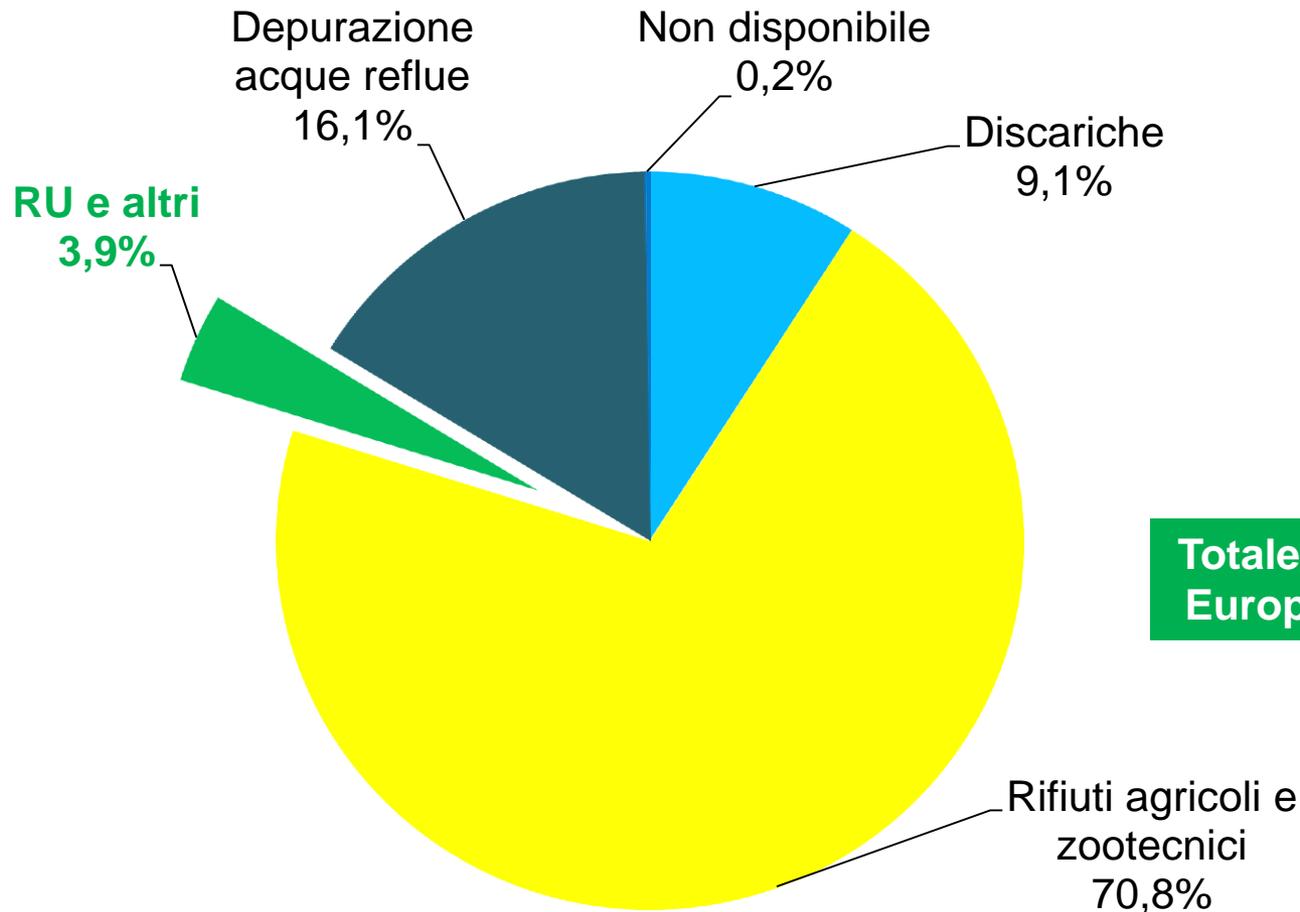
Elaborazione su dati GSE, 2011 - 2019

Impianti per la produzione di biogas da rifiuti sul totale in Italia dal 2009 al 2017



Elaborazione su dati GSE, 2011 - 2019

Distribuzione % degli impianti di biogas in Europa rispetto alla tipologia prevalente di alimentazione



Totale impianti biogas in Europa nel 2016: 17.662

Fonte: EBA - European Biogas Association, 2017

Ubicazione degli
impianti di
trattamento integrato
anaerobico/aerobico
con capacità > 1.000
t/anno (2017)



Fonte: ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani 2018

Impianti di trattamento integrato

● 1

0 25 50 100 150 200

Kilometers

29

Tecnologie e processi industriali per la produzione di biogas da biorifiuto

| | | |
|---|-----------------------------|-----------------------|
| Digestione anaerobica su scala industriale | Sistemi a umido | Waasa (Finlandia) |
| | | Wabio (Finlandia) |
| | | Bima (Austria) |
| | | Linde (Germania) |
| | Sistemi a semi-secco | Snamprogetti (Italia) |
| | Sistemi a secco | Dranco (Belgio) |
| | | Kompogas (Germania) |
| | | Valorga (Francia) |

Impianto per la produzione di biogas e compost da FORSU della Ladurner Ambiente S.r.l. di Tortona (AL)

FORSU trattata: 33.000 t/anno

Fanghi di depurazione: 2.000 t/anno

Biomassa verde: 7.000 t/anno

Potenza installata: 1 MW

Compost prodotto: 15.000 t/anno



Impianto per la produzione di biogas e compost da FORSU della Hera Ambiente S.p.A. di Tessello (FC)

Capacità di trattamento:

- FORSU: 40.000 t/anno
- Biomassa verde (potature): 15.000 t/anno

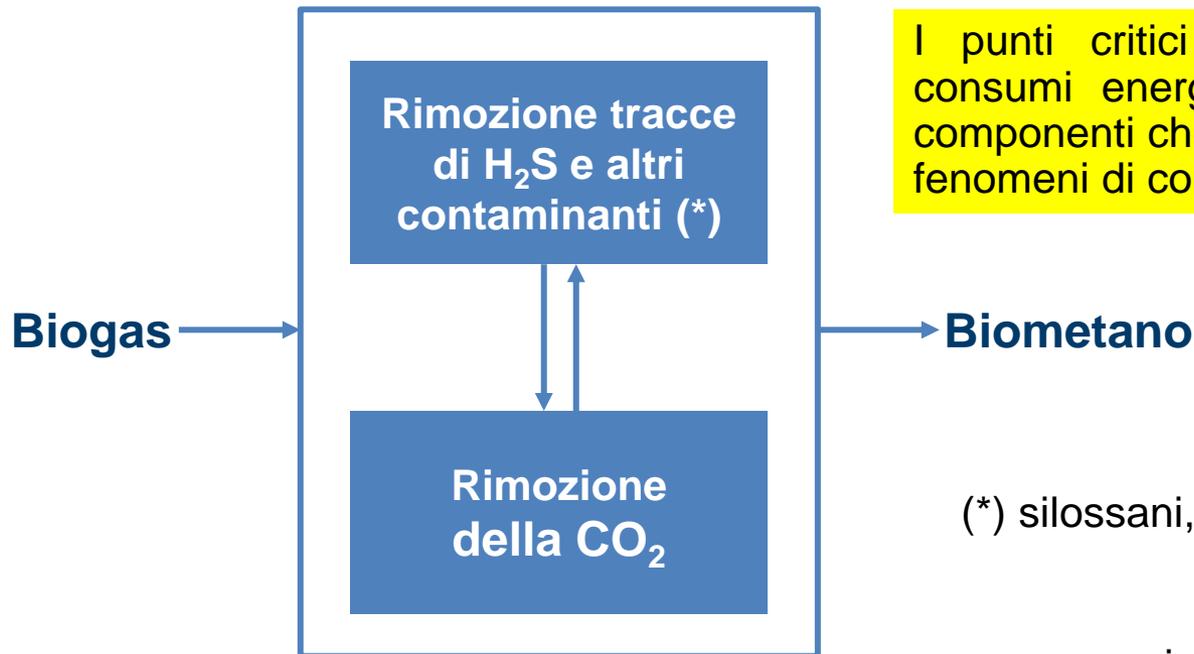
Potenza installata: 1 MW

Compost prodotto: \approx 8.000 t/anno

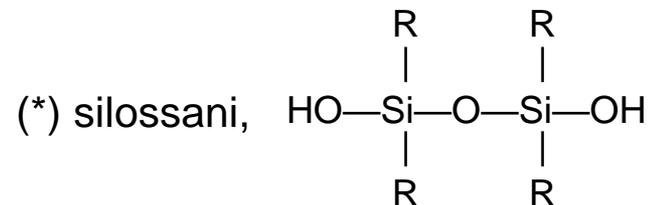


Upgrading del biogas a biometano

- Raffinazione del biogas (55-65% in metano) o gas da discarica (45% in metano) per ottenere biometano ($\geq 95\%$ in metano, zolfo totale $< 150 \text{ mg/m}^3$)
- A seconda della tecnologia utilizzata, il processo può avvenire in un solo stadio o in due stadi successivi:



I punti critici del processo sono i consumi energetici e la presenza di componenti che possono dare origine a fenomeni di corrosione



ammoniaca,
acqua, azoto, polveri

I "punti di forza" del biometano

- Il biometano è un prodotto versatile e flessibile, del tutto identico al gas naturale, utilizzabile come combustibile o come carburante con tecnologie mature ed ampiamente diffuse e collaudate
- Può essere facilmente immagazzinato e distribuito sul territorio, utilizzando gli stessi sistemi di trasporto stradale (carri bombolai) o la rete dei metanodotti impiegati per il gas naturale esistenti e diffusi
- In Europa esistono numerose e positive esperienze di produzione e utilizzazione



Container portabombole usato per il trasporto del biometano compresso per il rifornimento di autoveicoli in Svezia (Fonte: IEA Bioenergy - Biomethane: Status and Factors Affecting Market Development and Trade, 2014)

Possibili impieghi del biometano

- Immissione nella rete locale o nazionale di trasporto del gas metano, con utilizzazione anche a grande distanza dalla fonte di produzione, per:
 - Usi domestici (produzione di calore, acqua calda sanitaria ecc.)
 - Cogenerazione di energia elettrica e termica in impianti delocalizzati
 - Alimentazione di autoveicoli a metano presso impianti di rifornimento stradali
- Distribuzione presso il sito di produzione per l'alimentazione di automezzi a metano in modalità extra-rete

