آشنایی با فناوری هاضم بیهوازی برای دفع پسماندهای شهری

تهیه کننده: رضـا نقـوی

زمستان ۱۴۰۱

فهرست

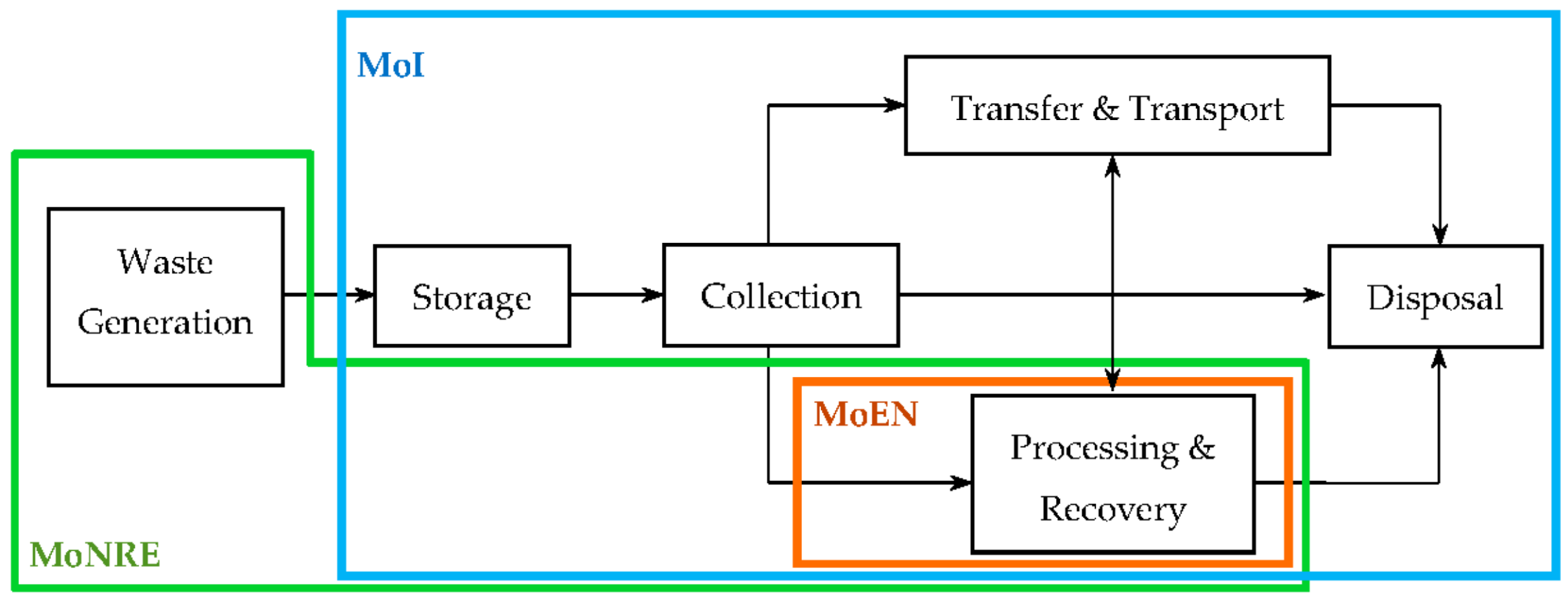
- مقدمه
  - بررسی وضعیت موجود مدیریت پسماند در جهان
  - بررسی وضعیت موجود مدیریت پسماندها در کشور
- وضعیت فناوری هاضم بیهوازی در جهان
- آشنایی با فناوری هاضم بیهوازی
  - تعاریف
  - چرا باید از هضم بی هوازی استفاده کنیم
  - فن آوری های هضم بی هوازی
  - چالش های هضم بی هوازی پایدار
  - روشهای بهبود تولید بیوگاز
  - استفاده از بیوگاز
- اهمیت هضم پسماند در کشورهای درحال‌توسعه
- هاضم تهران

دغدغه های جهانی و داخلی در خصوص انرژی، محیط زیست و بهداشت

اولویت‌های ۴۰ سال آینده جهان

- **انرژی**
- آب
- غذا
- **محیط زیست**
- فقر
- تروریسم و جنگ
- بیماری
- آموزش
- دموکراسی
- جمعیت

جمعیت در سال ۲۰۵۰ میلادی = ۱۰ میلیارد نفر



- وزارت منابع طبیعی و محیط زیست (Ministry of Natural Resources and Environment)
- وزارت کشور (Ministry of Interior)
- وزارت نیرو (Ministry of Energy)

https://doi.org/10.3390/en11102501

بررسی وضعیت موجود مدیریت پسماند در جهان

سال۲۰۱۸ میلادی

سال ۲۰۱۲ میلادی

Table 2.1 Ranges of Average National Waste Generation by Region

kg/capita/day

متوسط سرانه تولید پسماندها بر اساس منطقه بندی جغرافیایی

	2016 Average	Min	25th Percentile	75th Percentile	Max
Sub-Saharan Africa	0.46	0.11	0.35	0.55	1.57
East Asia and Pacific	0.56	0.14	0.45	1.36	3.72
South Asia	0.52	0.17	0.32	0.54	1.44
Middle East and North Africa	0.81	0.44	0.66	1.40	1.83
Latin America and Caribbean	0.99	0.41	0.76	1.39	4.46
Europe and Central Asia	1.18	0.27	0.94	1.53	4.45
North America	2.21	1.94	2.09	3.39	4.54

Note: kg = kilogram.

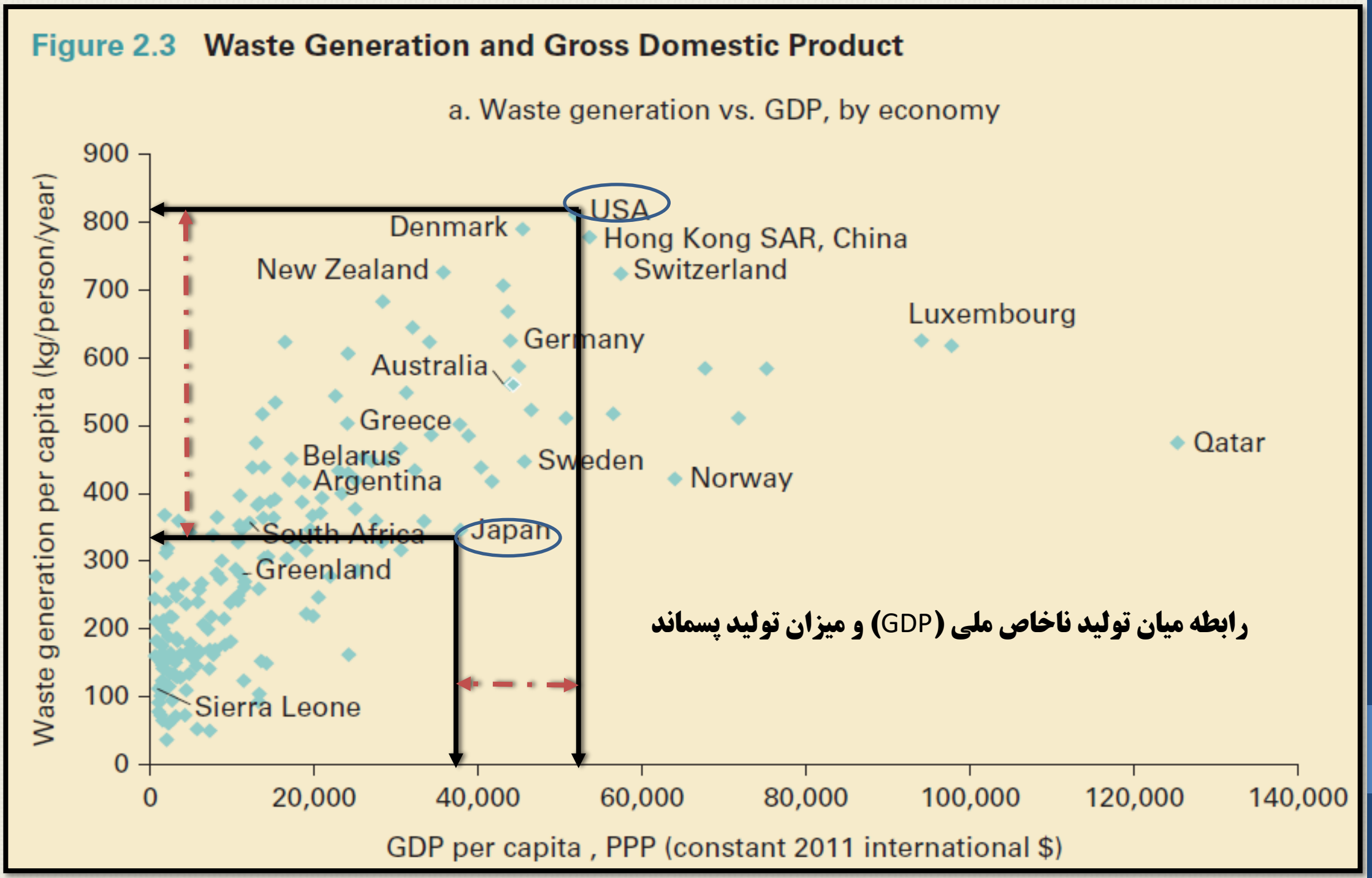
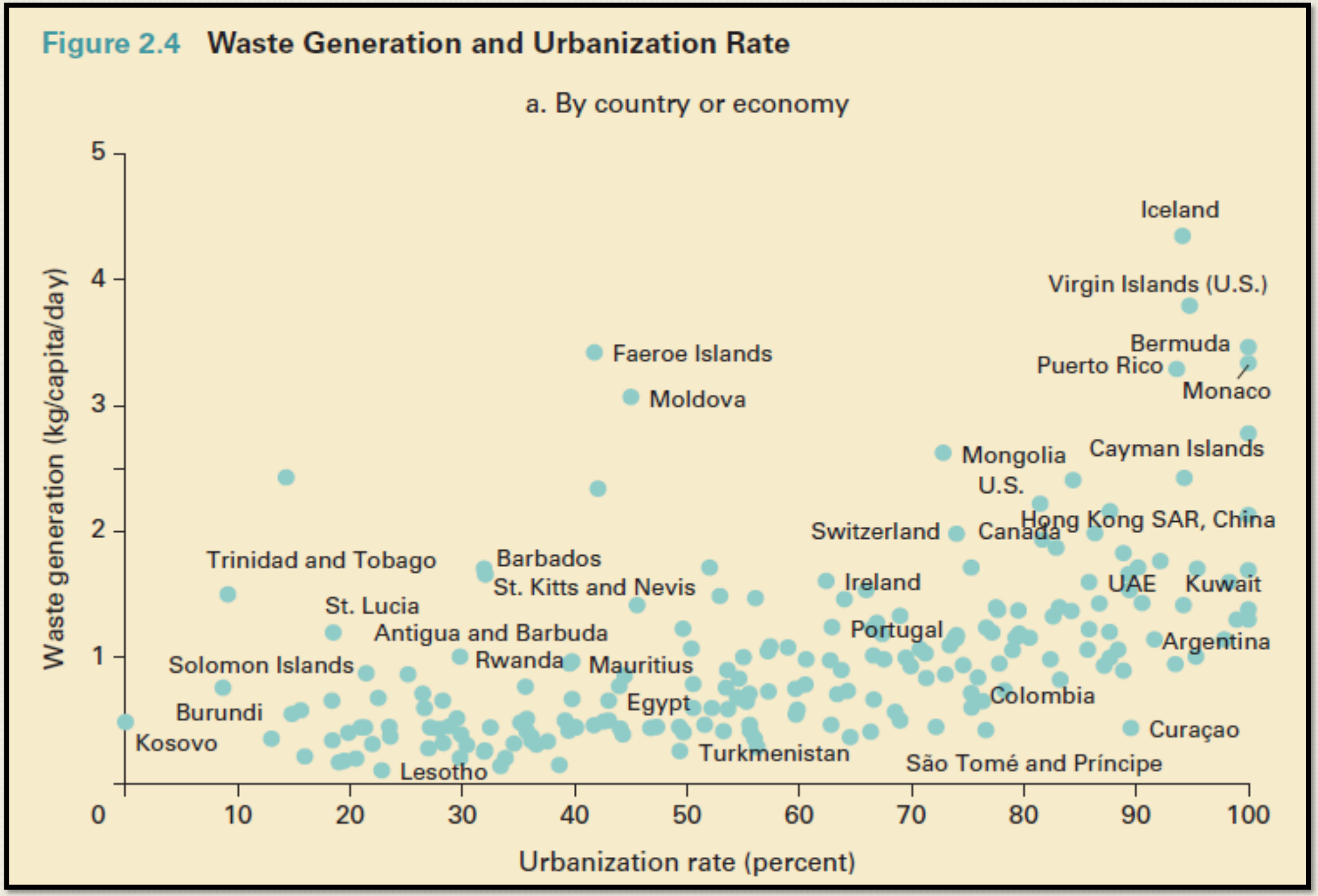


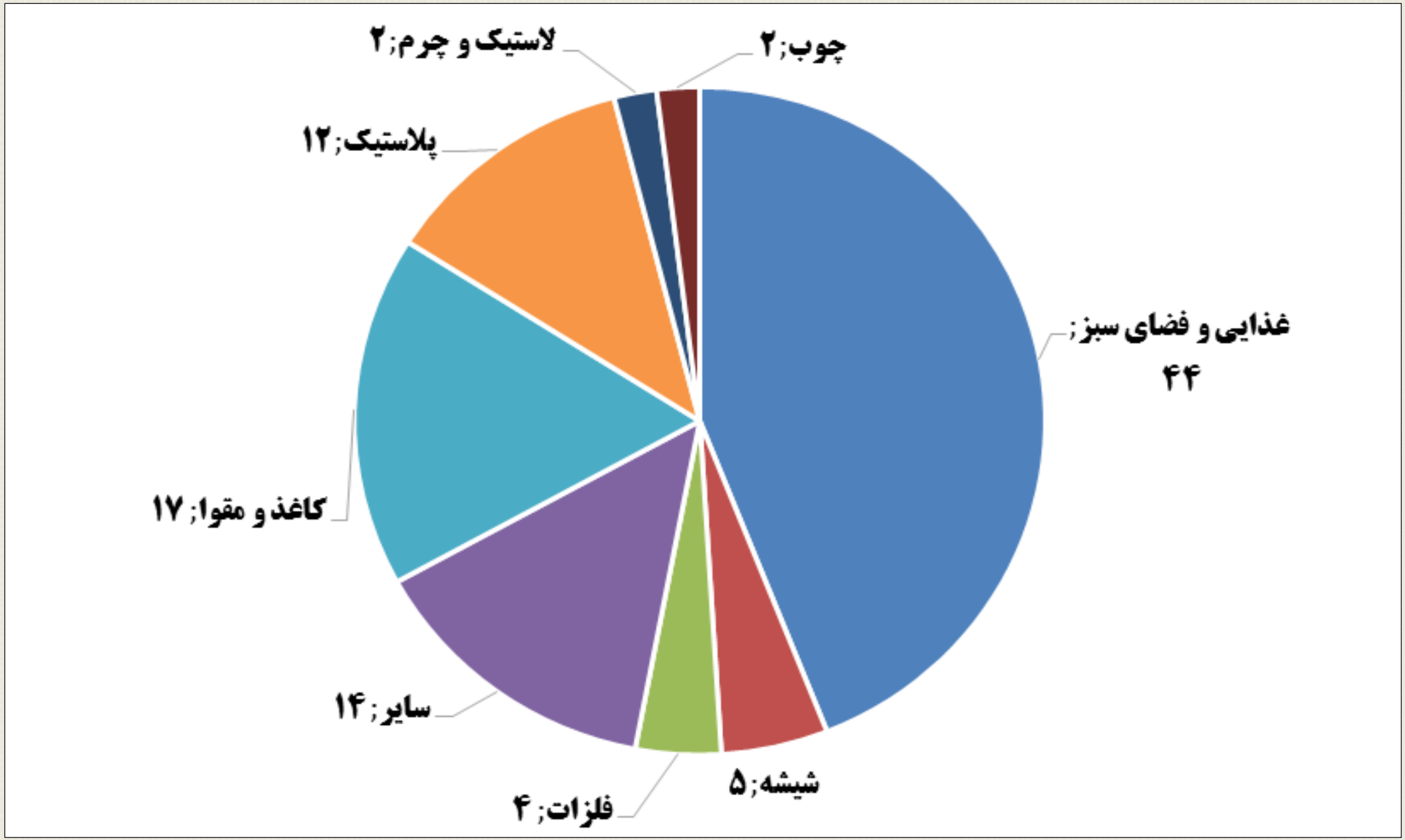
Figure 2.3 Waste Generation and Gross Domestic Product
a. Waste generation vs. GDP, by economy
Waste generation per capita (kg/person/year)
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
USA
Denmark
Hong Kong SAR, China
New Zealand
Switzerland
Luxembourg
Germany
Australia
Greece
Qatar
Belarus
Sweden
Argentina
Norway
South Africa
Japan
Greenland
Sierra Leone
0
20,000
40,000
60,000
80,000
100,000
120,000
140,000
GDP per capita , PPP (constant 2011 international $)
رابطه میان تولید ناخاص ملی (GDP) و میزان تولید پسماند

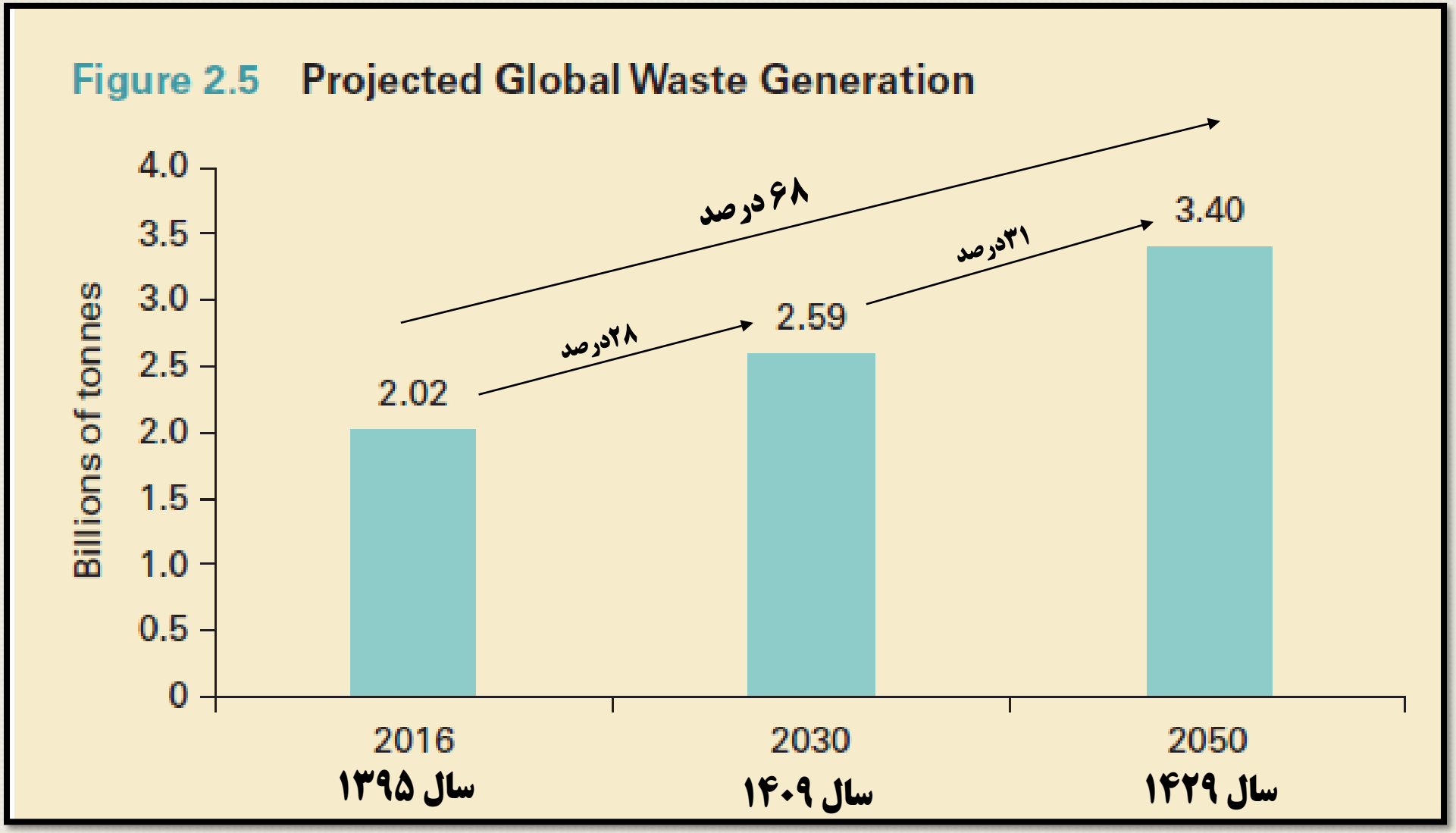


رابطه میان نرخ شهرنشینی و میزان تولید پسماند

متوسط تولید پسماند بر اساس منطقه جغرافیایی (کیلوگرم/نفر/روز)			
	متوسط سال ۲۰۱۶	حداقل	حداکثر
خاور میانه و شمال آفریقا	0.81	0.44	1.83
آفریقای مرکزی و جنوبی	0.46	0.11	1.57
آمریکای لاتین و حوزه کارائیب	0.99	0.41	4.46
آمریکای شمالی	2.21	1.94	4.54
آسیای جنوبی	0.52	0.17	1.44
اروپا و آسیای مرکزی	1.18	0.27	4.45
آسیای شرقی و اقیانوسیه	0.56	0.14	3.72

نمودار متوسط آنالیز پسماند جهان (درصد)



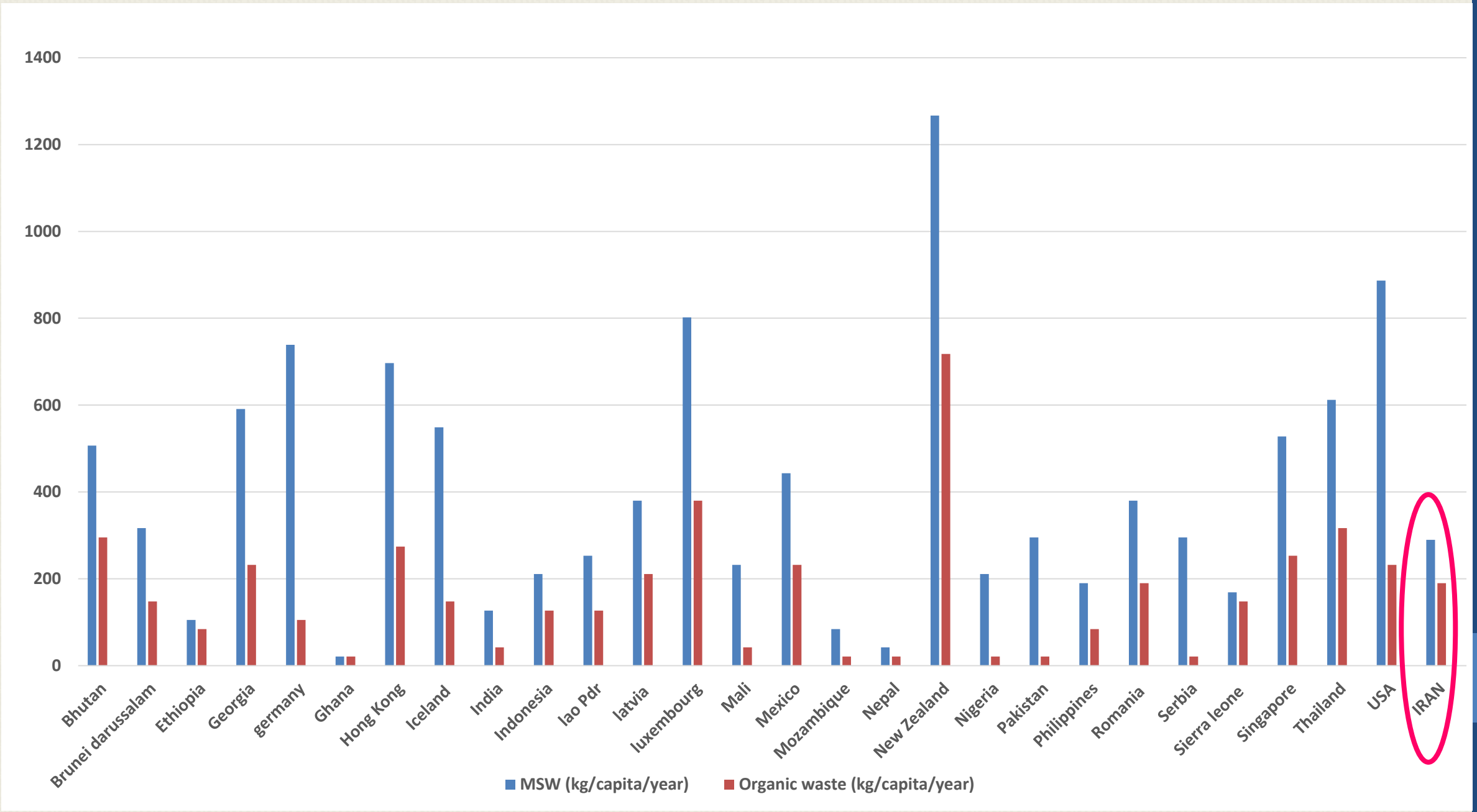


پیش بینی میزان تولید پسماند تا سال ۲۰۵۰ میلادی (۱۴۲۹ شمسی)

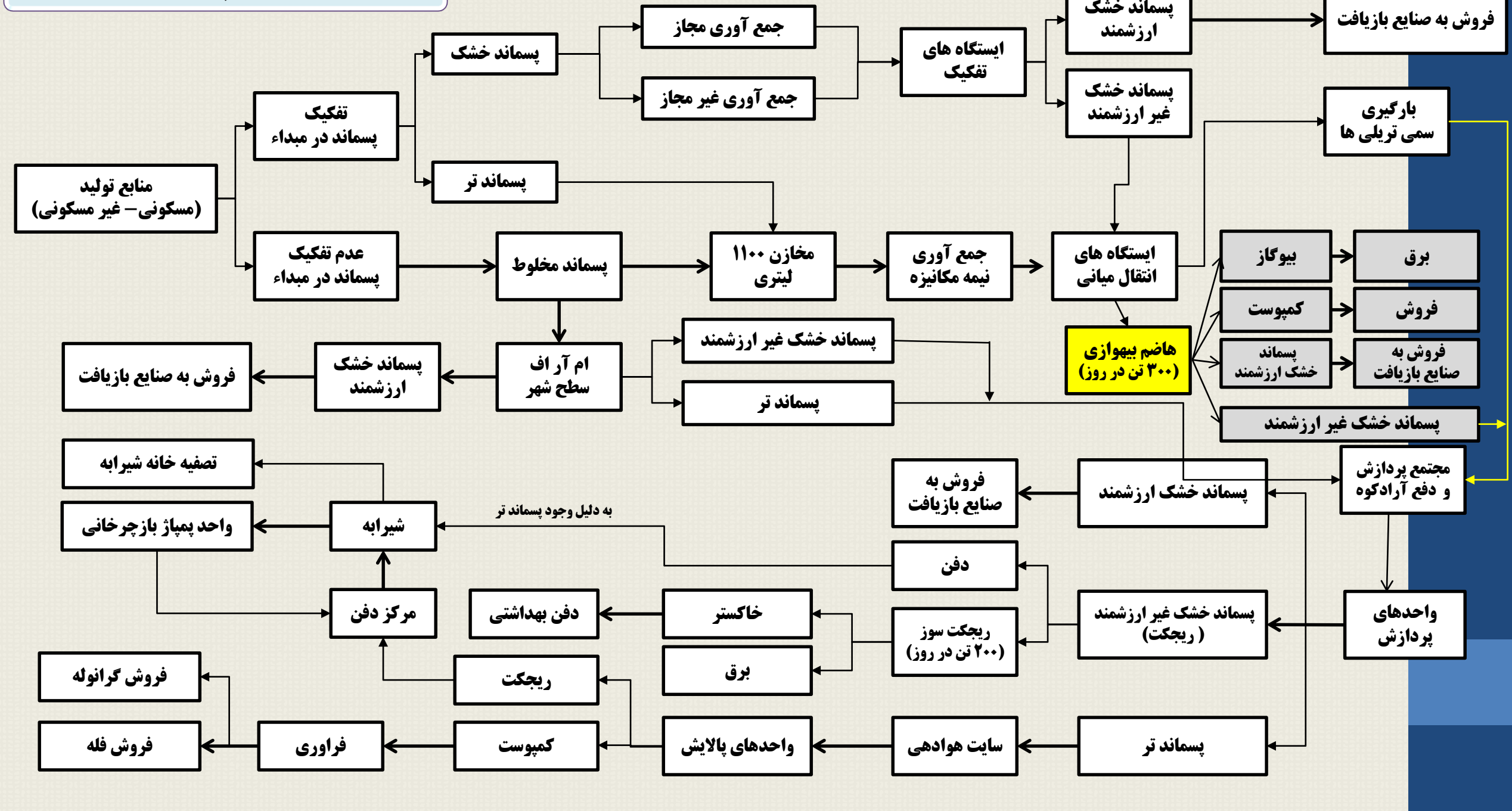
نگاهی به وضع موجود تولید پسماند عادی در کشور ۱۳۹۵