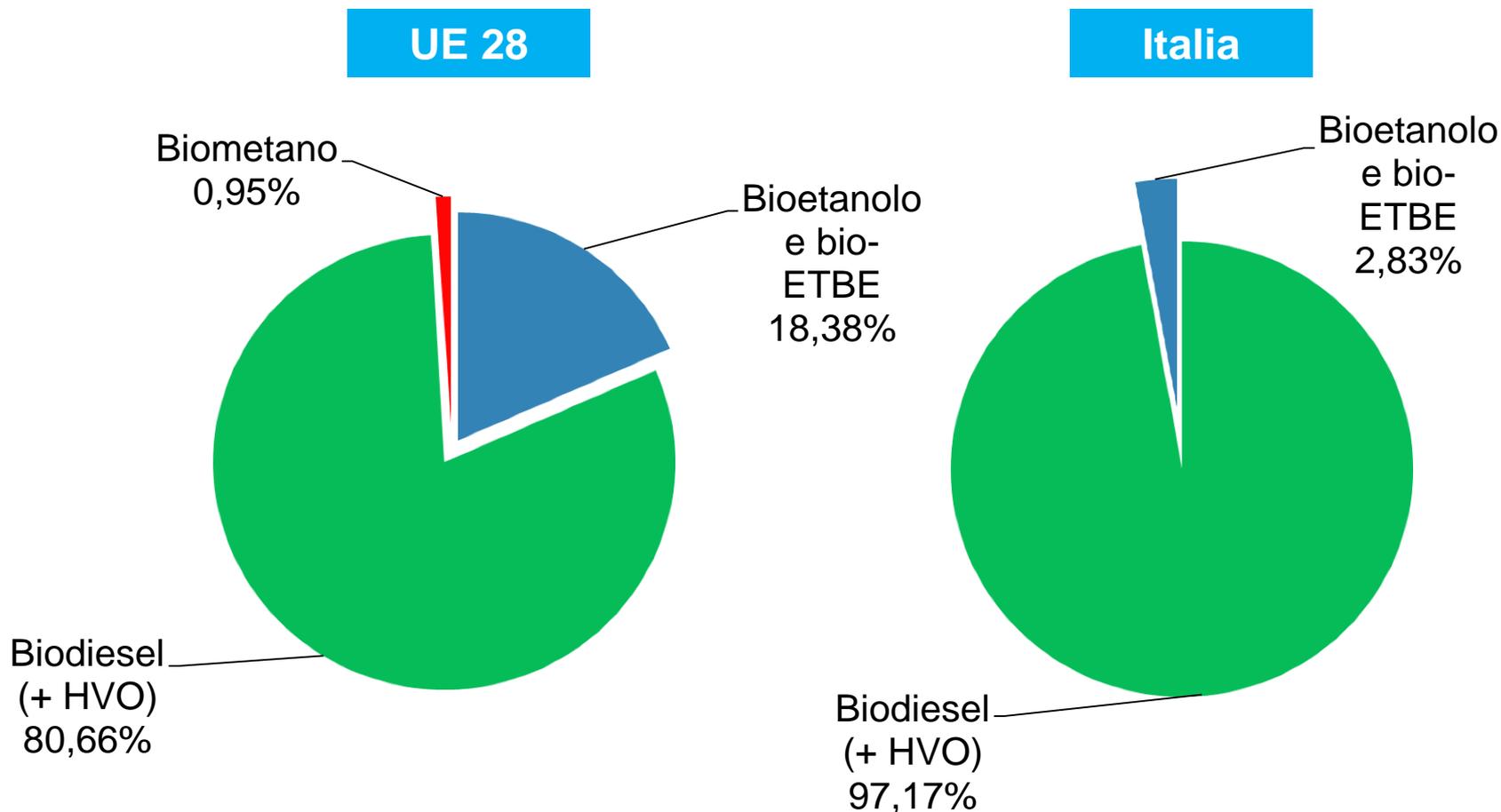


Impianto di rifornimento di biometano presso la discarica di Malagrotta (Roma), 2009



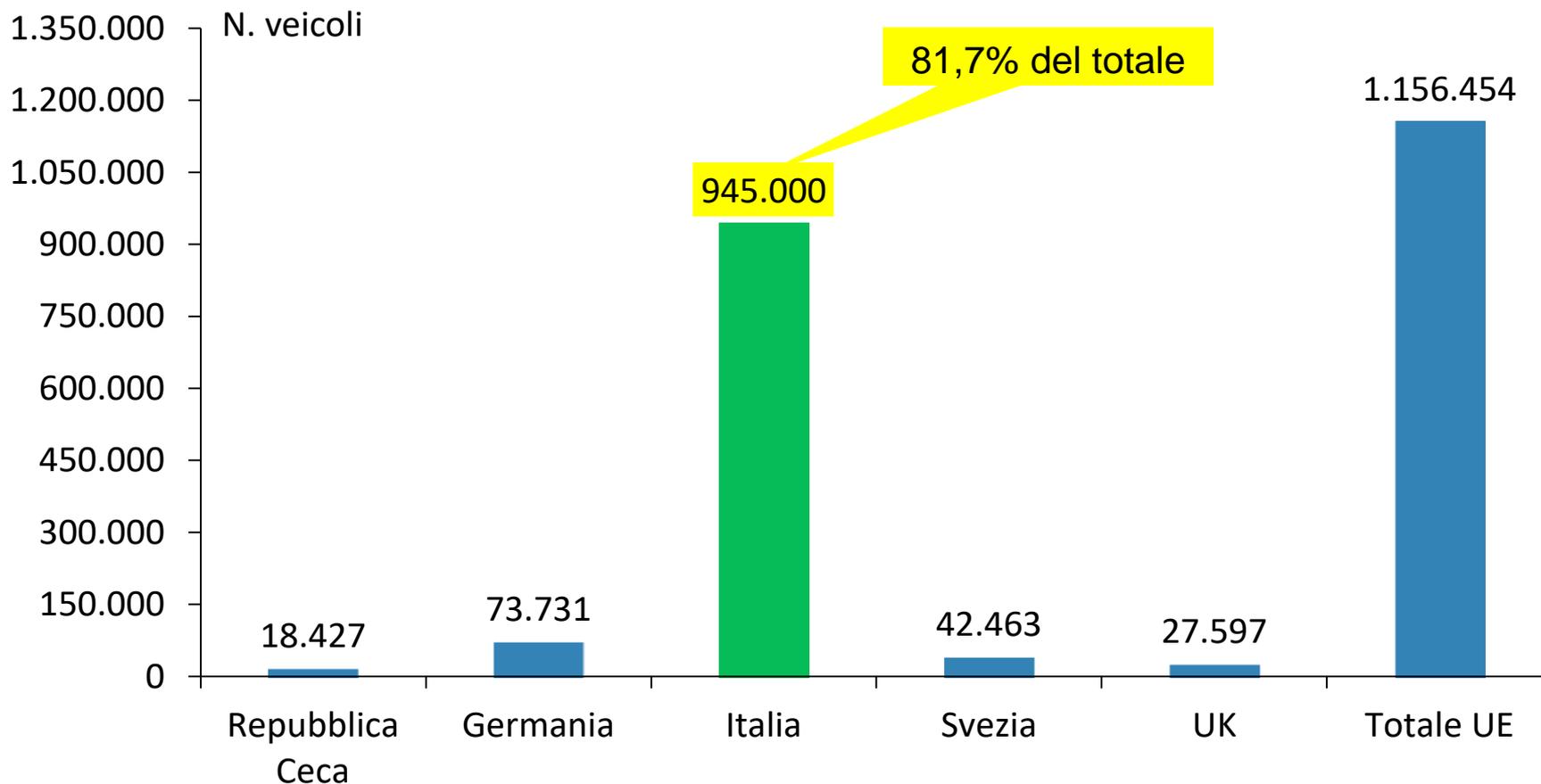
Mezzi di trasporto pubblici alimentati a biometano nella città svedese di Kristianstad, 2008

Consumi percentuali dei diversi biocarburanti nei Paesi dell'Unione Europea e in Italia nel 2017



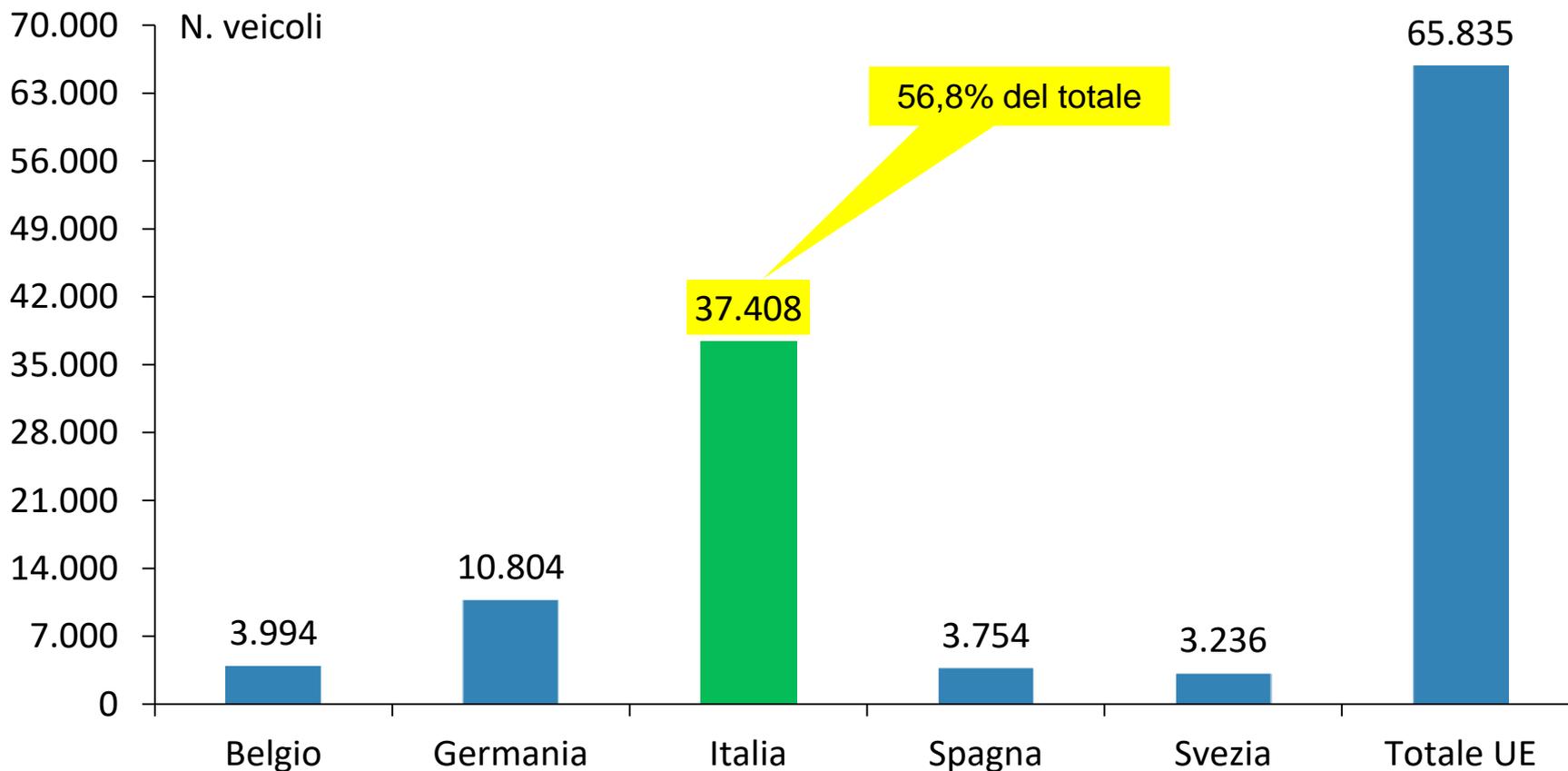
Elaborazione su dati EurObserv'ER, Biofuels Barometer, 2018 / Ministero dello Sviluppo Economico, Situazione Energetica Nazionale 2017