مدیریت پسماند	جمعیت (نفر)	مقدار (تن در روز)	سرانه (گرم به ازای هر نفر)
شهری	۵۹۱۴۶۸۴۷	۴۷۶۹۱	۸۰۶
روستایی	۲۰۷۳۰۶۲۵	۱۰۳۶۰	۵۰۰
غیر ساکن	۴۸۷۹۸	--	--
جمع کل کشور	۷۹۹۲۶۲۷۰	۵۸۰۵۱	

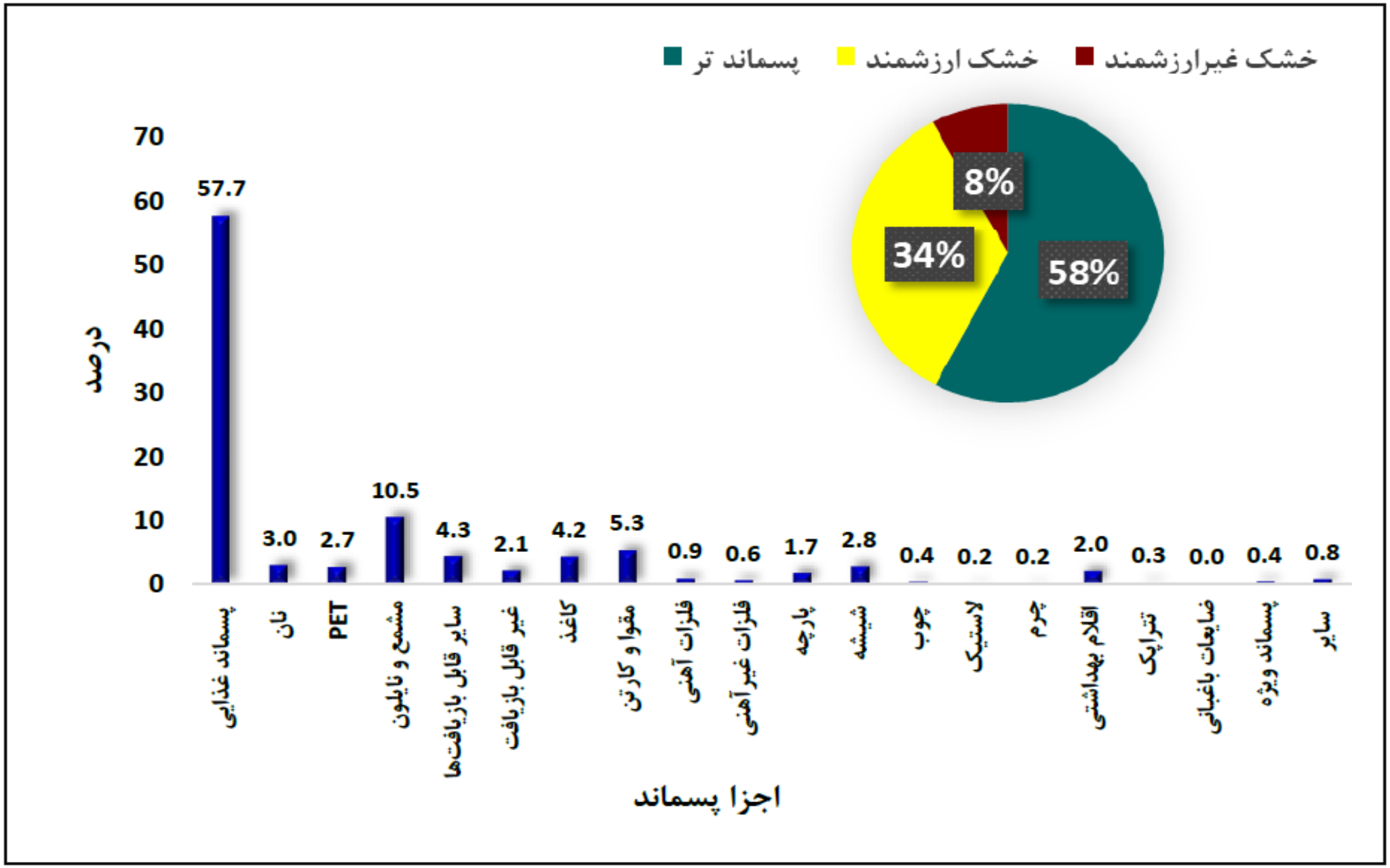
مقایسه سرانه تولید سالانه پسماندهای شهری و ارگانیک در کشورهای مختلف



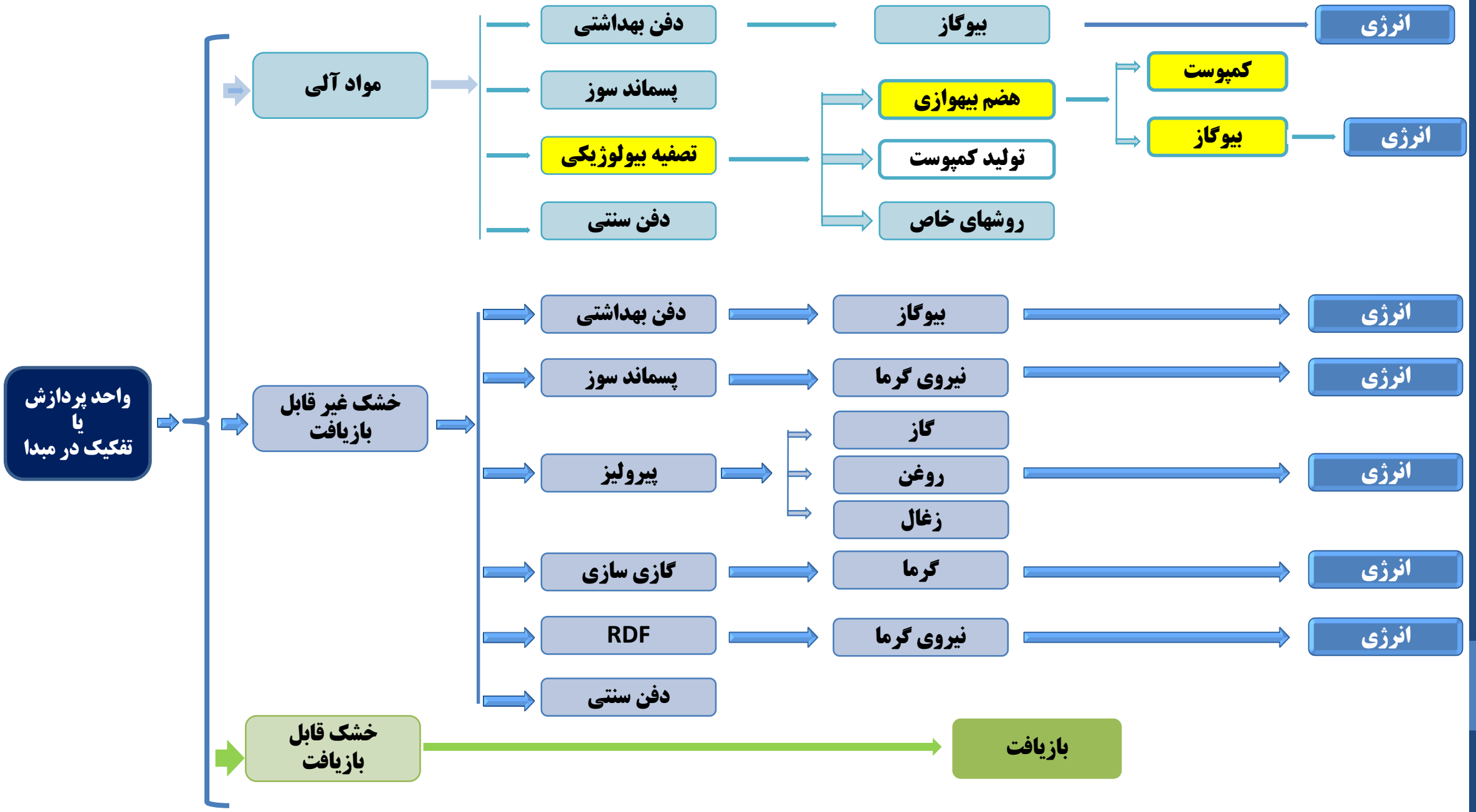
فرایند کلی مدیریت پسماند در شهر تهران



ترکیب اجزای پسماند شهر تهران در مبدأ (تابستان ۹۸)



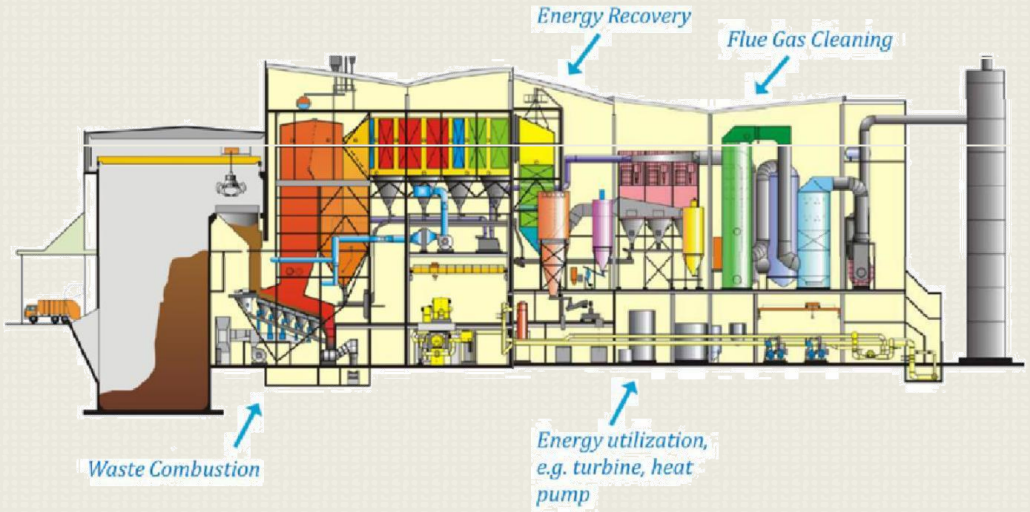
روشهای امحاء پسماندهای شهری



به طور کلی روشهای تبدیل پسماند به انرژی به صورت زیر دسته بندی میشود:

1. پسماند سوز(Incineration)
2. پردازشگر کمکی(Co-Processing)
3. هضم بی هوازی(Anaerobic Digestion)
4. استحصال گاز مرکز دفن(Landfill Gas Collection)
5. پیرولیز/گازی سازی(Pyrolysis/Gasification)

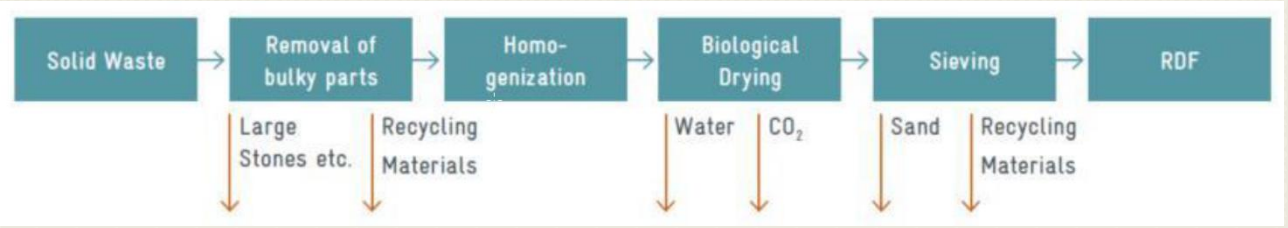
پسماند سوز(Incineration):