Automobili a gas naturale in circolazione in Europa nel 2018



Elaborazione su dati European Alternative Fuels Observatory, 2019

Automobili a gas naturale immatricolate in Europa nel 2018



Elaborazione su dati European Alternative Fuels Observatory, 2019

Il nuovo contesto di riferimento europeo

- La **Direttiva 2001/2018 UE dell'11 dicembre 2018** stabilisce nuovi obiettivi per la riduzione di GHG e il contributo delle FER ai consumi energetici per il 2030:
 - **GHG: dal 20% (2020) al 40%, rispetto ai livelli del 1990, rendendo vincolanti gli impegni presi con l'Accordo di Parigi del 2015**
 - **FER: dal 20% (2020) al 32%, a livello europeo, con possibile revisione al rialzo a fine 2023**
- L'obiettivo specifico per le FER nel settore dei trasporti viene portato dal 10% per il 2020 della Direttiva 28/2009 al **14%** (con possibile riduzione se il contributo dei biocarburanti da prodotti agricoli è inferiore al 7%), stabilendo anche un **obiettivo minimo per i biocarburanti avanzati e biogas per il trasporto prodotti da biomasse non convenzionali *** (dallo 0,22% nel 2022 al 3,5% nel 2030)
- I biocarburanti prodotti da colture alimentari potranno coprire al massimo il **7%** dei consumi, con riduzione progressiva dal 2024 fino a zero nel 2030 per quelli ad elevato ILUC. A partire dal 2021 viene stabilito un "tetto" massimo dell'1,7% per i biocarburanti prodotti da oli esausti

* Materie prime elencate nell'Allegato IX, Parte A della Direttiva 2001/2018 UE

Materie prime per la produzione di biogas per il trasporto e biocarburanti avanzati

- a) Alghe, se coltivate su terra in stagni o fotobioreattori
- b) Frazione di biomassa corrispondente ai rifiuti urbani non differenziati
- c) Rifiuto urbano proveniente dalla raccolta domestica e soggetto alla raccolta differenziata
- d) Frazione della biomassa corrispondente ai rifiuti industriali non idonei all'uso nella catena alimentare, incluso materiale proveniente dal commercio e dall'industria agroalimentare, della pesca e dell'acquacoltura
- e) Paglia
- f) Concime animale e fanghi di depurazione
- g) Effluente da oleifici che trattano olio di palma e fasci di frutti di palma vuoti
- h) Pece di tallolio
- i) Glicerina grezza
- j) Bagasse
- k) Vinacce e fecce di vino
- l) Gusci
- m) Pule
- n) Tutoli ripuliti dei grani di mais
- o) Frazione della biomassa corrispondente ai rifiuti e residui dell'attività e dell'industria forestale
- p) Altre materie cellulosiche di origine non alimentare
- q) Altre materie ligno-cellulosiche, eccetto tronchi per sega e per impiallacciatura

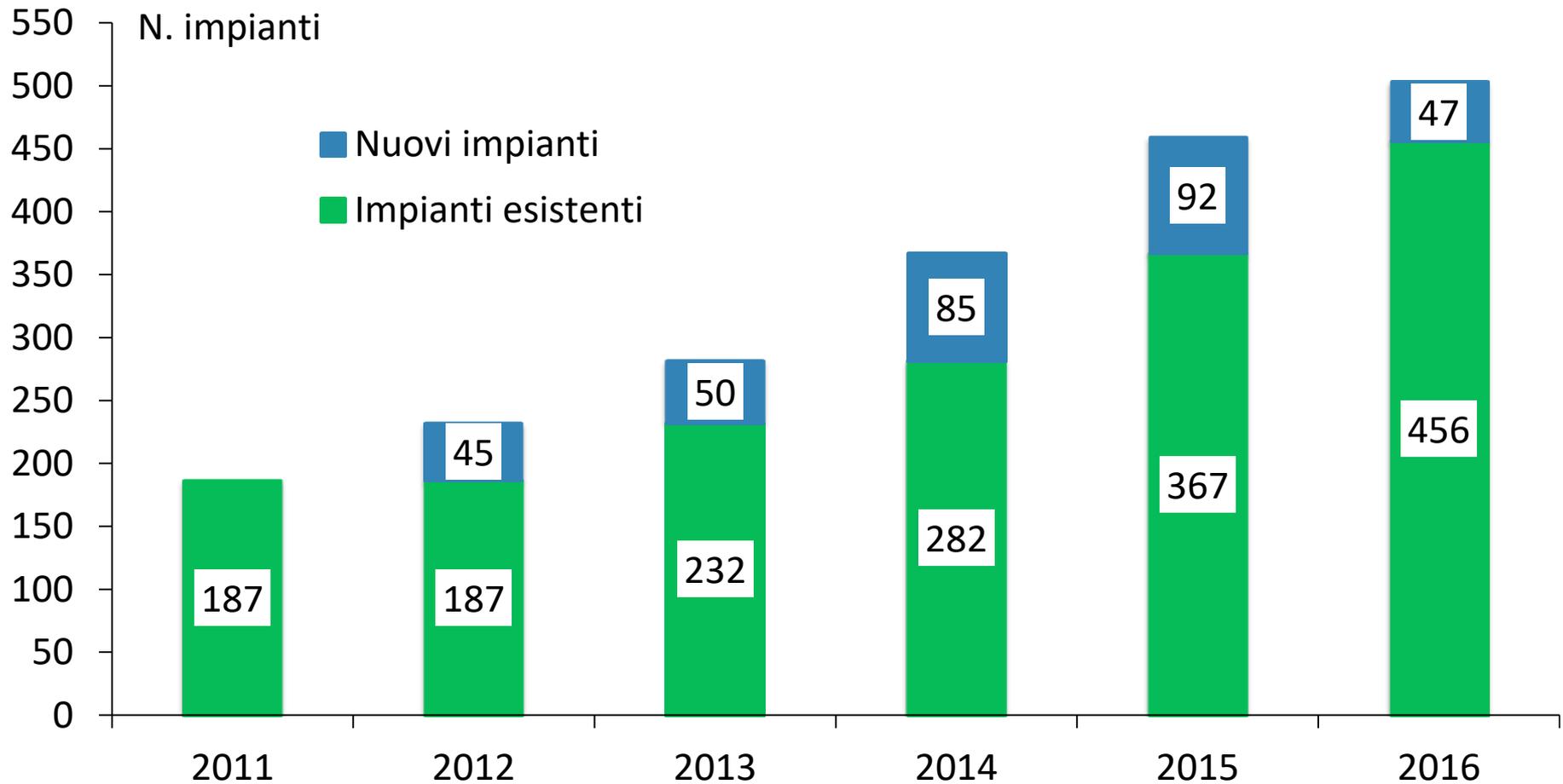
Fonte: Direttiva 2001/2018/UE Allegato IX, Parte A

Immissione al consumo di biocarburanti nel settore dei trasporti prevista per gli anni 2017-2030

| Anno | % minima di immissione biocarburanti (Legislazione italiana) | % minima obbligatoria di biocarburanti avanzati | | |
|------|--|---|-------|------------------|
| | | Legislazione italiana | | Direttiva RED II |
| | | Biometano | Altri | |
| 2017 | 6,5 | | | |
| 2018 | 7,0 | 0,45 | 0,15 | |
| 2019 | 8,0 | 0,60 | 0,20 | |
| 2020 | 9,0 | 0,68 | 0,23 | |
| 2021 | 9,0 | 1,13 | 0,38 | |
| 2022 | 9,0 | 1,39 | 0,46 | 0,22 |
| 2025 | | | | 1 |
| 2030 | | | | 3,5 |

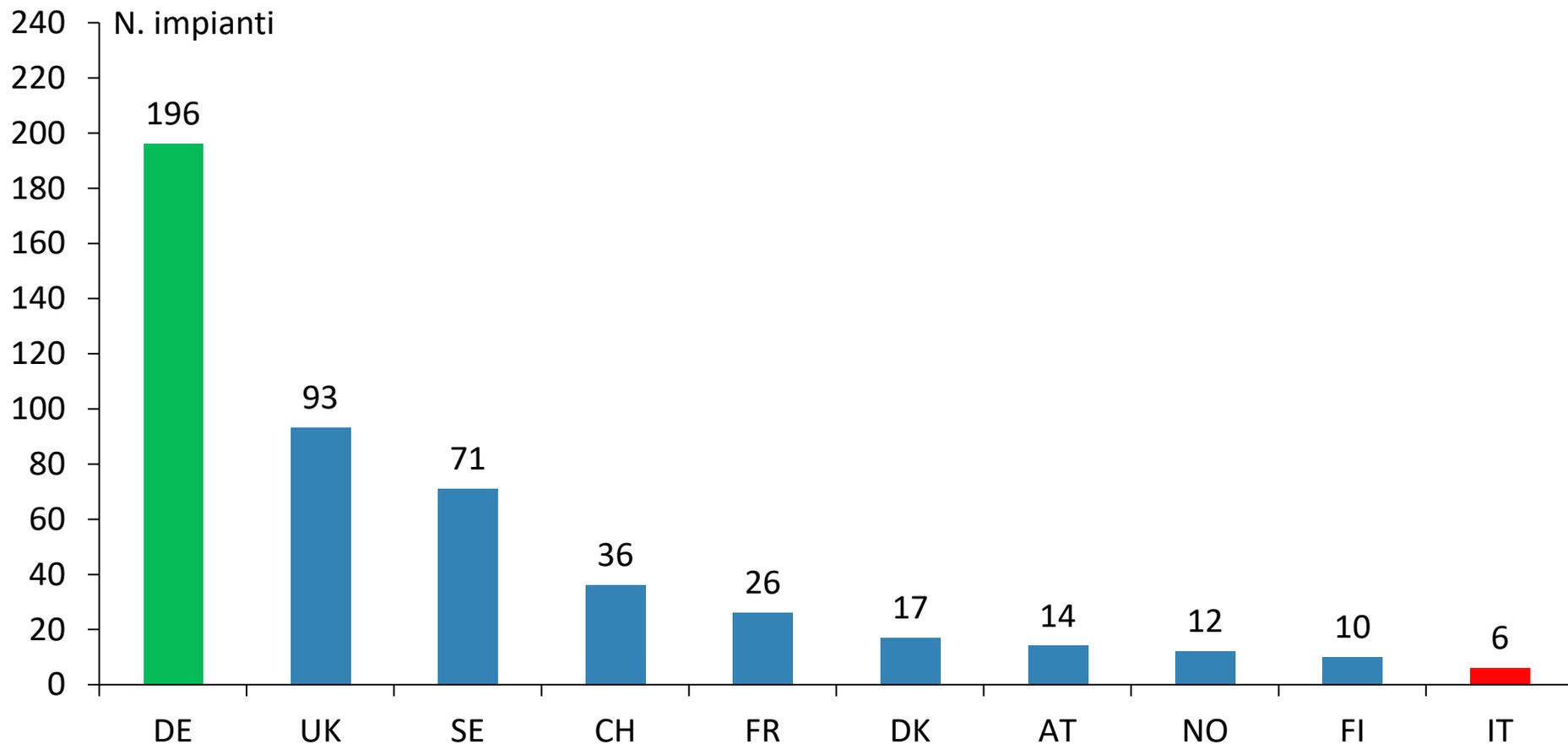
Fonte: Decreto MSE 2 marzo 2018 / Direttiva 2001/2018/UE

Il biometano in Europa



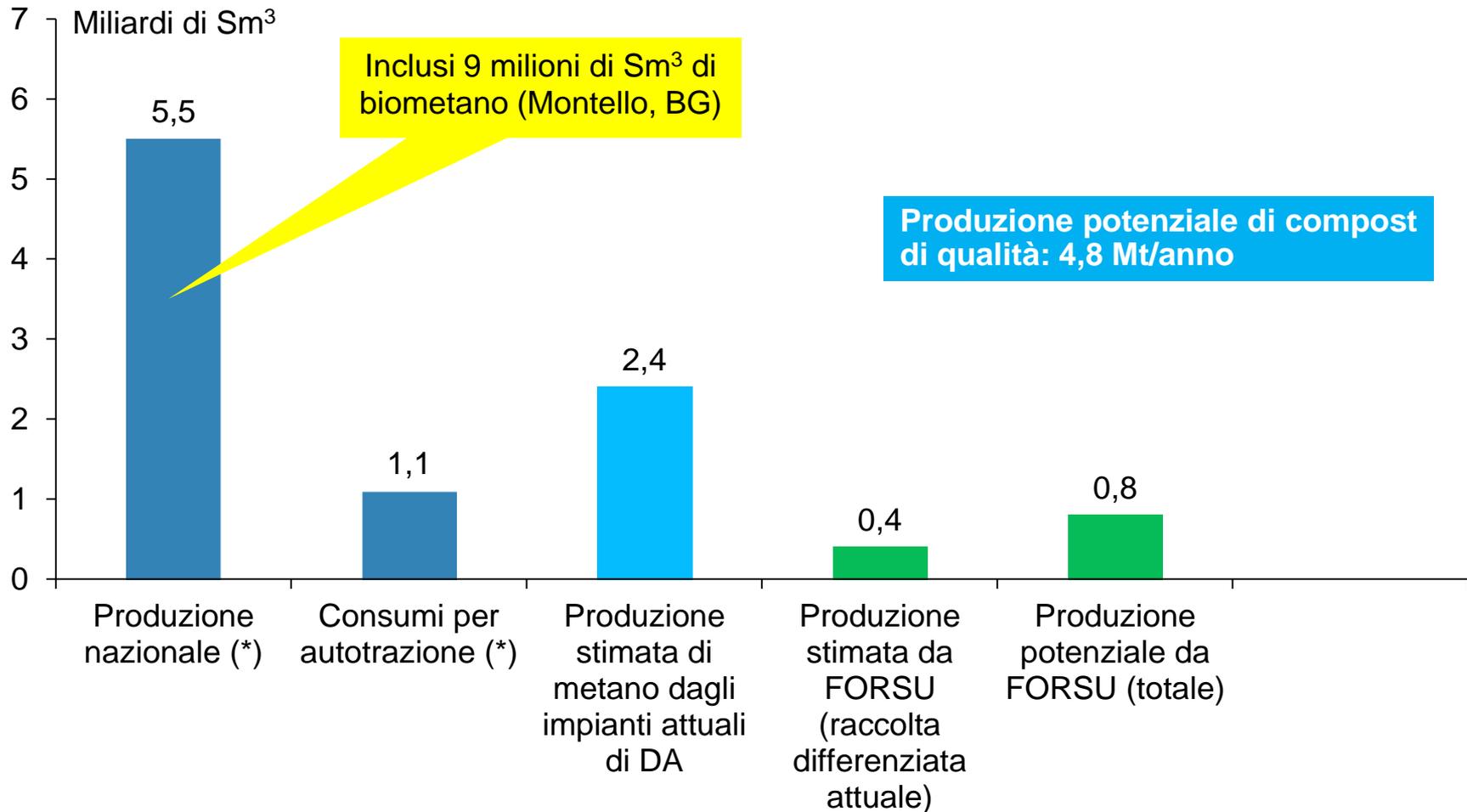
Fonte: EBA - European Biogas Association, Statistical Report 2017

Impianti di biometano in alcuni Paesi europei nel 2016



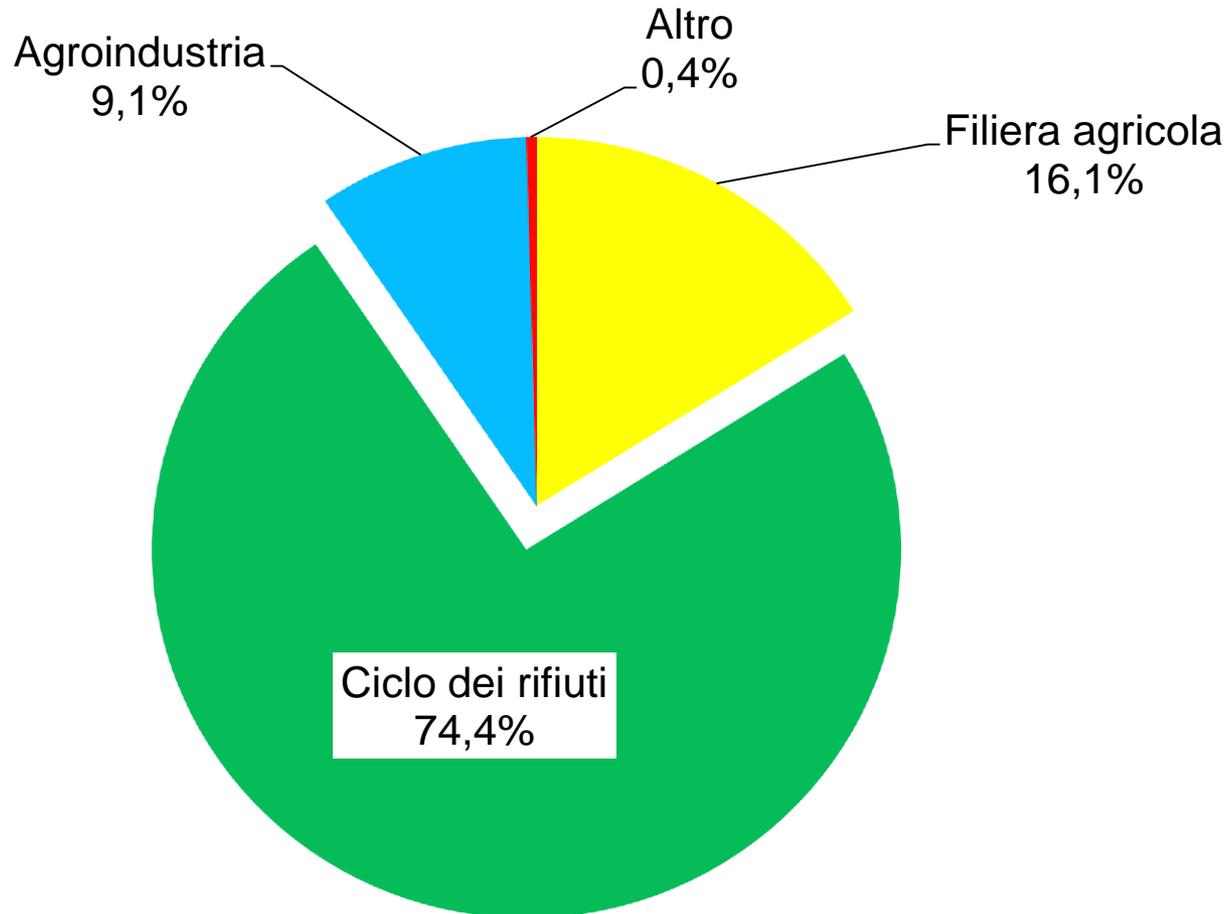
Fonte: EBA - European Biogas Association, Statistical Report 2017

Produzione potenziale di biometano da FORSU in Italia



(*) Elaborazione su dati Ministero dello Sviluppo Economico - Situazione Energetica Nazionale 2017