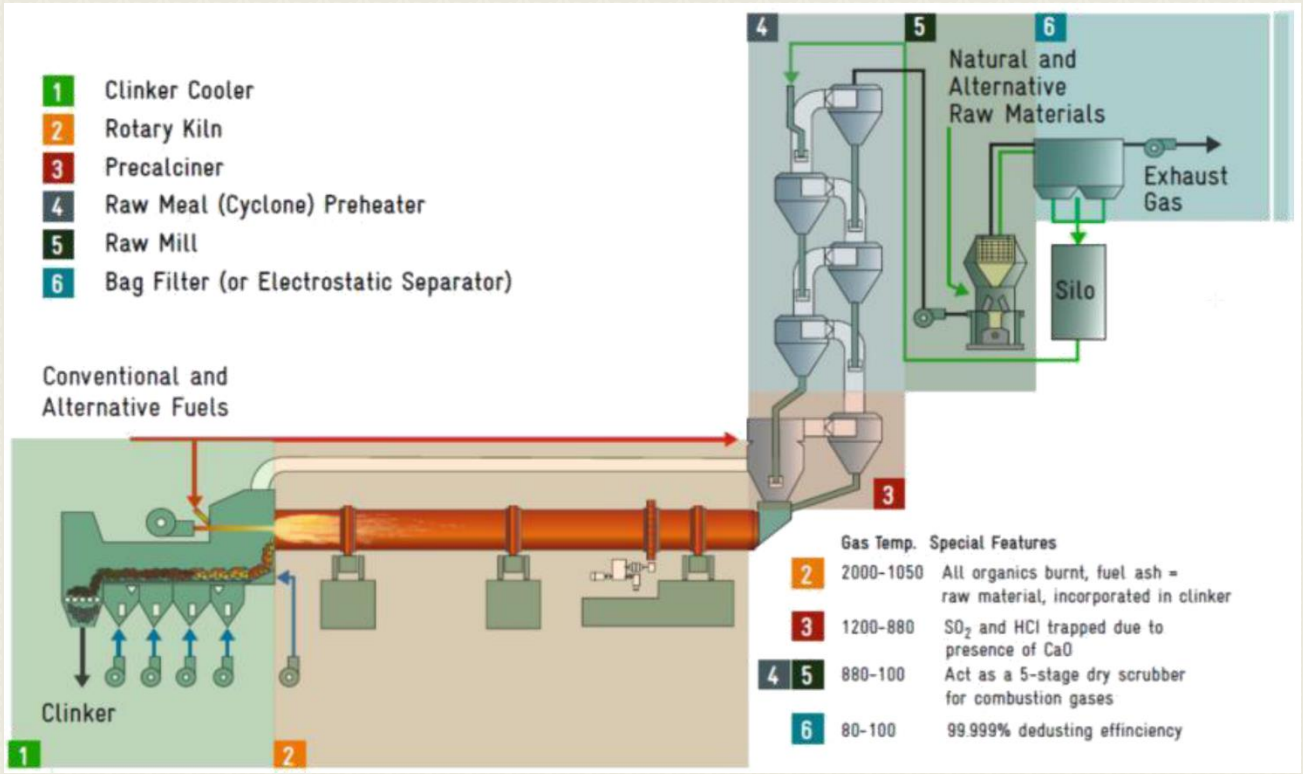
- در این روش زباله در مجاورت اکسیژن در دما ۸۵۰ تا ۱۴۵۰ درجه سانتیگراد گرم میشود تا فرآیند سوخت زباله ادامه پیدا کند.
- زباله در فاز جامد و گاز سوزانده میشود.
- بازدهی تولید برق در این روش حدود ۲۰ درصد میباشد.
- زباله مناسب برای استفاده در این فرآیند زباله خام خانگی و برخی زباله های صنعتی– شیمیایی است.
- از مهمترین فاکتورها در این روش میزان ارزش حرارتی زباله است.
- کاهش حجم، وزن و نگرانی های بهداشتی از اولین دلایل ایجاد نیروگاه های زباله سوز در دنیا بوده است.
- آلاینده های خروجی از این نیروگاه ها عمدتا سولفور، ناکس، هیدروژن کلراید، هیدروژن فلوراید و ذرات سنگین فلزات است.
- شیرابه، خاکستر موجود در دودکش و در نهایت آلودگیهای موجود در گاز دودکش بعنوان سه مشکل اساسی برای زباله سوزها در نظر گرفته می شوند.
- "گرانترین " راه برای تولید انرژی یا مدیریت زباله، سوزاندن زباله هاست. علاوه بر این، زباله سوزها در مقایسه با استفاده مجدد، بازیافت وکمپوست سازی کمترین ارزش افزوده و کمترین شغل را ایجاد میکنند. این روش آلوده ترین روش برای مدیریت زباله، حتی آلوده تر از محلهای دفن زباله و همچنین آلوده ترین روش برای تولید انرژی و بسیار آلوده تر از سوزاندن زغال سنگ است (Energy Justice Network).

پردازشگر کمکی(Co-Processing):

در این روش از زباله برای تولید مواد معدنی و یا سوخت صنایع که بیشترین کاربرد را برای کارخانه های تولید سیمان و فولاد، شیشه، آهک و تولید نیرو دارد، استفاده میشود. در این روش ارزش حرارتی زباله برای مقرون به صرفه بودن طرح حداقل باید بین ۱۰تا۱۵ MJ/Kg باشد که از مزایای این روش می توان موارد زیر را نام برد:



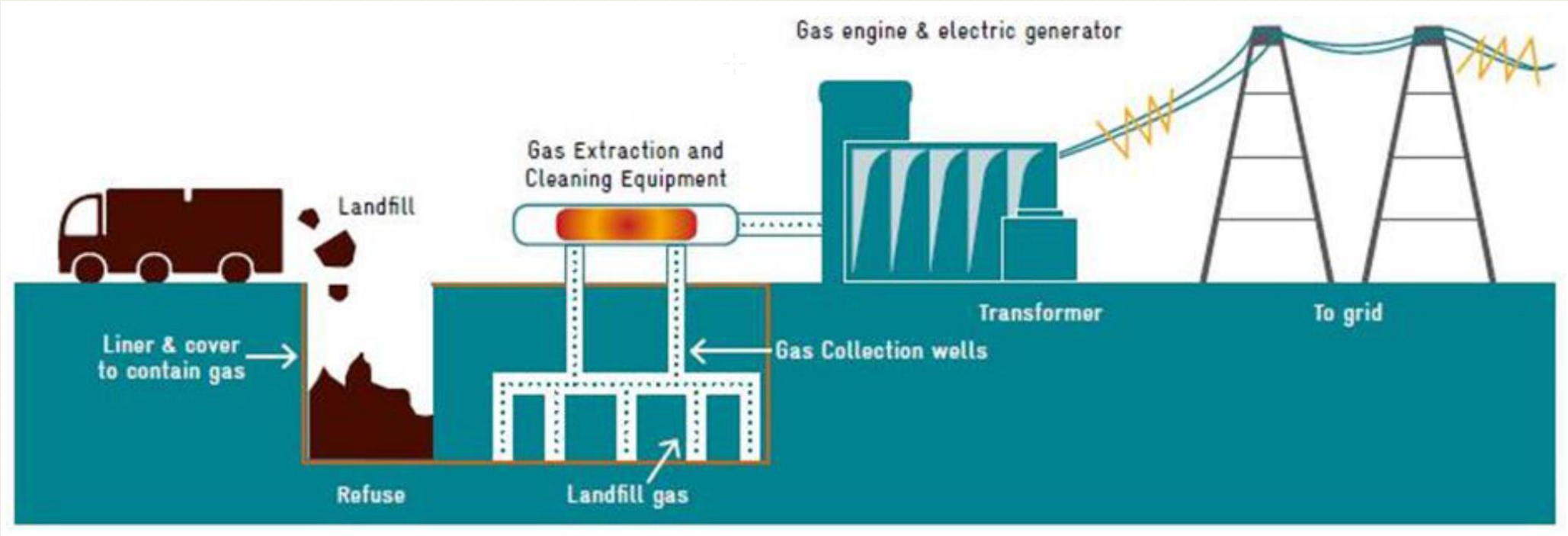
- ❑ کاهش مصرف سوختهای فسیلی و سایر مواد اولیه
- ❑ کاهش انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از دپو و دفن کردن زباله
- ❑ کاهش هزینه های تجهیزات، انتقال و پردازش مواد اولیه
- ❑ کاهش فضای مصرفی برای نگهداری زباله ها و ضایعات



استحصال گاز مرکز دفن(LandfillGasCollection):

در این روش ابتدا ضایعات را در یک سلول مهندسی– بهداشتی دفن میکنند. باید سطح زیر این سلول سطحی عایق باشد تا جلـوی ورود شیرآبه ها به سفره های آبهای زیرزمینی گرفته شود. پس از آن زباله ها را لایه لایه فشرده میکنند ، سپس روی آن را با خاک پر میکنند و براثر تجزیه زباله ها، بیوگاز تولید میشود که از گاز متان آن میتوان برای تولید الکتریسیته استفاده کرد.

چالش موجود در این روش سیستم جمع آوری گاز ایجاد شده و همچنین عایق سازی گودال به منظور جلوگیری از ورود شیرابه های زباله به سفره آب های زیر زمینی می باشد. در این روش امکان استحصال گاز بسیار کمتر از گاز تولیدی در روش هاضم های بی هـوازی مـی باشد لذا در این روش انرژی کمتری تولید خواهد شد.

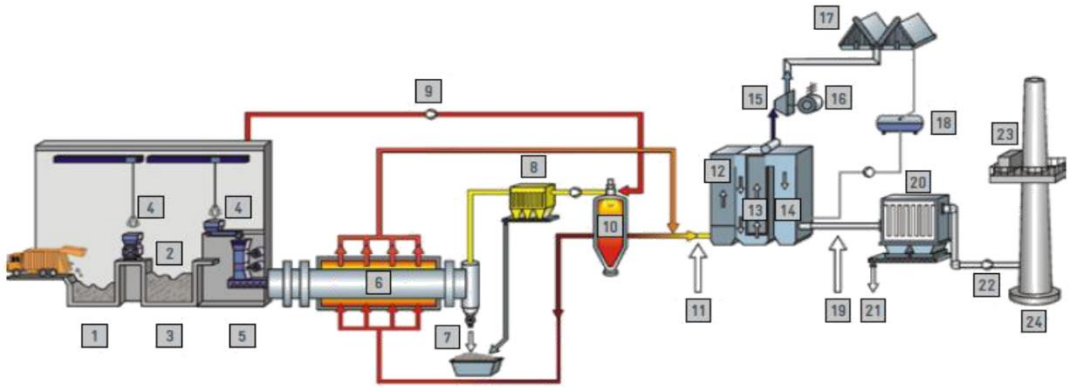


پیرولیز/گازی سازی(Pyrolysis/Gasification):

در این روش تلاش میشود که زباله های جامد به ترکیب گاز یا روغن تبدیل شوند. این روش در مقایسه با سوزاندن زباله، آلودگی کمتری تولید میکند. همچنین از نظر اقتصادی نیز عملکردی مشابه با سوزاندن زباله دارد. ولی تکنولوژی بالاتری و در نتیجه به سرمایه بیشتری نیاز دارد که در حال حاضر در حجم زیاد این روش در ژاپن و آمریکا در حال استفاده است.

فرایندی ترموشیمیایی است که طی آن مواد آلی در اثر گرما تجزیه می‌شوند. این فرایند مشتمل بر تغییر همزمان ترکیب شیمیایی و فاز فیزیکی بوده و فرایندی برگشت‌ناپذیر است.

ارزش حرارتی گاز پیرولیزی بین ۵ تا ۱۵ MJ/m3 بر مبنای نوع زباله است. این روش نیازمند نوع خاصی از زباله ها میباشد. این روش میتواند یک راهکار برای مشکل استفاده از زباله هایی باشد که در سایر روشها کاربرد کمتری دارند باشد، برای مثال خاک، زباله های بیمارستانی و یا زباله های آلوده صنعتی باشد. تنها استفاده ازاین روش در یک مجموعه پیشنهاد نمیشود و بهتر است در کنار باقی روش ها استفاده گردد.



1 Coarse Refuse Bunker
2 Rotary Shears
3 Fine Refuse Bunker
4 Overhead Crane
5 Feeding System
6 Pyrolysis Kiln
7 Discharging System
8 Hot Gas Filter
9 Combustion air fan
10 Combustion Chamber
11 Selective non-catalytic reduction
12 Evaporator
13 Superheater
14 Economiser
15 Turbine
16 Generator
17 Condensor
18 Feed Water Tank
19 Additive Metering Hopper
20 Fibrous Filter
21 Filter Dust Discharging
22 Induced Draught Ventilator
23 Emissions Monitoring System
24 Stack

مقایسه تکنولوژی های مدیریت پسماند از نظر میزان انتشار گازهای گلخانه ای، وزن پسماند و انرژی بازیابی شده

Technology	GHG Emissions	Weight of residue	Energy Recovery
Landfill *	746.5 kg_CO2_eq/ton	1,000 kg_residue/ton	217.3 kWh_elec/ton
Incineration	424.4 kg_CO2_eq/ton	180 kg_residue/ton	544 kWh_elec/ton
Pyrolysis	412.1 kg_CO2_eq/ton	120 kg_residue/ton	685 kWh_elec/ton
Gasification	412.1 kg_CO2_eq/ton	120 kg_residue/ton	685 kWh_elec/ton
Composting	118 kg_CO2_eq/ton	0 kg_residue/ton	0 kWh_elec/ton
Anaerobic Digestion **	0 kg_CO2_eq/ton	0 kg_residue/ton	612.5 kWh_elec/ton

*: with CH4 capture and electricity production

**: no electricity production (product: biogas)

وضعیت فناوری هاضم های بی هوازی در جهان

تاریخچه

- شواهد تاریخی از آشور و ایران حاکی از استفاده از بیوگاز برای گرم کردن آب حمام در اوایل قرن دهم قبل از میلاد است.
- در قرون وسطی، ژان باپتیست ون هلمونت تولید گاز قابل احتراق را از تجزیه مواد آلی در برکه ها و باتلاق ها مشاهده کرد.
- بعداً، السالندرو ولتا مجموعه‌ای از آزمایش‌ها را بر روی گاز قابل احتراق که از رسوبات مرداب جمع‌آوری شده بود، انجام داد و یک همبستگی مستقیم بین ماده آلی تخریب شده و تولید گاز مشاهده کرد.
- در سال ۱۸۰۸، همفری دیوی کشف کرد که فضولات گاوی هضم شده به صورت بی هوازی متان تولید می کند که امکان تولید گاز قابل احتراق از کود را ایجاد می کند .