Contributo stimato alla produzione di biometano per settore (%) al 2022



Fonte: Snam 4 Mobility, 2019

Come si pulisce il biogas

| Componente da rimuovere | Metodo di rimozione |
|--|---|
| H ₂ S | <ul style="list-style-type: none">• Desolforazione biologica• Aggiunta di cloruro ferroso (FeCl₂) o ferrico (FeCl₃)• Carboni attivi• Ossido o idrossido di ferro• Lavaggio con idrossido di sodio |
| H ₂ O Silossani Ammoniaca | <ul style="list-style-type: none">• Raffreddamento a 2-5 °C per H₂O o -23 °C per silossani• Carboni attivi• Gel di silice• Adsorbimento con glicolati e rigenerazione• Setacci molecolari |

Processi di upgrading

Adsorbimento

PSA
Pressure Swing
Absorbtion

Absorbimento

WATER
SCRUBBER
Acqua

FISICO
Solventi organici
(glicoli)

CHIMICO
Solventi organici
ammine

Permeazione

MEMBRANE
Bassa / alta
pressione

Liquefazione

SEPARAZIONE
CRIOGENICA
Bassa temperatura

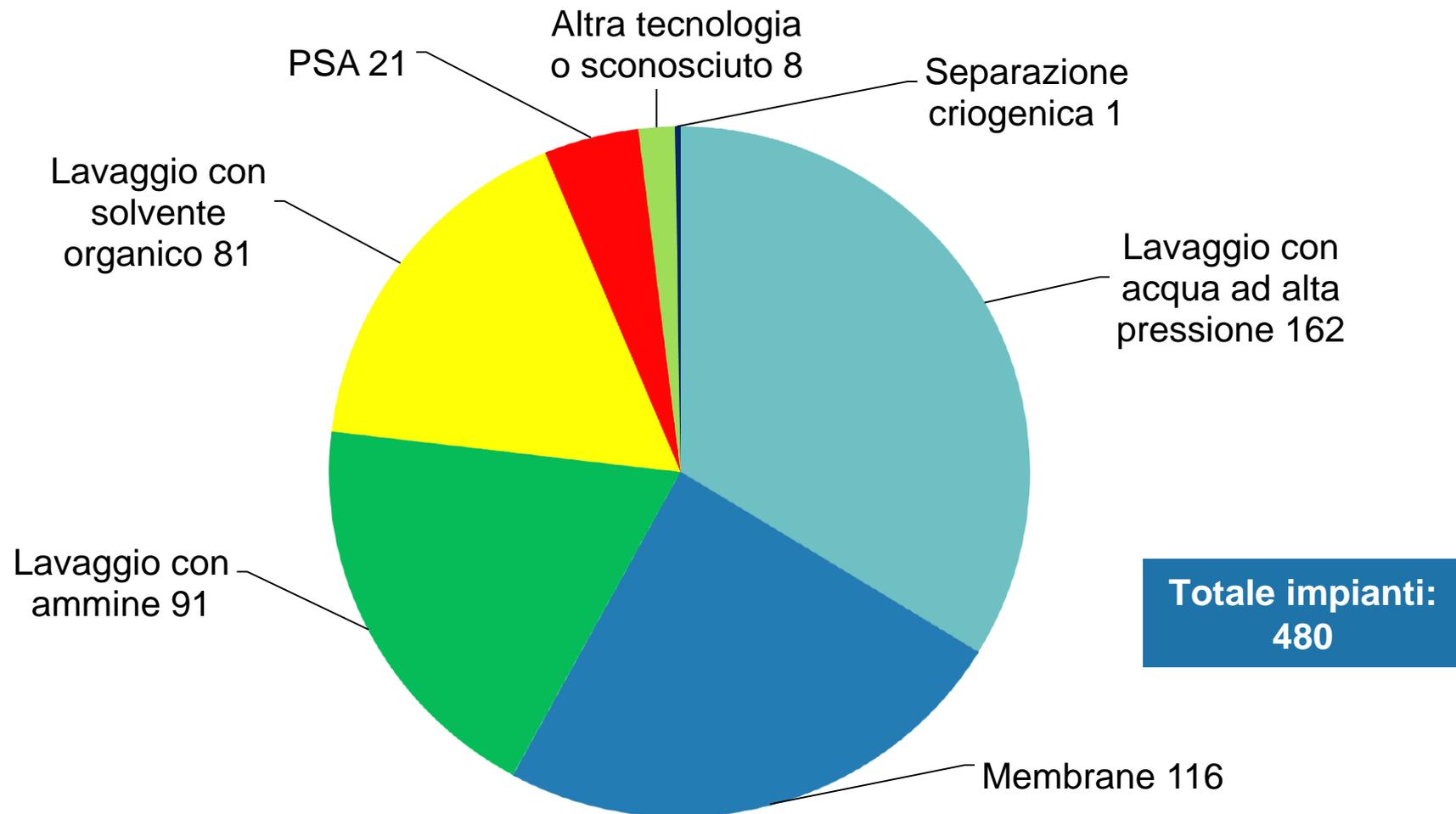
Obiettivo: rimozione della CO_2 dal biogas, in modo da ottenere un flusso gassoso con un contenuto di $\text{CH}_4 > 95\%$

Comparazione tra le principali tecnologie commerciali di upgrading

| | Lavaggio ad acqua sotto pressione (PWS) | Adsorbimento a pressione oscillante (PSA) | Separazione tramite membrane (2-4 stadi) | Lavaggio chimico (MEA, DMEA) | Lavaggio fisico con solventi organici |
|---|---|---|--|------------------------------|---------------------------------------|
| Contenuto di CH ₄ nel biometano | 96-98% | 95-98% | 95-98% | 95-99% | 95-98% |
| CH ₄ recuperato | 95-98% | 95-98% | 95-98% | 95-98% | 95-98% |
| Costo annuo di esercizio (% dei costi di investim.) | 2-3% | 2-3% | 3-4% | 2-3% | 2-3% |
| Rimozione H ₂ S | Si | Esterna | Esterna | Esterna/Si | Esterna |
| Rimozione H ₂ O | Esterna | Si | Si | Esterna | Esterna |
| Separazione N ₂ e O ₂ | No | No/parziale | Parziale (O ₂) | No | No |
| Consumo di energia elettrica (kWh/Nm ³ biogas) | 0,2-0,3 | 0,2-0,3 | 0,2-0,3 | 0,10-0,15 | 0,2-0,3 |
| Richiesta di calore (kWh/Nm ³ biogas) | No | No | No | 0,5-0,6 | No |
| Recupero di CO ₂ pura | No | Si | Si | Si | No |

Fonte: Bauer et al., 2013

Impianti di biometano censiti dall'IEA Bioenergy per tecnologia di upgrading (fine 2016)

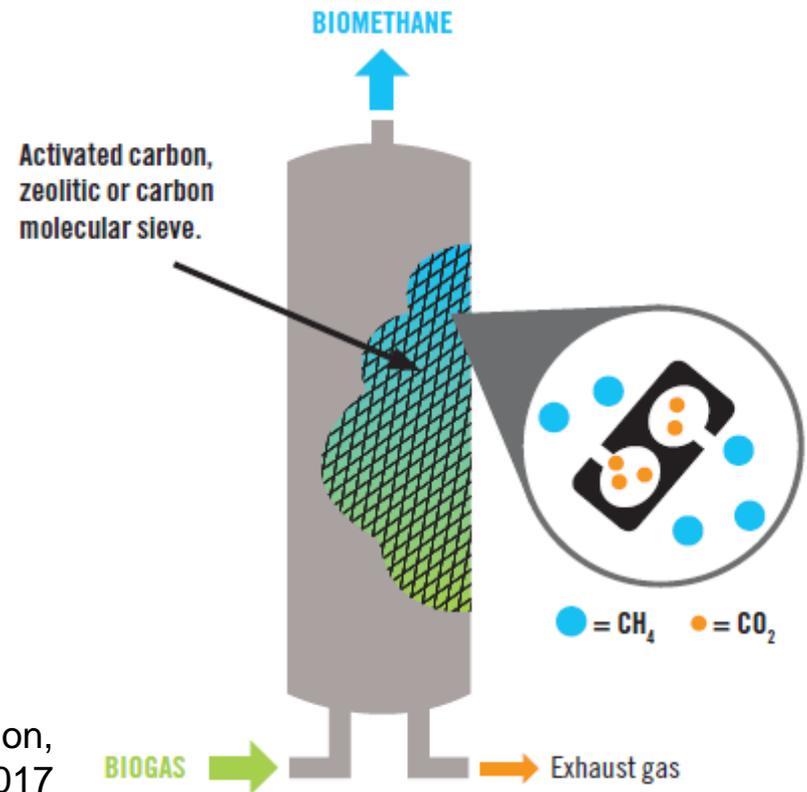


Fonte: IEA Bioenergy - Task 37, 2017

Tecnologie di upgrading del biogas a biometano: Pressure Swing Adsorption (PSA)

- Carboni attivi o zeoliti adsorbono la CO_2 dal biogas grezzo, arricchendolo in CH_4 .
- Per rigenerare si riduce la pressione e si effettua il lavaggio con biogas grezzo, quindi si aumenta progressivamente la pressione con il biogas e si inizia una nuova sequenza di carico.
- Gli impianti industriali hanno 4-9 colonne che operano in parallelo, in maniera sfalsata, in modo da assicurare un comportamento simile a quello di un processo continuo.
- Acqua e H_2S devono essere rimossi prima del trattamento in quanto danneggiano il materiale adsorbente

Physical and technical principle of pressure swing adsorption (PSA)