Jay N. Meegoda, Brian Li, Kush Patel and Lily B. Wang; October 2018; A Review of the Processes, Parameters, and Optimization of Anaerobic Digestion;
International Journal of environmental research and public health

خلاصه ای از تکنولوژی‌های تولید انرژی از پسماند مورد استفاده فعلی در سراسر جهان

منطقه	تکنولوژی اصلی مورد استفاده	دلایل کاربرد تکنولوژی	چشم انداز توسعه
ایالات متحده	۱– زباله سوزی ۲– سوزاندن گاز دفنگاههای متوسط تا بزرگ	۱– کاهش گازهای گلخانه ای ۲– قوانین EPA و هزینه‌های دفن ۳– آگاهی زیست محیطی جامعه ۴– سوبسید دولتی	۱– رکود بازار زباله سوزی ۲– استفاده بیشتر از پتانسیل محل‌های دفن برای تولید انرژی
اتحادیه اروپا	۱– زباله سوزی ۲– سوزاندن گاز دفنگاههای متوسط تا بزرگ ۳– هضم بی هوازی به طور عمده در آلمان و دانمارک که دارای روند صعودی می‌باشد	۱– کمبود زمین ۲– قوانین اتحادیه اروپا / ملی در خصوص محدود کردن دفن مواد آلی ۳– قوانین مربوط به انرژی‌های تجدید پذیر ۴– سیاست‌های اتحادیه اروپا در زمینه تامین انرژی	۱– ارتقا تکنولوژی‌های زباله سوز فعلی و افزایش تعداد زباله سوزها ۲– گسترش هضم بی هوازی ۳– کاهش محل‌های دفن و استحصال گاز از آنها
ژاپن	۱– زباله سوز ۲– هضم بی هوازی پسماندهای شهری در مقیاس ناچیز ۳–استفاده از گاز دفنگاه (اکثرا برای تولیدحرارت محدود)	۱– کمبود زمین ۲– نیاز بیش از حد به انرژی ۳– وابستگی به منابع انرژی خاورمیانه و عدم اطمینان از تامین منابع فوق ۴– سوبسید مستقیم دولتی به زباله سوزها	۱– گسترش تولید انرژی از زباله سوزی ۲– روند افزایشی در بازیافت و کاهش از مبدأ ۳– کاهش سوبسید دولتی
چین	۱– هضم بی هوازی ۲– زباله سوزی	۱– کمبود زمین در نواحی شهری ۲– هزینه انرژی ۳– منابع انرژی	۱– استفاده بیشتر از گاز دفنگاه ۲– افزایش چشمگیر در ظرفیت تولید انرژی از پسماند ۳– کاهش چشمگیر در انتشار آلاینده‌ها
خاور دور	۱– زباله سوزی ۲– هضم بی هوازی ۳– احتراق گاز دفنگاه	۱– هزینه انرژی ۲– کمبود زمین	۱– افزایش چشمگیر در ظرفیت تولید ۲– کاهش چشمگیر در انتشار آلاینده‌ها
اروپای شرقی و مرکزی – آمریکای لاتین– خاور میانه	۱– گاز دفنگاه ۲– زباله سوز ۳– هضم بی هوازی در اروپای شرقی	۱– کمبود زمین درشهرهای بزرگ ۲–مشوق ها و تاکیدات اتحادیه‌های اروپا در اروپای مرکزی و شرقی	۱– توسعه بیشتر پروژه‌های تولید انرژی از پسماند در آینده نزدیک بویژه در اروپای مرکزی و شرقی ۲– استفاده بیشتر از گاز دفنگاه برای تولید نیرو

WASTE ATLAS™

Powered by D-WASTE™ waste management for everyone

Partners

UNIVERSITY OF LEEDS · ISWA International Solid Waste Association · SWEEPNET · WIERT · SWAPI

Choose Data Category

Search our data.

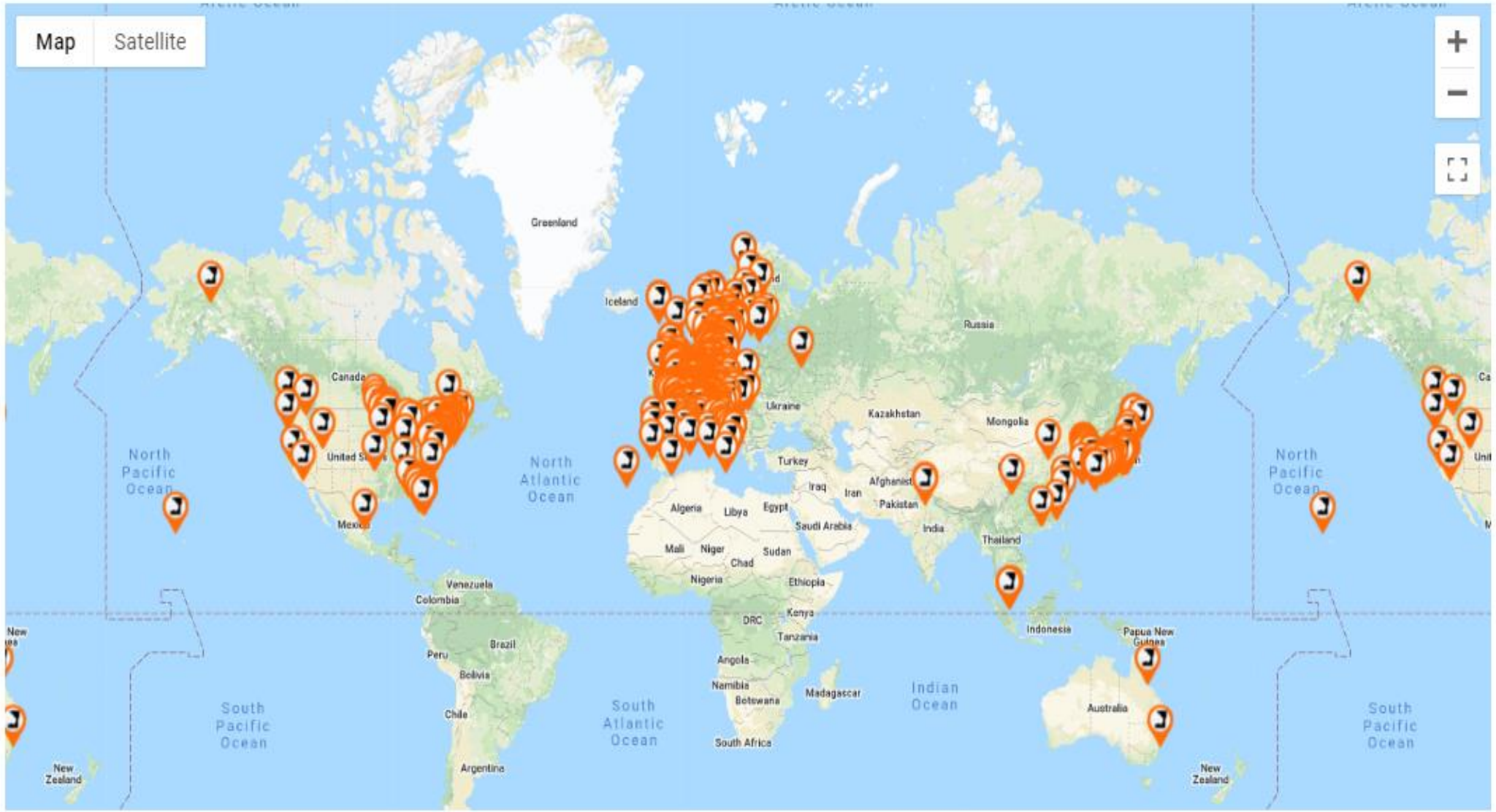
- [ ] Country Data
- [ ] City Data
- [ ] Dumpsites
- [ ] Sanitary Landfills
- [ ] MBT
- [x] WtE
- [ ] Biological Treatment

Available on the App Store

Get it on Google play

Like Share

Search address/place



WASTE ATLAS™

Powered by D-WASTE™ waste management for everyone

Partners

UNIVERSITY OF LEEDS · ISWA International Solid Waste Association · SWEEPNET · WIERT · SWAPI

Choose Data Category

Search our data.

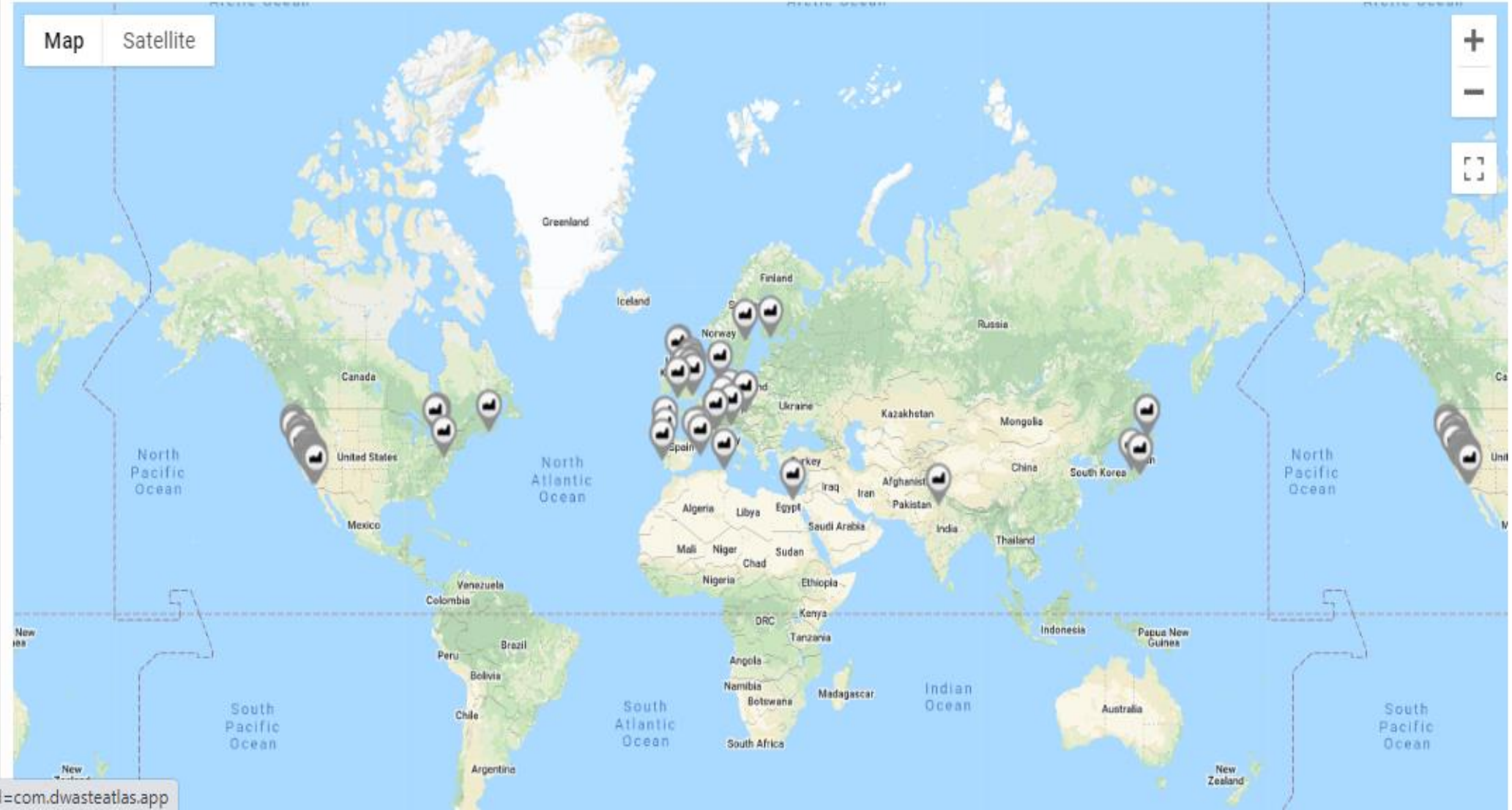
- [ ] Country Data
- [ ] City Data
- [ ] Dumpsites
- [ ] Sanitary Landfills
- [ ] MBT
- [ ] WtE
- [x] Biological Treatment

Available on the App Store

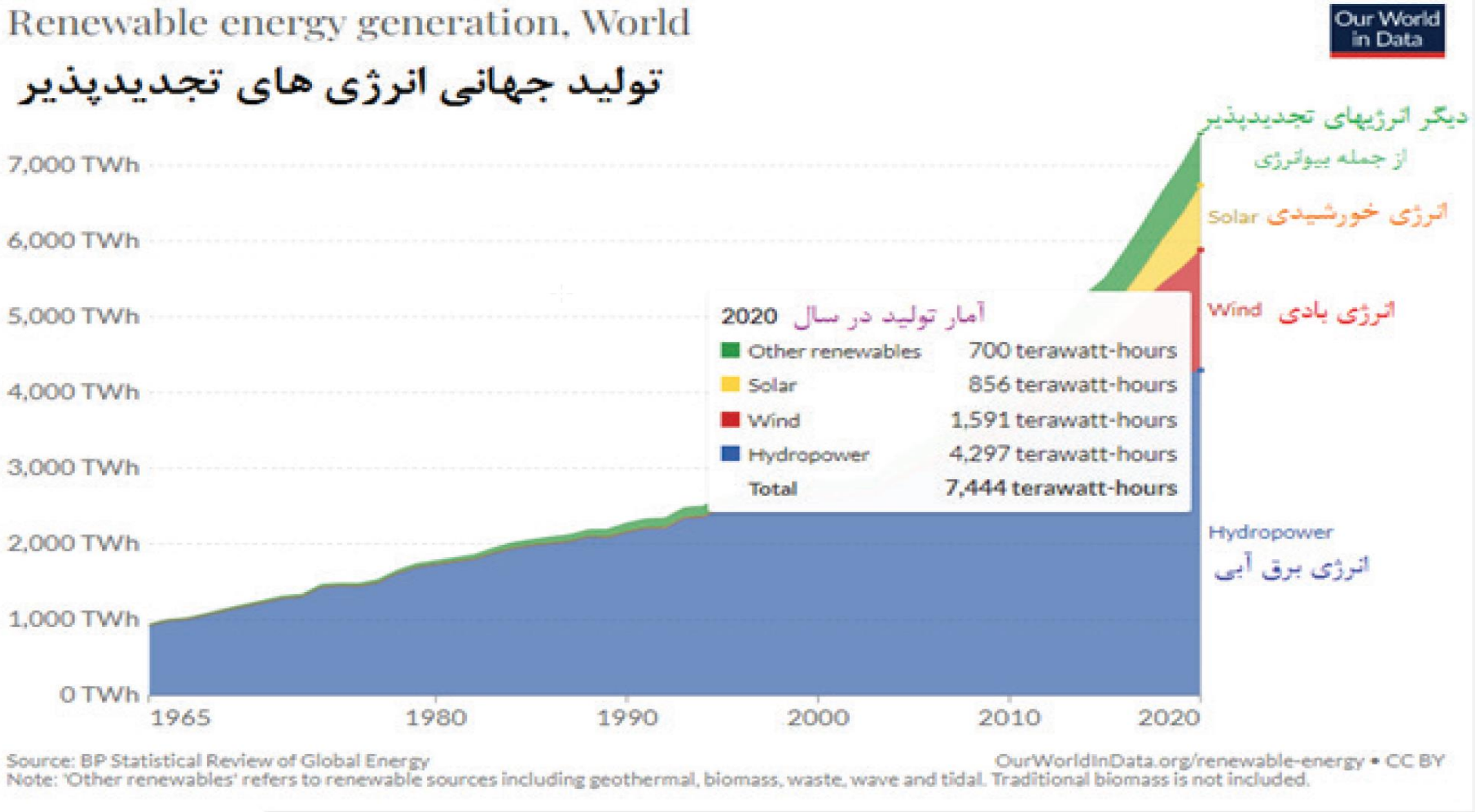
Get it on Google play

Like Share

Search address/place

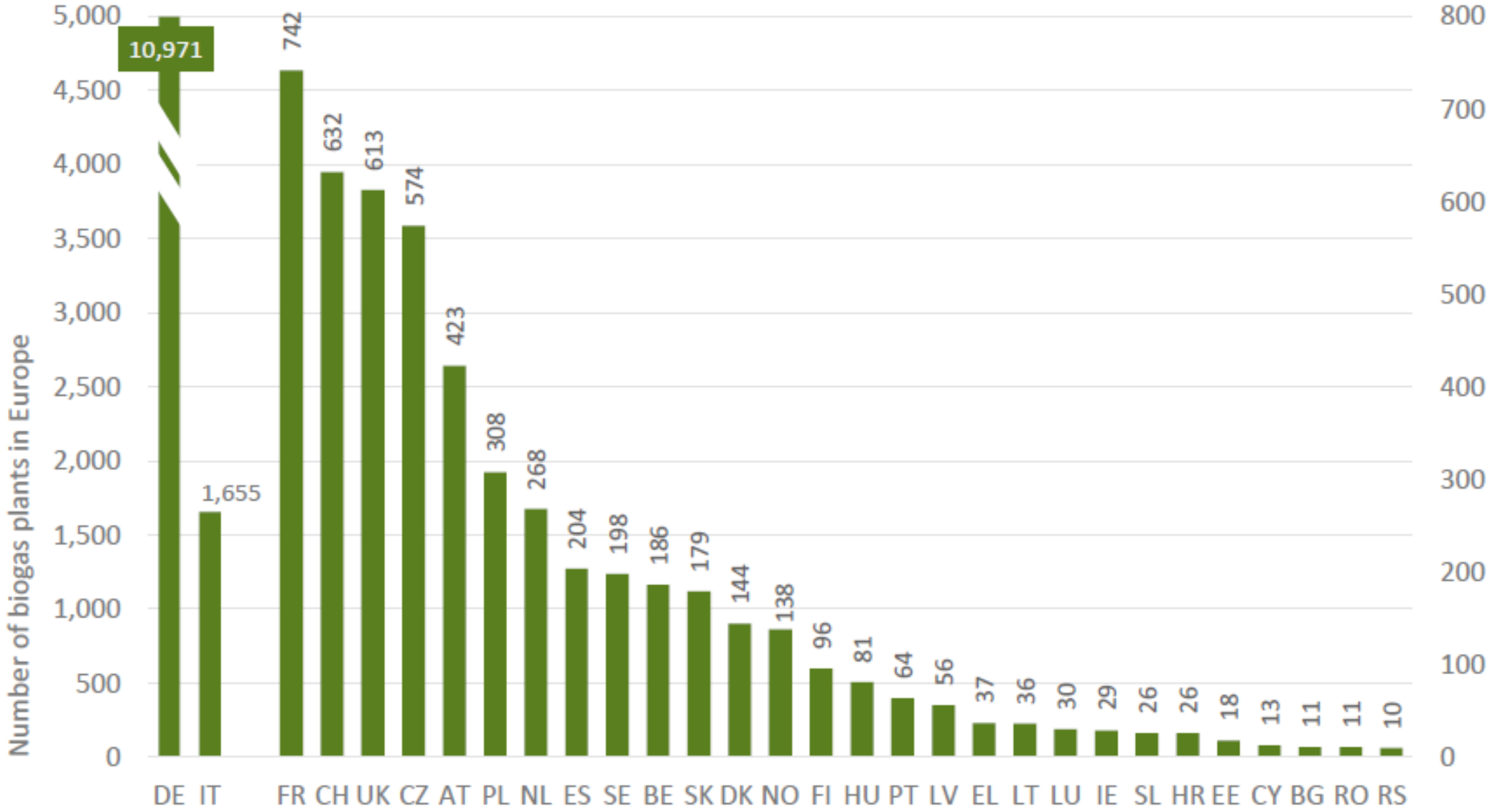


https://play.google.com/store/apps/details?id=com.dwasteatlas.app



روند افزایش تولید انرژ یهای تجدیدپذیر در پنج دههٔ گذشته

https://ourworldindata.org/renewable-energy



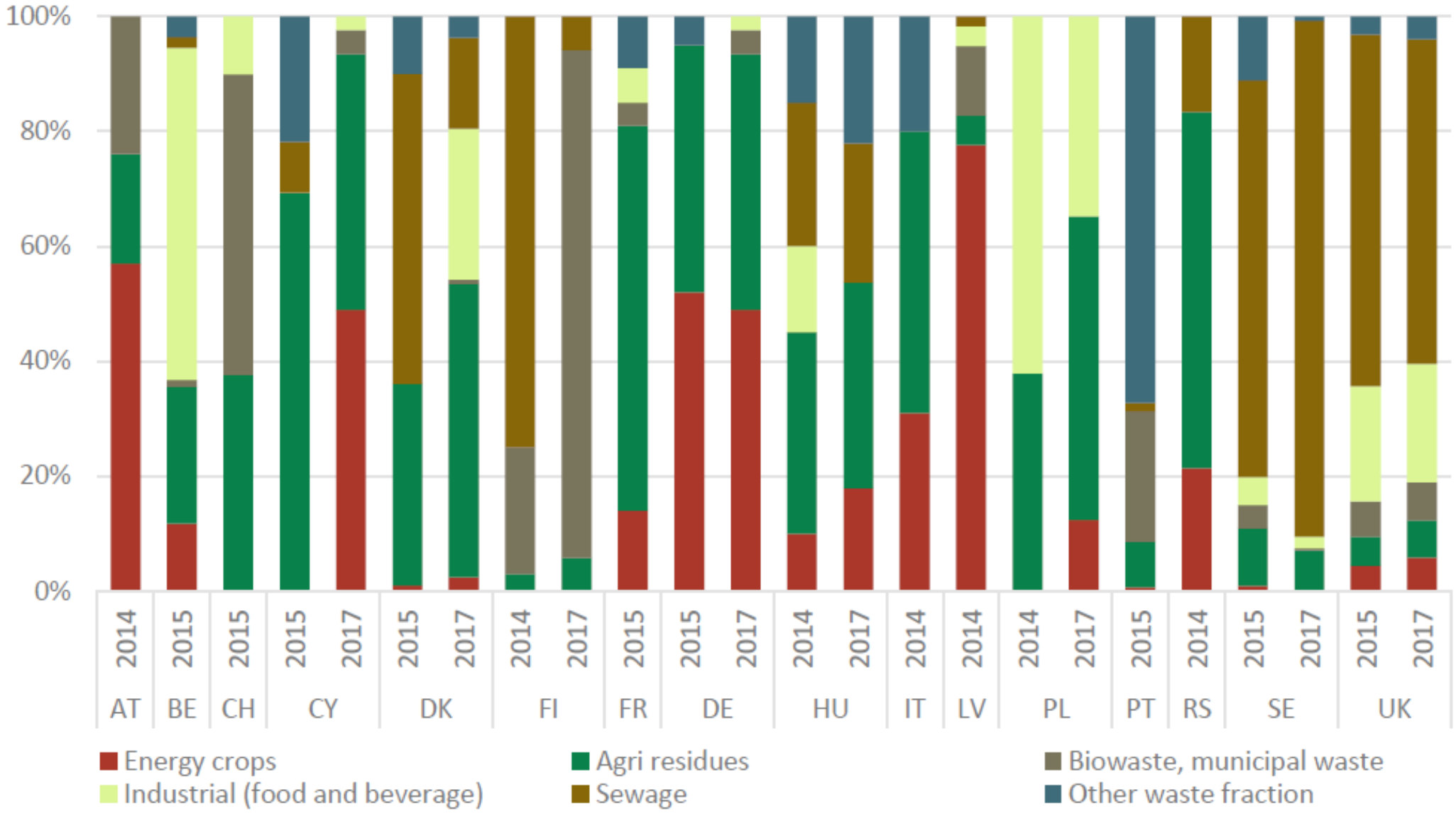
تعداد واحدهای بیوگاز در کشورهای اروپایی

Statistical Report 2018 Annual Statistical Report of the European Biogas Association European Overview Chapter

تولید و استفاده از بیوگاز در سراسر جهان

در برخی از کشورها ، مانند آلمان و چین ، در دهه گذشته بیوگاز رشد سریعی داشته اند ، صنعت بیوگاز در کشورهای دیگر به تازگی در حال ظهور است. در سطح جهانی ، ظرفیت تولید بیوگاز در سال ۲۰۱۷ به ۱۶.۹ گیگاوات رسید ، در حالی که در سال ۲۰۰۸ ۶.۷ گیگاوات بـــود. جدول ذیل ظرفیت بیوگاز را در مناطق مختلف جهان از سال ۲۰۰۸ نشان می دهد (IRENA 2018).

	World	Africa	Asia	Central America + Caribbean	Eurasia	Europe	Middle East	North America	Oceania	South America
2008	6699	14	83	4	34	4474	12	1715	260	103
2009	8241	14	152	4	56	5873	16	1728	267	131
2010	9467	14	261	4	72	6871	24	1793	270	159
2011	11358	16	337	10	91	8471	32	1946	271	184
2012	13137	19	435	10	134	9752	34	2257	275	222
2013	13872	20	585	12	163	10141	39	2425	265	223
2014	14880	20	764	11	205	10770	47	2547	274	243
2015	15482	35	860	19	253	11183	58	2524	278	273
2016	16440	36	978	20	298	11620	58	2610	278	543
2017	16915	40	1115	23	347	12064	58	2634	279	355



انواع مواد خام برای تولید بیوگاز در کشورهای اروپایی (به جز دفن پسماند)، با درصد جرمی

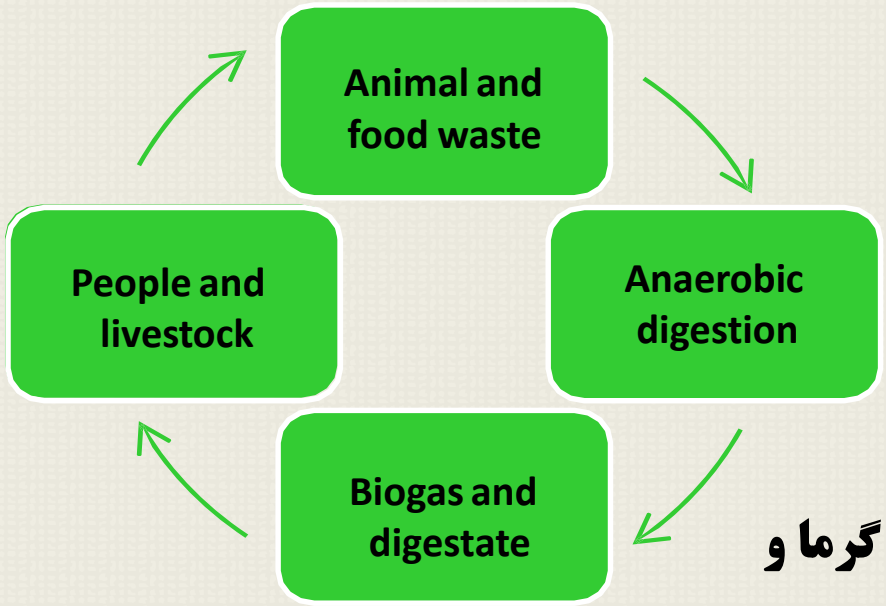
Statistical Report 2018 Annual Statistical Report of the European Biogas Association European Overview Chapter

واحدهای بیوگاز روستایی

- چین : بیش از ۲۰.۰۰۰.۰۰۰واحد بیوگاز خانگی
- هند : ۴.۰۰۰.۰۰۰ واحد بیوگاز خانگی
- ویتنام : ۱۰۰.۰۰۰ واحد بیوگاز خانگی
- کامبوج ، لائوس ، اندونزی، نپال : ۲۲۵.۰۰۰ واحد بیوگاز خانگی
- افریقا (کنیا ، اوگاندا) : ۷۵۰۰۰ واحد بیوگاز خانگی
- امریکای لاتین : به شکل محدود واحد بیوگاز خانگی

آشنایی با فناوری هاضم بیهوازی

تعاریف:



Anaerobicdigestion(هضم بی‌هوازی) فرآیندی طبیعی است که در غیاب اکسیژن،ماده آلی را می‌شکند تا گازی که به بیوگاز شناخته می‌شود را آزاد کند و یک باقی مانده آلی دارد که ماده هضم شده نامیده میشود .

Biogas ترکیبی از متان، دی‌اکسید کربن و آب است و می تواند الکتریسیته و گرما و یا به عنوان جایگزینی گاز طبیعی مورد استفاده قرار گیرد.

Digestate ماده هضم شده یک محصول غنی از مواد مغذی است و می‌تواند به عنوان کود و بهبود دهنده خاک استفاده شود.

Biomethane بیو متان شکل پاکی از بیوگاز که ۹۸ درصد آن متان است.