Schema tratto da: German Biogas Association,
Biogas to Biomethane, 2017

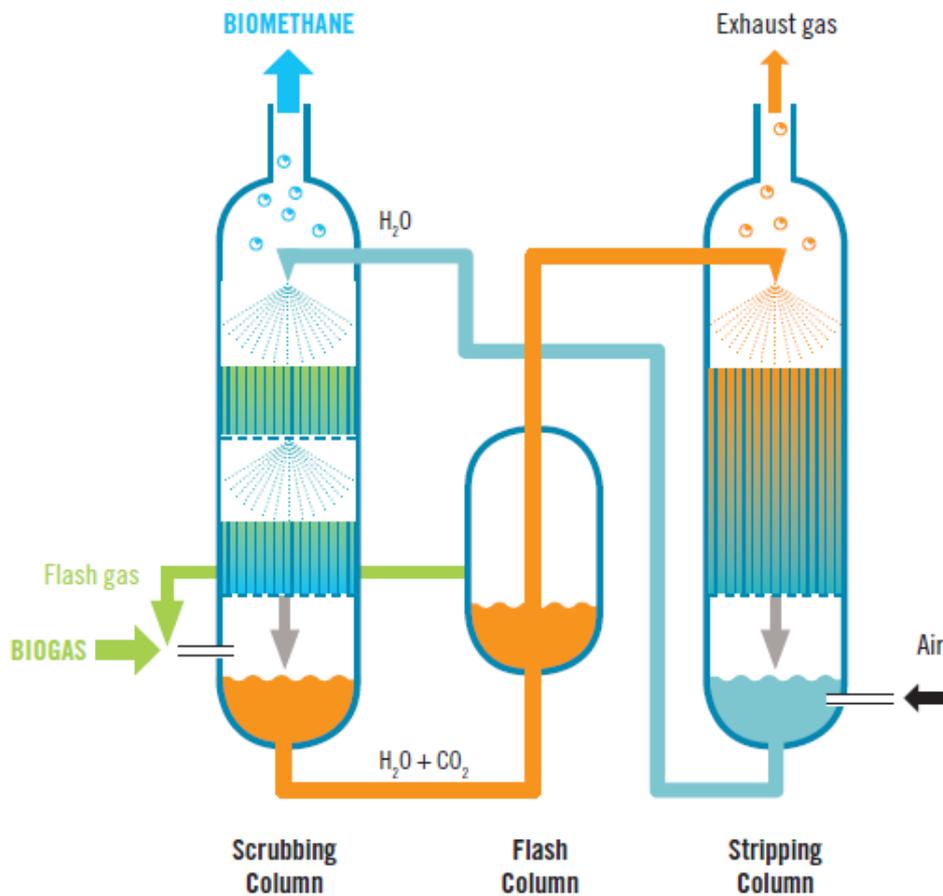


Impianto di upgrading del biogas a biometano con una capacità di trattamento di 2.100 m³/ora di biogas mediante PSA di Aiterhofen (Germania), 2010

Upgrading del biogas con tecnologia PSA

Tecnologie di upgrading del biogas a biometano: assorbimento fisico

Technical scheme of scrubbing technologies



- Il biogas viene a contatto con un solvente liquido, in genere acqua (water scrubbing) o glicoli, in cui la solubilità della CO₂ è molto elevata
- Per favorire la separazione è opportuno aumentare la pressione a 6-10 bar e ridurre la T tra i 5 ed i 20 °C
- Per la rigenerazione si deve aumentare la T fino a 50-60 °C, diminuire la P ed eventualmente usare aria come agente di stripping.
- E' necessario trattare il gas esausto per ossidare il CH₄ se è presente oltre l'1%.

Schema tratto da: German Biogas Association, Biogas to Biomethane, 2017

Fraser Valley Biogas



Water scrubbing unit of the Fraser Valley biogas plant

Manufacturer:
PlanET Biogas Solutions Inc.

Commissioning:
2012

Types of fermentation:
Wet digestion,
separate hydrolysis

Upgrading technology:
Water scrubbing



Upgrading del biogas mediante water scrubbing

Fonte: German Biogas Association - Biogas to Biomethane, 2017

Tecnologie di upgrading del biogas a biometano: assorbimento chimico

- Il biogas viene a contatto con un liquido di lavaggio in cui la CO_2 e l' H_2S si combinano reversibilmente con opportuni reagenti basici, in genere ammine quali monoetanolamina (MEA), dietanolamina (DEA), metildietanolamina (MDEA) o altri composti amminici
- I principali vantaggi sono la più alta capacità di carico della soluzione, la maggiore selettività nella separazione dei gas e, quindi, la maggiore purezza del biometano prodotto. Inoltre, non è necessario il pretrattamento, ma è necessario rimuovere l' H_2S dalla corrente gassosa in uscita dalla rigenerazione
- Le colonne di lavaggio operano quasi a pressione ambiente, ma è necessario fornire calore per la rigenerazione della soluzione estraente, che avviene a 110-160 °C. La soluzione deve essere poi raffreddata ad almeno 40 °C prima di essere nuovamente inviata alla colonna di lavaggio

Fonte: German Biogas Association - Biogas to Biomethane, 2017

Heinfelder Bioenergie GmbH & Co. KG



The amine scrubbing system has been proving as a reliable upgrading system

Manufacturer:

BWE Energiesysteme GmbH & Co. KG

Commissioning:

2006

Types of fermentation:

Mesophilic, wet digestion

Upgrading technology:

Amine scrubbing

Gas treatment capacity:

600 Nm³/h raw gas,
400 Nm³/h biomethane



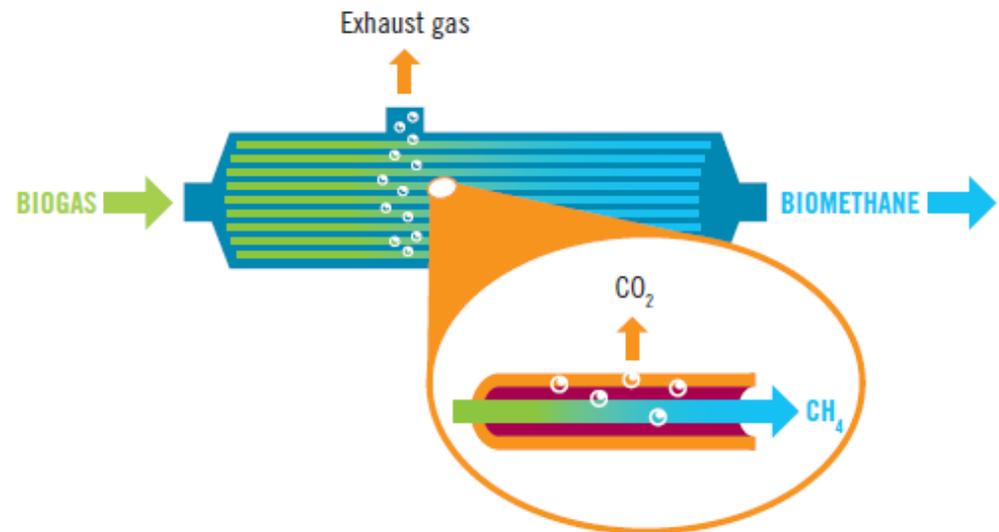
Upgrading del biogas mediante assorbimento con ammine

Fonte: German Biogas Association - Biogas to Biomethane, 2017

Tecnologie di upgrading del biogas a biometano: processi con membrane

- La separazione avviene per diversa permeabilità ai gas di membrane polimeriche opportunamente trattate. La separazione tra i vari componenti gassosi è parziale ed occorrono più stadi per ottenere la concentrazione di CH_4 desiderata
- La capacità produttiva è proporzionale alla superficie delle membrane ed il loro uso è competitivo per impianti di piccola taglia
- E' consigliato trattare a monte il biogas per rimuovere inquinanti e umidità
- E' necessario ossidare il gas esausto se il CH_4 è superiore all'1%

Physical and technical principle of membrane separation



Schema tratto da: German Biogas Association, Biogas to Biomethane, 2017



AgriPure - Biogas Upgrading System

Manufacturer:

AgriKomp GmbH

Commissioning:

2016

Types of fermentation:

Mesophilic, wet digestion

Upgrading technology:

Membrane separation

Gas treatment capacity:

250 Nm³/h raw gas



Upgrading del biogas con membrane

Fonte: German Biogas Association - Biogas to Biomethane, 2017

Impianti di biometano allacciati alla rete Snam al 31/01/2019

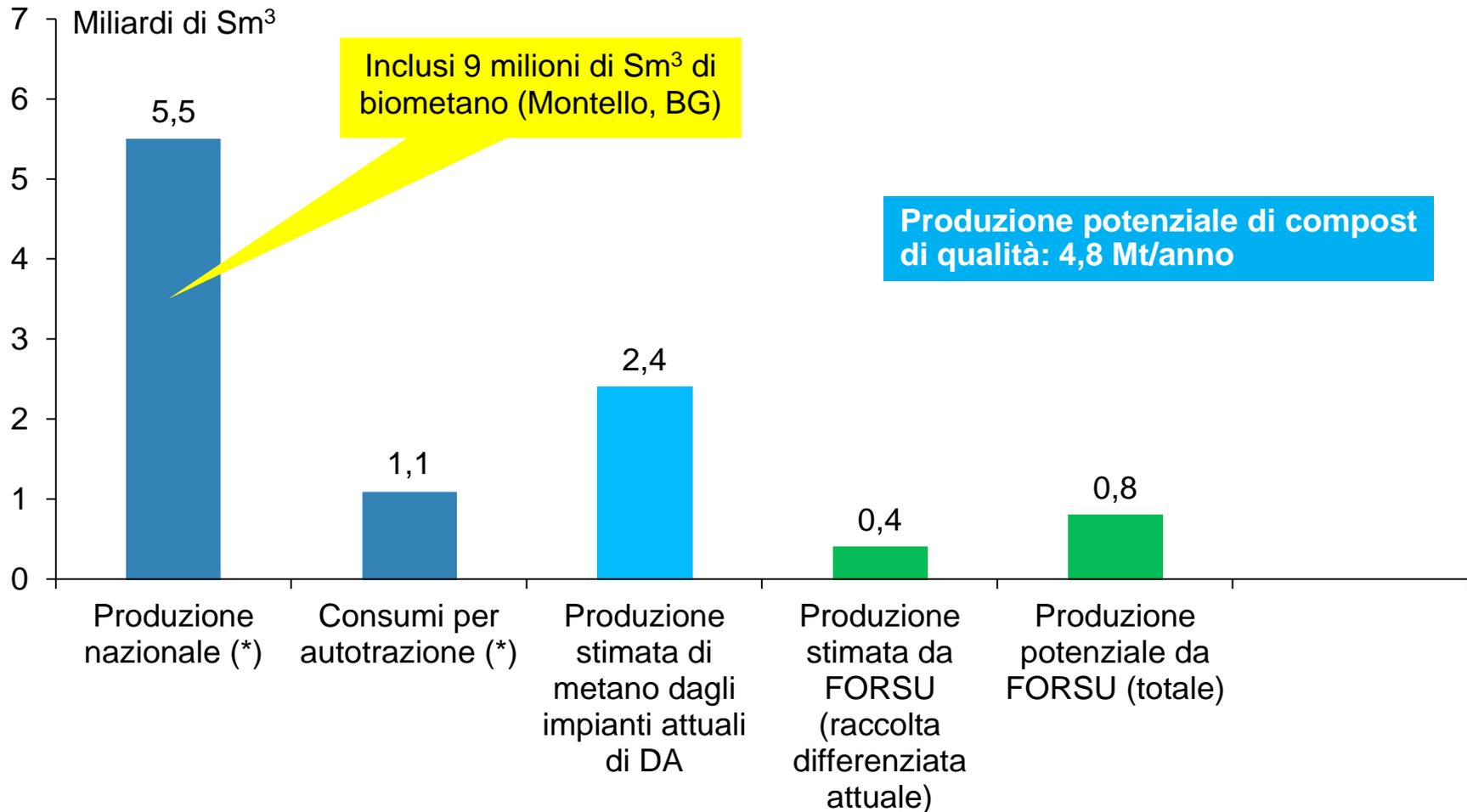
Dal 2016

- **162 richieste formali** di allacciamento pervenute
- **31 offerte accettate.**
Capacità a regime: circa 330 milioni di Sm³/anno
- **6 allacciamenti realizzati** (67 milioni di Sm³/anno a regime. **3 già in esercizio**, con capacità di circa 52 milioni di Sm³/anno)