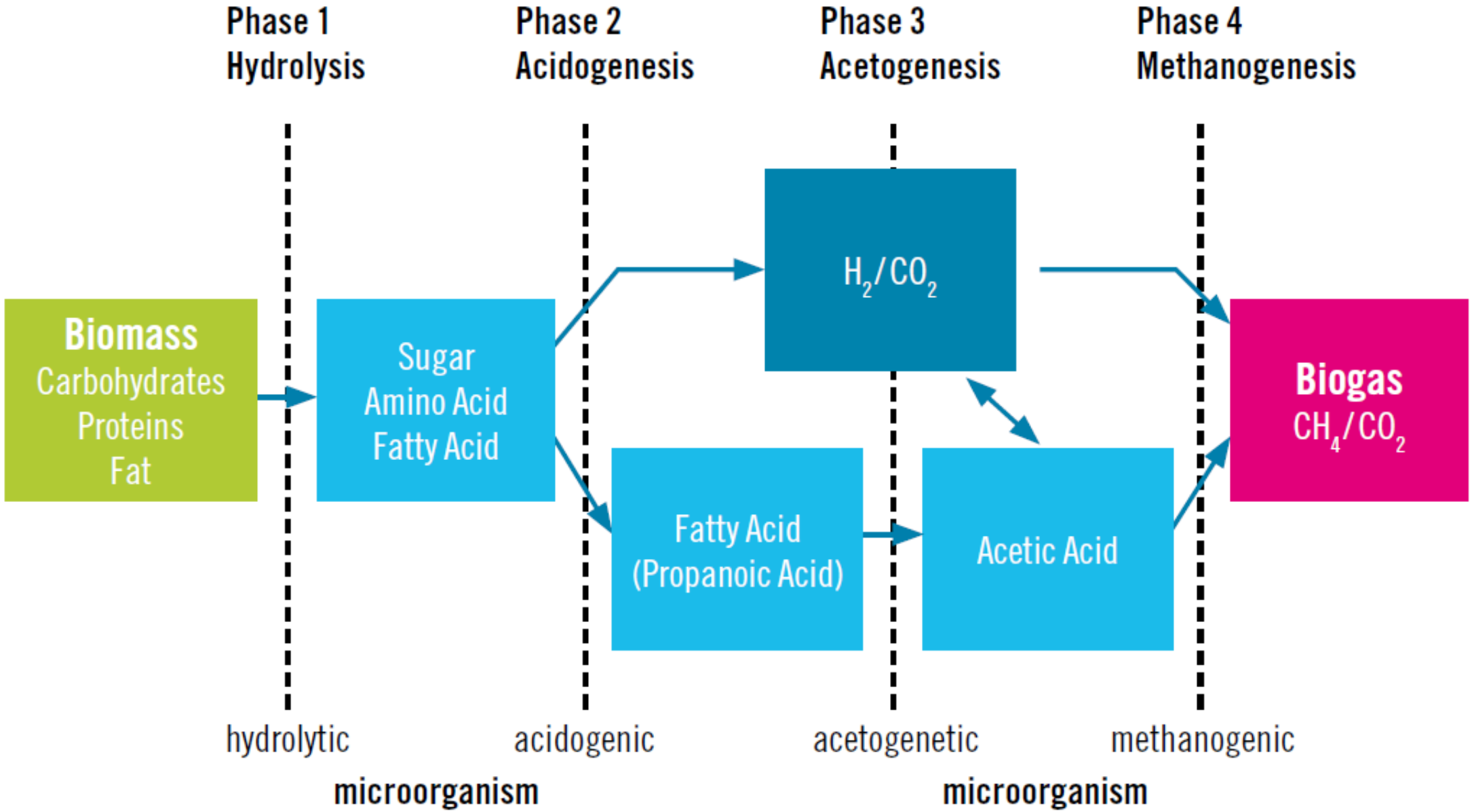
Biogas plant کارخانه هاضم مجموعه ای ازتجهیزات برای ذخیره سازی مواد اولیه ، هضم بی هوازی زیست توده، ذخیره سازی و ارتقاء بیوگاز و ذخیره سازی مواد هضم شده.

برای خالص سازی یا ارتقاء بیوگاز به درصد متان بالاتر، باید شامل تاسیسات خنک کننده، فشرده سازی، گرمایش، جداسازی و واکنش باشد.

برخی ویژگیهای بیوگاز

- بیوگاز حدود ۱۰٪ از هوا سبکتر است
- درجه حرارت احتراق آن ۷۵۰–۶۵۰ سلسیوس است.
- گازی بیرنگ و بی بو بوده و با شعله آبی رنگ می سوزد.
- ارزش حرارتی آن ۲۰ مگاژول به ازای هر متر مکعب بوده و با بازدهی ۶۰٪ در موتورهای بیوگازسوز می سوزد.

فرایند تولید بیوگاز



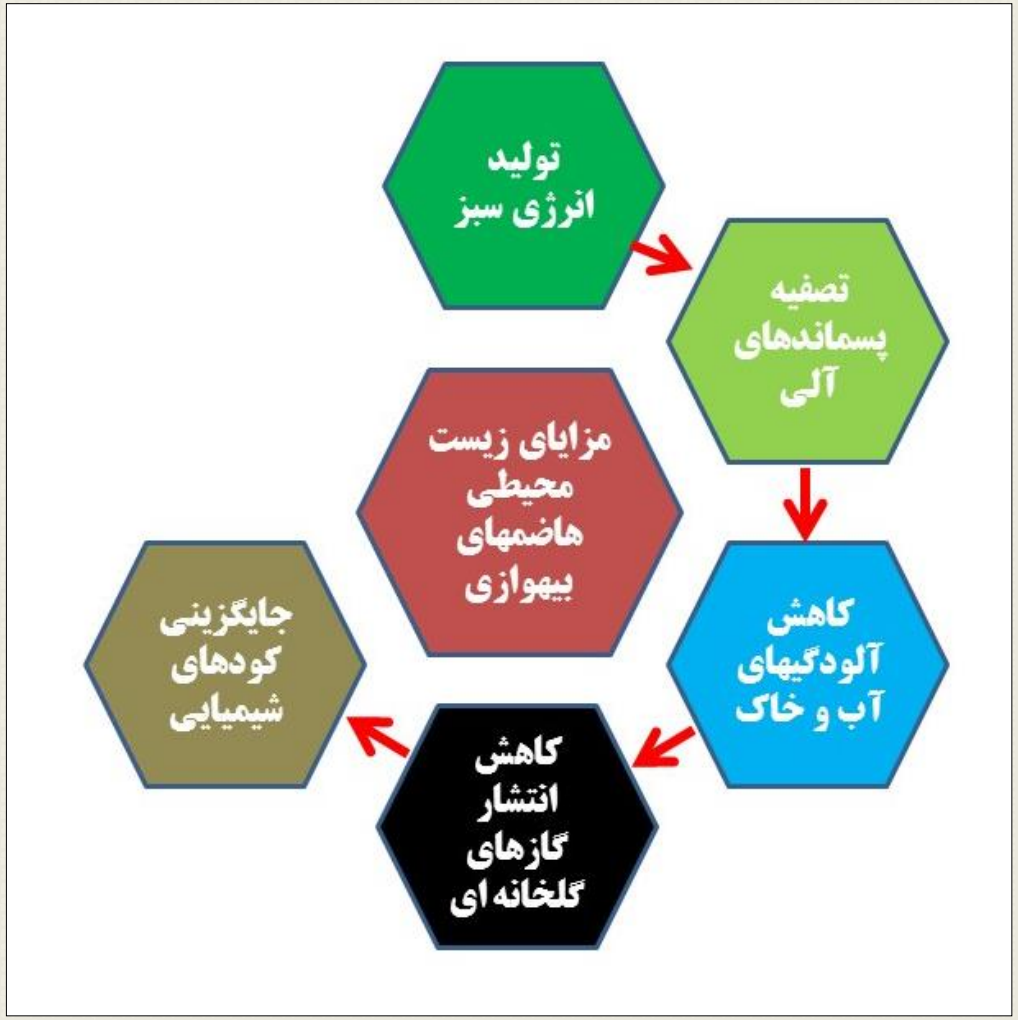
چرا باید از هضم بی هوازی استفاده کنیم

- در سال ۲۰۱۵ ، سازمان ملل متحد ۱۷ هدف توسعه پایدار (SDG) و ۱۶۹ هدف را به عنوان بخشی از مشارکت جهانی به تصویب رساند. صنعت بیوگاز برای دستیابی به ۹ مورد از این اهداف توسعه پایدار بیشتر، از هر بخش دیگری مناسب است (انجمن جهانی بیوگاز، ۲۰۱۷).
- این ۹ برنامه توسعه پایدار به امنیت غذایی و انرژی ، رفاه ، برابری جنسیتی ، مدیریت پایدار آب و بهداشت ، مناطق و شهرهای مقاوم ، صنعتی شدن پایدار و مقابله با تأثیرات تغییرات آب و هوایی مربوط می شود.

❖ sustainable development goals

- **چند منظوره بودن واضح ترین نقطه قوت هاضمها است.**
- **سیستم های جامع بیوگاز شامل فرآیندهای تصفیه پسماند ، حفاظت از محیط زیست ، کاهش گازهای گلخانه ای ، تبدیل مواد کم ارزش به مواد با ارزش بیشتر(تولید کودهای زیستی) ، تولید برق ، ابزاری برای محافظت از کیفیت آب در نهرها و سفره های زیرزمینی ، گرما و سوخت های زیستی پیشرفته گازی است. بیوگاز قابل ارسال(dispatchable) است و به همین دلیل می توانند موجب تسهیل در تولید برق متناوب تجدیدپذیر شود.**

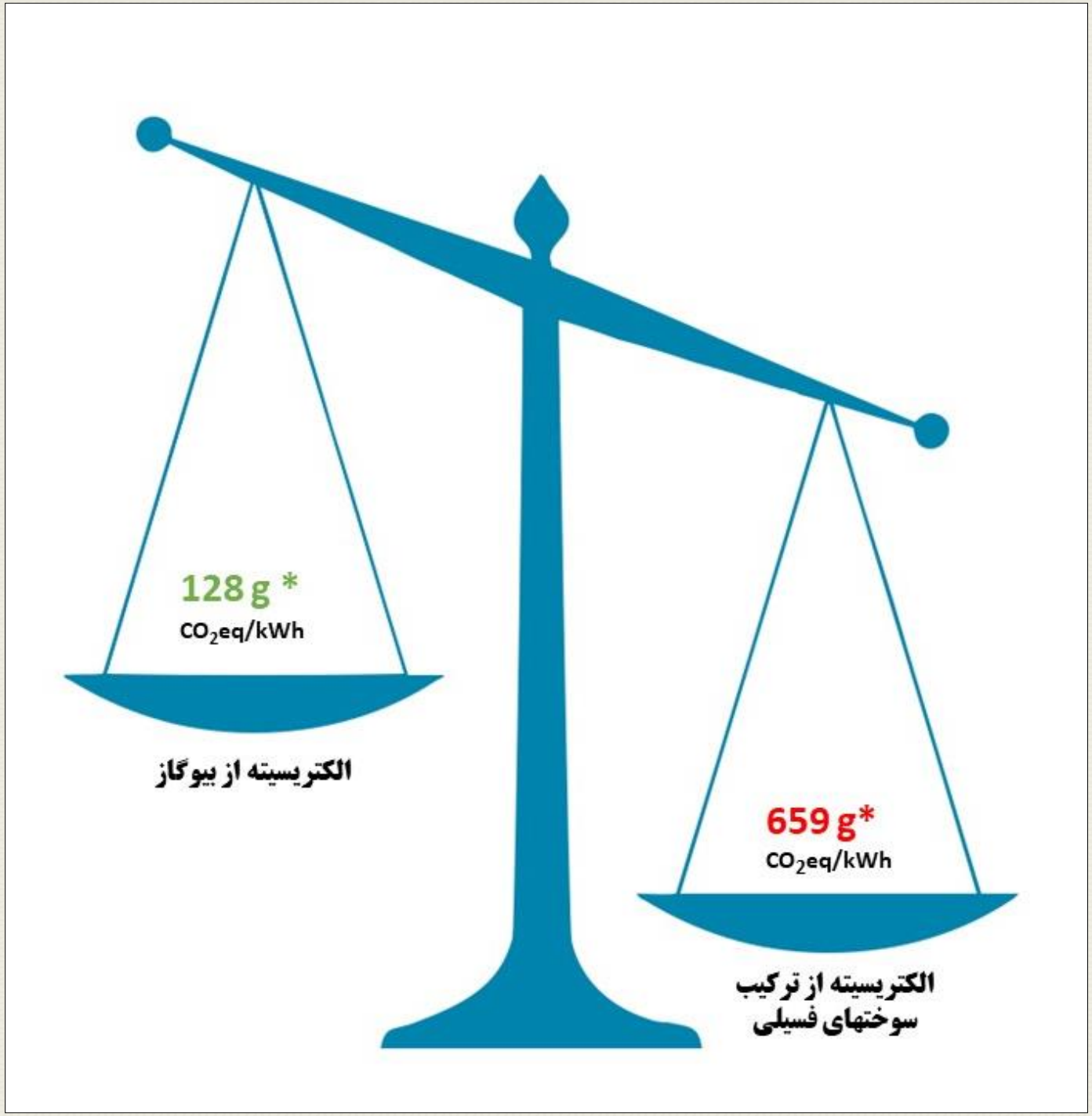
مزایای هضم بی هوازی بخش فسادپذیر پسماند جامد شهری



1. کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و کاهش گرمایش جهانی
2. کاهش وابستگی به سوخت های فسیلی
3. کمک به اهداف انرژی و زیست محیطی جهانی
4. کاهش پسماندها
5. ایجاد شغل
6. استفاده نهایی انعطاف پذیر و کارآمد از بیوگاز
7. ورودی آب کم(مصرف حداقلی)
8. ماده هضم شده یک کود عالی است
9. چرخه مواد مغذی بسته
10. انعطاف پذیری برای استفاده از مواد اولیه مختلف
11. کاهش بو و مگس

Panigrahi, S. and B.K. Dubey, A critical review on operating parameters and strategies to improve the biogas yield from anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste. Renewable Energy, 2019.

مقایسه انتشار از هضم پسماند و سوخت‌های فسیلی



بیوگاز نوعی تولید انرژی تقریباً خنثی از نظر کربن است .

کاهش ردپای کربن

به عنوان مثال، در آلمان سالانه با هضم پسماندهای آلی، از تولید نزدیک به ۲ میلیون تن کربن دی اکسید جلوگیری میشود.

سرانۀ ردپای کربن به طور میانگین برای هر شهروند آلمانی حدود ۱۰ تن در سال است. تقریباً از طریق هضم پسماند میتوان میزان انتشار کربن دی اکسید ۲۰۰ هزار نفر را خنثی کرد.