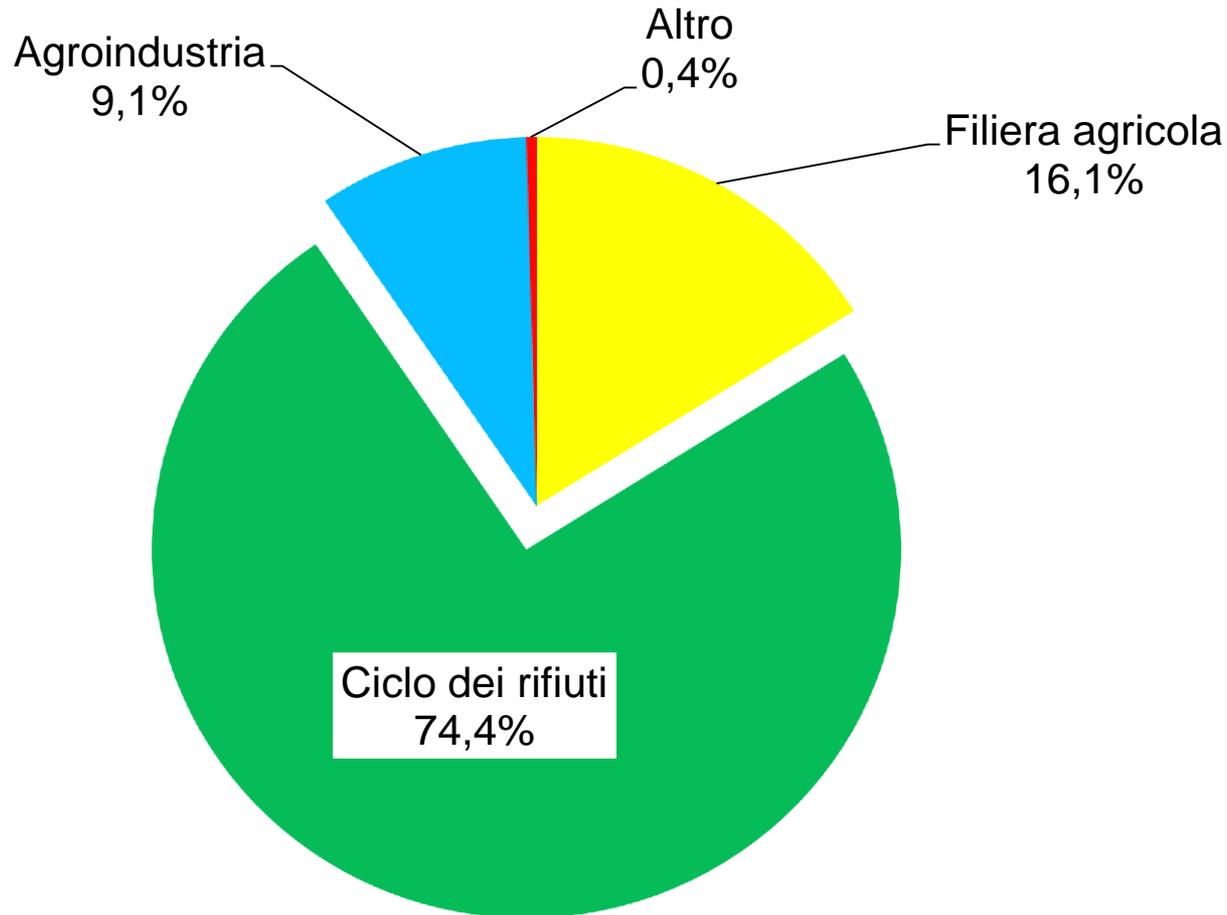
Fonte: Snam 4 Mobility, 2019

Produzione potenziale di biometano da FORSU in Italia



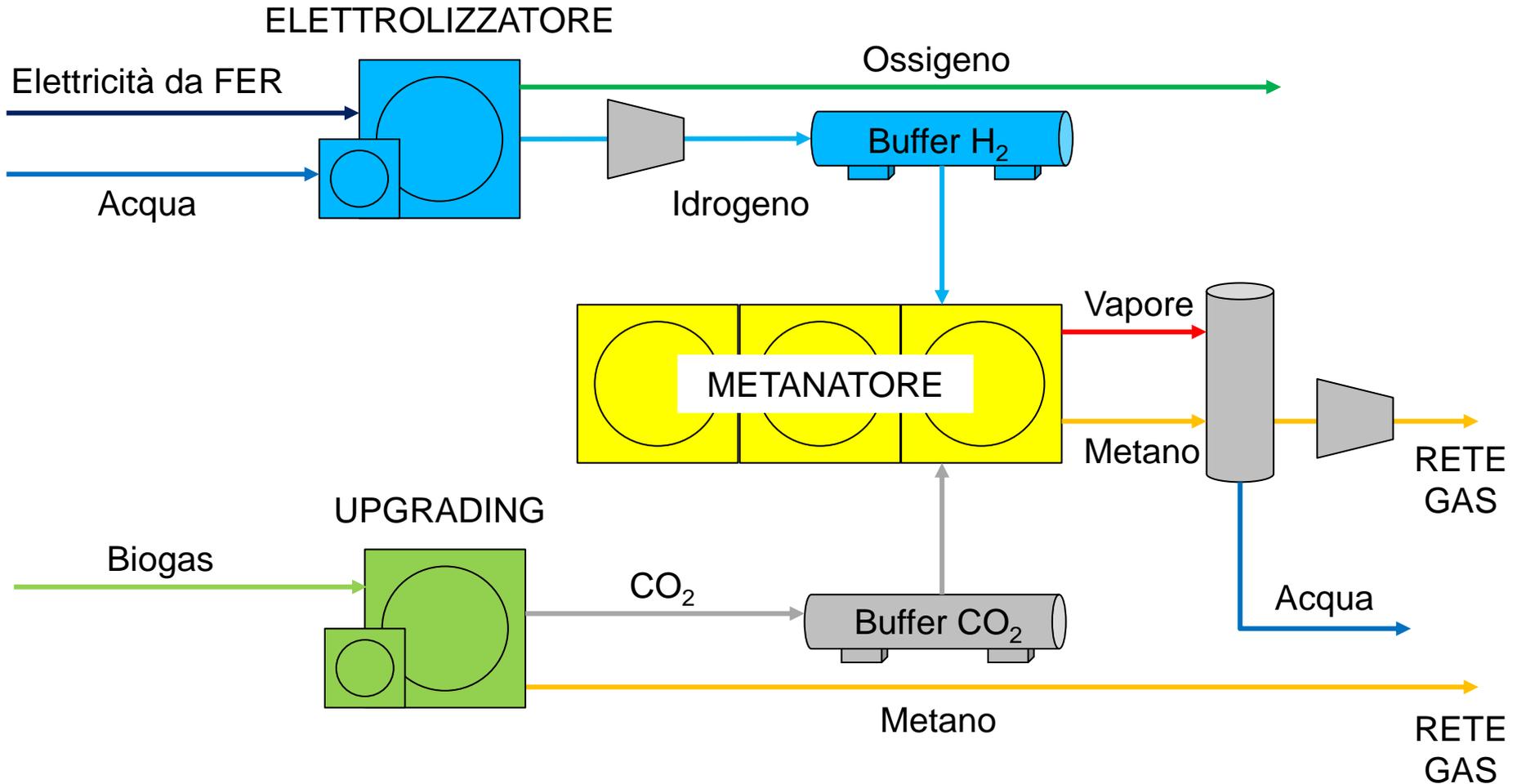
(*) Elaborazione su dati Ministero dello Sviluppo Economico - Situazione Energetica Nazionale 2017

Contributo stimato alla produzione di biometano per settore (%) al 2022



Fonte: Snam 4 Mobility, 2019

Power to Gas: metanazione catalitica



Impianto Audi e-gas, Werlte (Bassa Sassonia)

- L'impianto produce SNG utilizzando la CO_2 proveniente da un sistema di upgrading di un impianto di biogas e H_2 prodotto da tre elettrolizzatori alcalini della potenza totale di 6.3 MW
- L'elettricità rinnovabile per la produzione di H_2 proviene da un parco eolico offshore nel Mare del Nord. L'impianto può operare con il surplus di elettricità per 4.000 ore/anno
- L'idrogeno reagisce con la CO_2 in un reattore catalitico a temperatura e pressione elevate, e il calore recuperato del reattore di metanazione è usato per rigenerare l'ammina del sistema di upgrading
- Il metano prodotto (Audi e-gas), pari a circa 1.000 t/anno, può alimentare una flotta di 1.500 Audi A3 a CNG con una percorrenza media di 15.000 km/anno



Elettrolizzatori

Partners del progetto
Audi AG, ETOGAS GmbH

Tipologia impianto
Impianto industriale

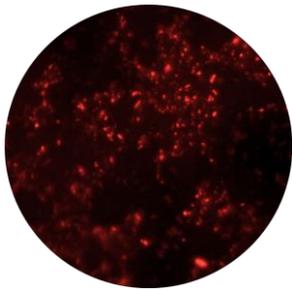
Prima immissione in rete SNG
2013



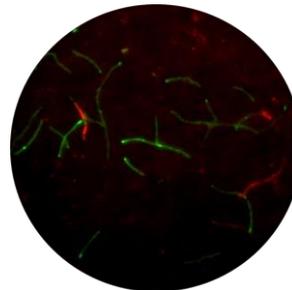
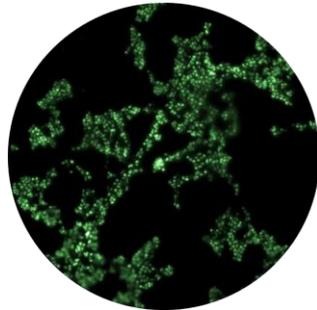
Fonte: Lappeenranta University of Technology, 2016

Biometanazione della CO₂

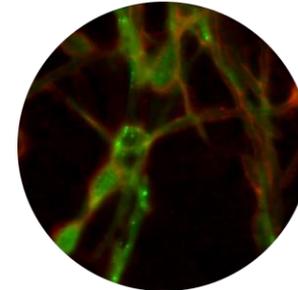
Metanogeni idrogenotrofi: $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$



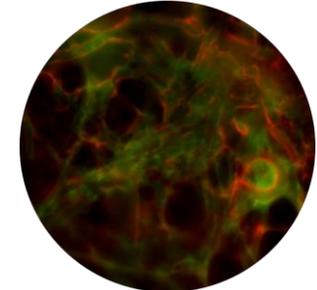
Methanobrevibacter smithii



Methanobacterium beijingense



Methanolobus zinderi



Microscopia in epifluorescenza: colorazioni con Ioduro di Propidio e Syto-9

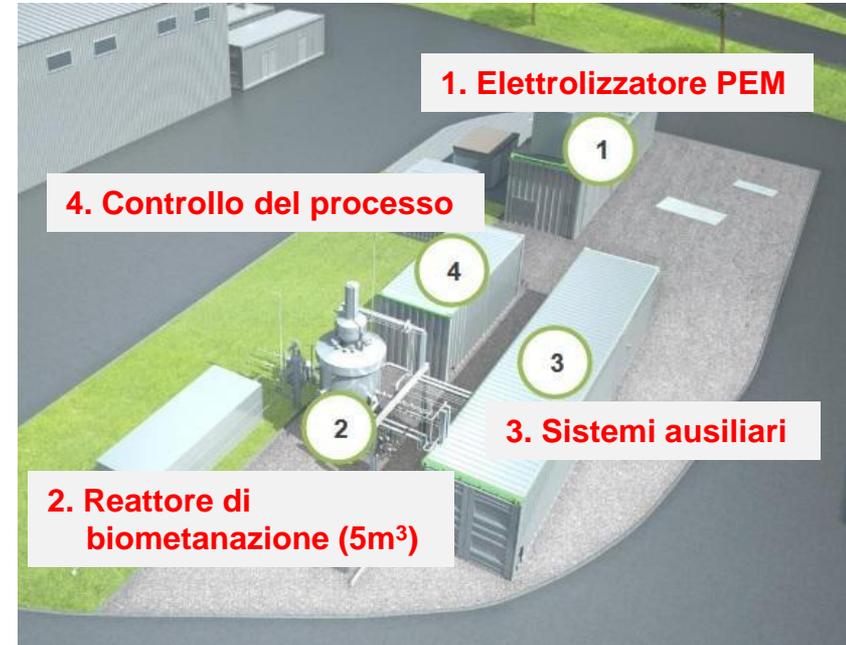
Fonte: ENEA C.R. Casaccia, 2019

Impianto BioPower2Gas, Allendorf (Eder)



Immagine: www.agroenergia.eu

Fonte: IEA Bioenergy, 2018



Partners del progetto

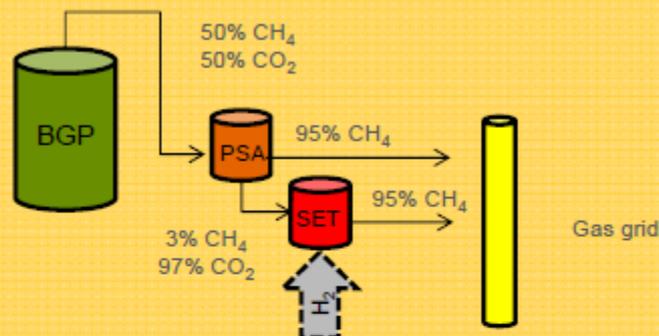
MicroEnergy GmbH (Viessmann Group), CUBE Engineering GmbH, EAM EnergiePlus GmbH, Ide Institut dezentrale Energietechnologien gGmbH, Audi AG

TRL: 8 (sistema completo e qualificato)

Prima immissione in rete SNG: marzo 2015

Impianto BioPower2Gas: modalità di funzionamento

Monovalent operation



Energy Storage

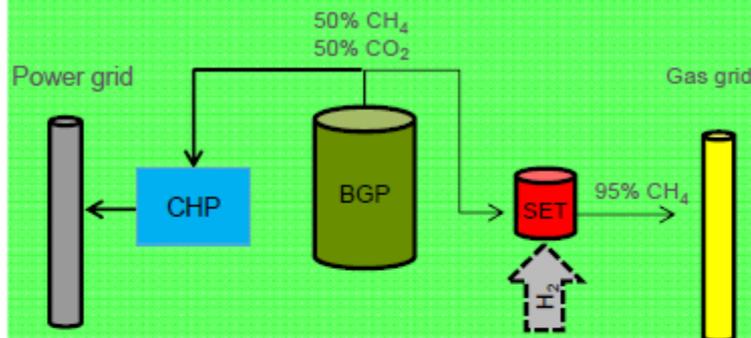
of surplus renewable power by using separated CO₂ of the Biomethane upgrading plant

BGP = Impianto biogas

SET = Reattore di biometanazione

PSA = Unità di upgrading con tecnologia PSA

Bivalent operation



Biogas Upgrading

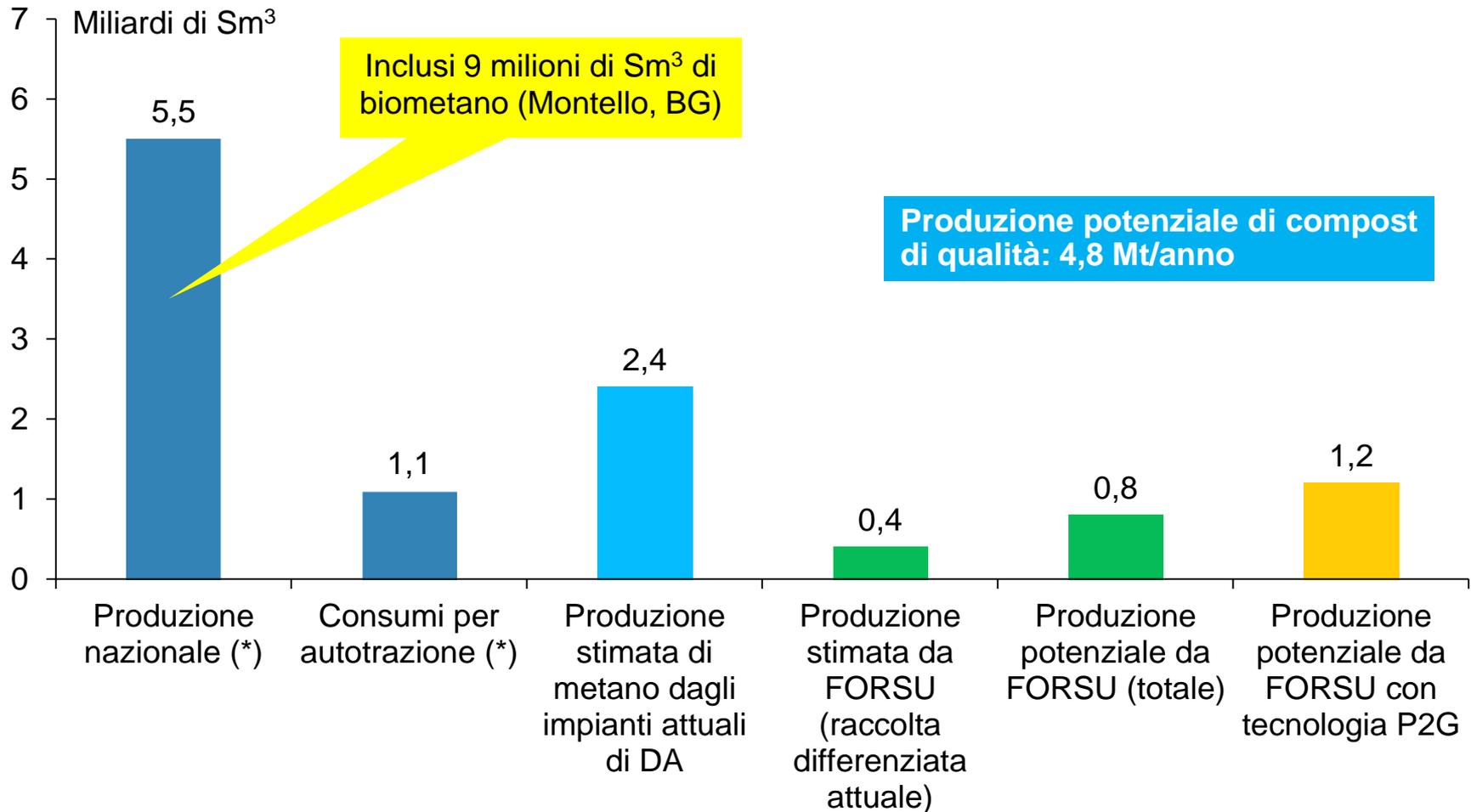
of raw biogas in order to adapt flexibility to CHPs of biogas plants

Energy Storage

Of surplus power by using raw biogas as source for CO₂

Fonte: Viessmann Group, 2015

Produzione potenziale di biometano da FORSU in Italia



(*) Elaborazione su dati Ministero dello Sviluppo Economico - Situazione Energetica Nazionale 2017

Criteri di sostenibilità del biogas/biometano

- Utilizzo di biomasse **disponibili in ambito locale**, preferenzialmente di tipo residuale, a partire dalla **frazione organica dei rifiuti urbani** da raccolta differenziata
- Restituzione della **sostanza organica ai terreni** direttamente con il digestato o sotto forma di compost (chiusura del ciclo del rifiuto)
- Valutazione delle emissioni relative **all'intero ciclo di vita** del vettore energetico (elettricità, biocombustibile o biocarburante) prodotto e confrontarle con quelle dei combustibili fossili alternativi

Vito Pignatelli
vito.pignatelli@enea.it