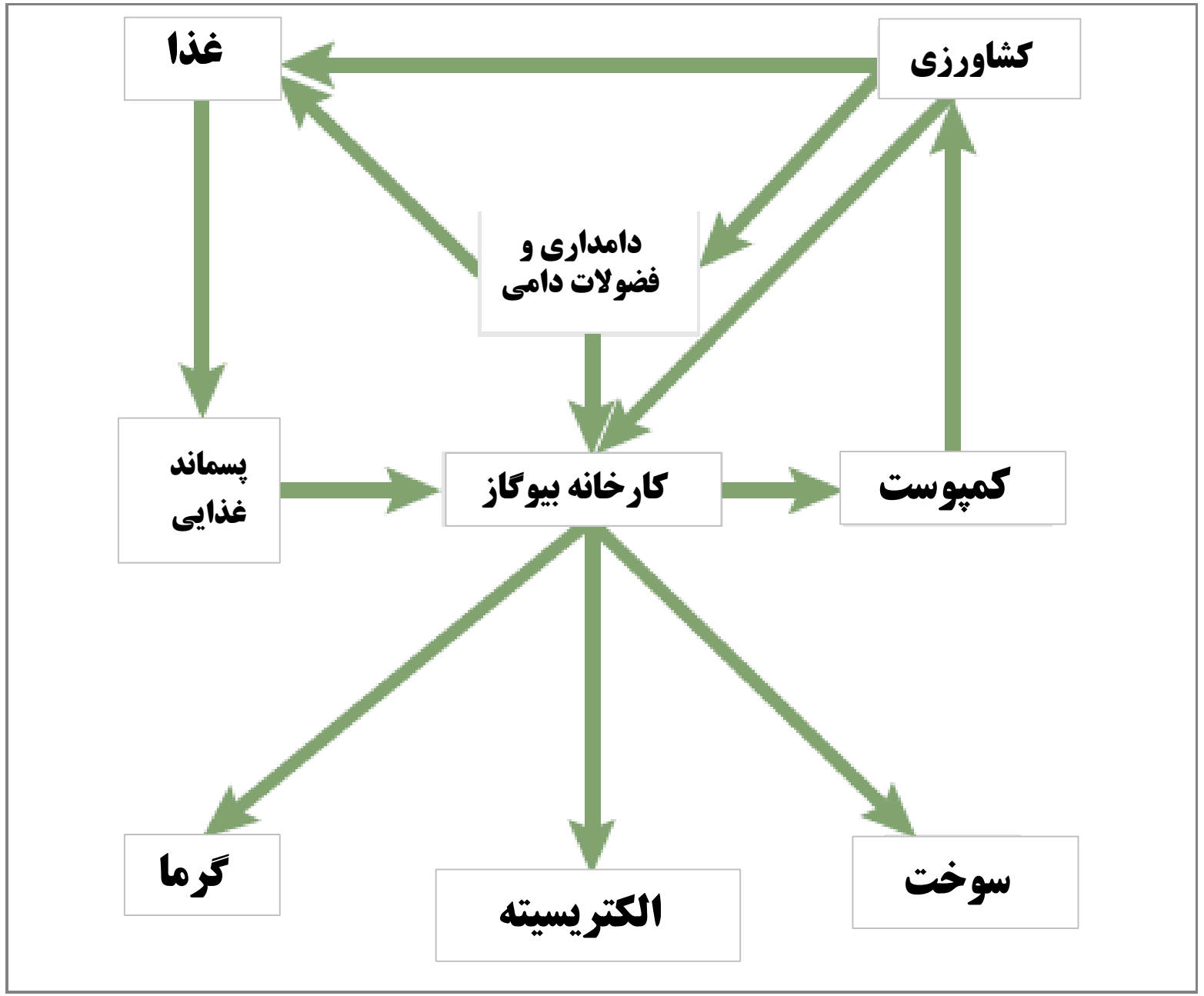
به گزارش کنوانسیون تغییر اقلیم، ایران در سال ۲۰۱۷ از نظر تولید گاز دی اکسیدکربن رتبۀ هفتم دنیا را داشته است. با توجه به اینکه سوختهای فسیلی در مرتبۀ اول تولید انرژی هستند، استفاده از انرژ یها ی تجدیدپذیر در جهت کاهش انتشار گاز دی اکسیدکربن و همچنین، کمی کردن میزان انتشار با استفاده از ابزاری مانند ردپای کربن میتواند به کاهش اثرات تغییر اقلیم کمک کند.

اثرات اقتصادی استفاده از بیوگاز

- تولید انرژی پایدار و غیر متمرکز
- ایجاد درآمد از طریق فروش انرژی (بیوگاز ، برق ، حرارت) ، کود آلی قابل استفاده در کشاورزی و توسعهٔ فضای سبز
- تصفیهٔ مواد آلی بدون هزینه های دراز مدت بعدی نظیر آلودگی آب و خاک
- استحصال موادقابل بازیافت همراه زباله های آلی (فلز ، شیشه ، کاغذ و پلاستیک) و فروش آن به صنایع بازیافت
- بهینه سازی خاک و بهره وری در کشاورزی بدلیل استفاده از کود آلی و اثرات دراز مدت آن در اصلاح ساختار خاک و حاصلخیزی آلی
- کاهش مصرف کود شیمیایی به خاطر تولید کود آلی و کاهش تقاضا برای سموم دفع آفات و علف های هرز و همچنین کاهش تقاضا برای سوخت های فسیلی
- فروش CDM

اثرات اجتماعی استفاده از بیوگاز

- افزایش اشتغال
- بهبود معیشت
  - کیفیت زندگی
  - بهداشت و سلامتی
  - آموزش
  - امنیت غذایی
- بهینه سازی وضعیت شهرها و نمای خیابانها
- بهینه سازی وضعیت بهداشتی به خصوص برای افرادی که با پسماندها در ارتباطند



مزایای سیستم های جامع بیوگاز

سیستم های بیوگاز یکپارچه در اصل سیستم پسماند صفر هستند که استفاده بهینه از طبیعت را برای تولید انرژی و مواد مغذی در چرخه یکپارچه هم افزایی فرایندهای سودآوری که در آن محصولات جانبی هر فرآیند به عنوان ماده اولیه فرآیند دیگر استفاده می شود .

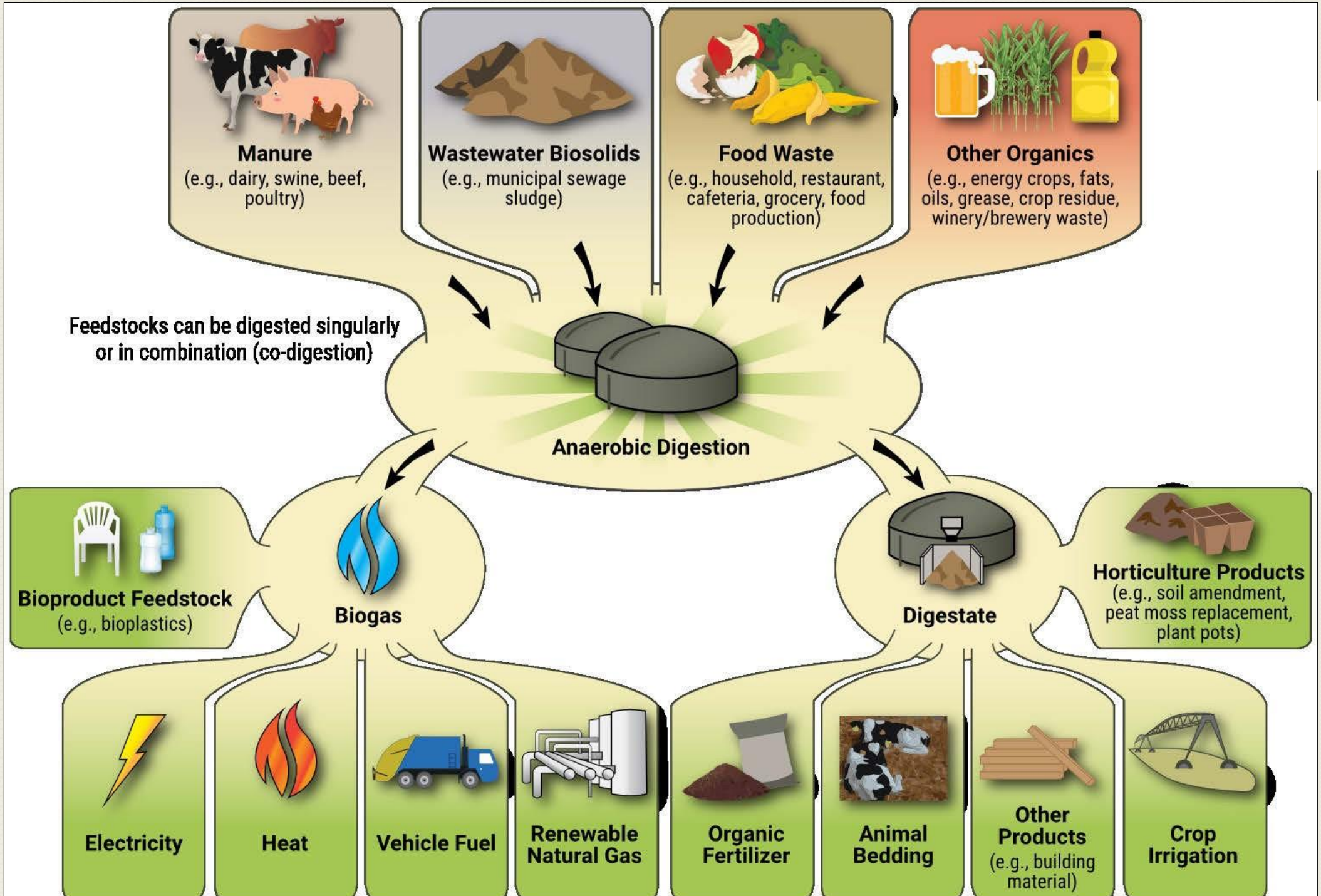
❋❋❋
سیستم‌های جامع بیوگاز یک چرخه کامل را تشکیل می‌دهند
❋❋❋

هضم بیهوازی برای چه گروه هایی مناسب است؟

- آیا مواد اولیه مناسبی برای هضم بی هوازی دارید؟
- آیا از انرژی تجدید پذیر یا سوخت استفاده می کنید؟
- آیا می خواهید مدیریت پسماند خود را بهبود ببخشید؟
- آیا می خواهید میزان انتشار گازهای گلخانه ای را کاهش دهید؟

اگر به یک یا چند سوال فوق پاسخ مثبت دادید ...

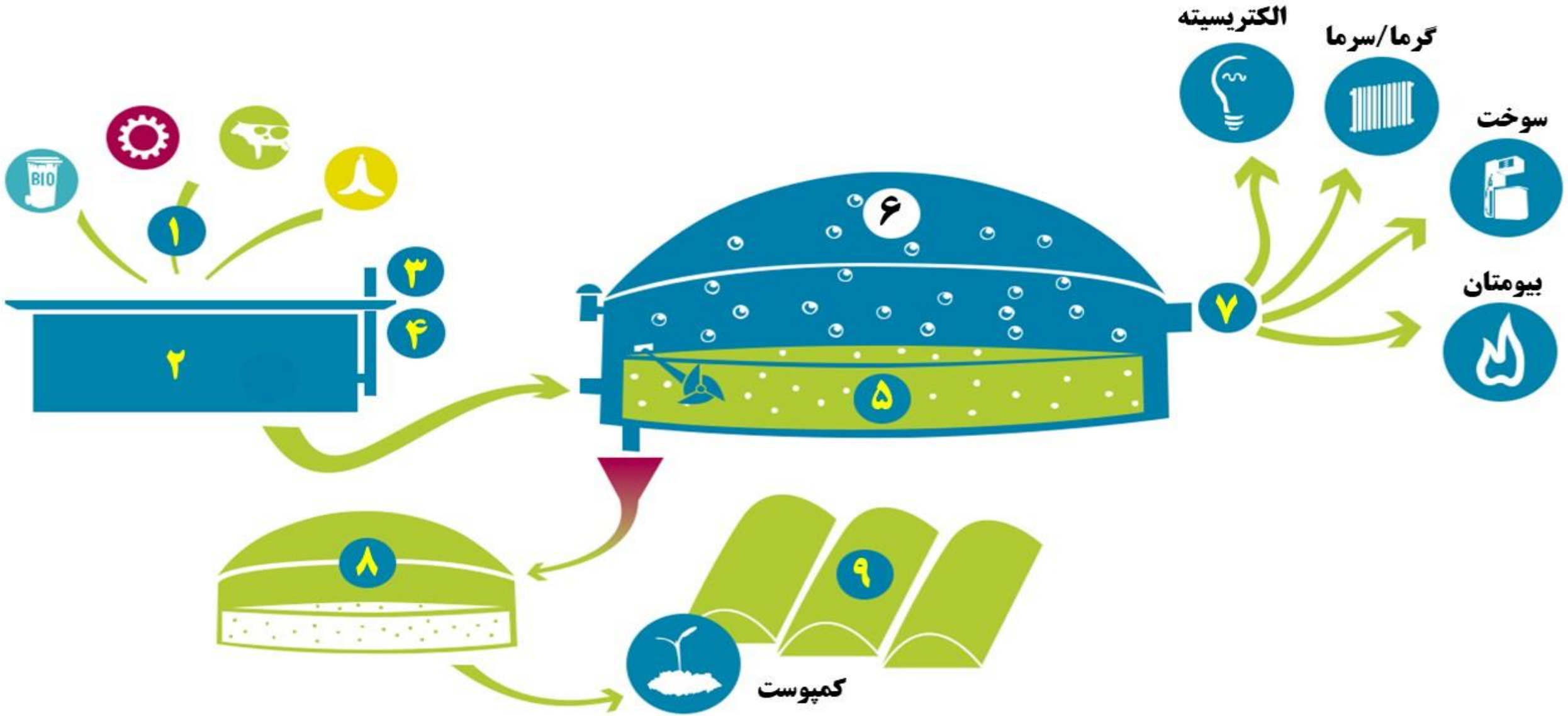
هضم بی هوازی ممکن است برای شما مناسب باشد!



نمودار جریان سیستم پایه هضم بیهوازی – بیوگاز

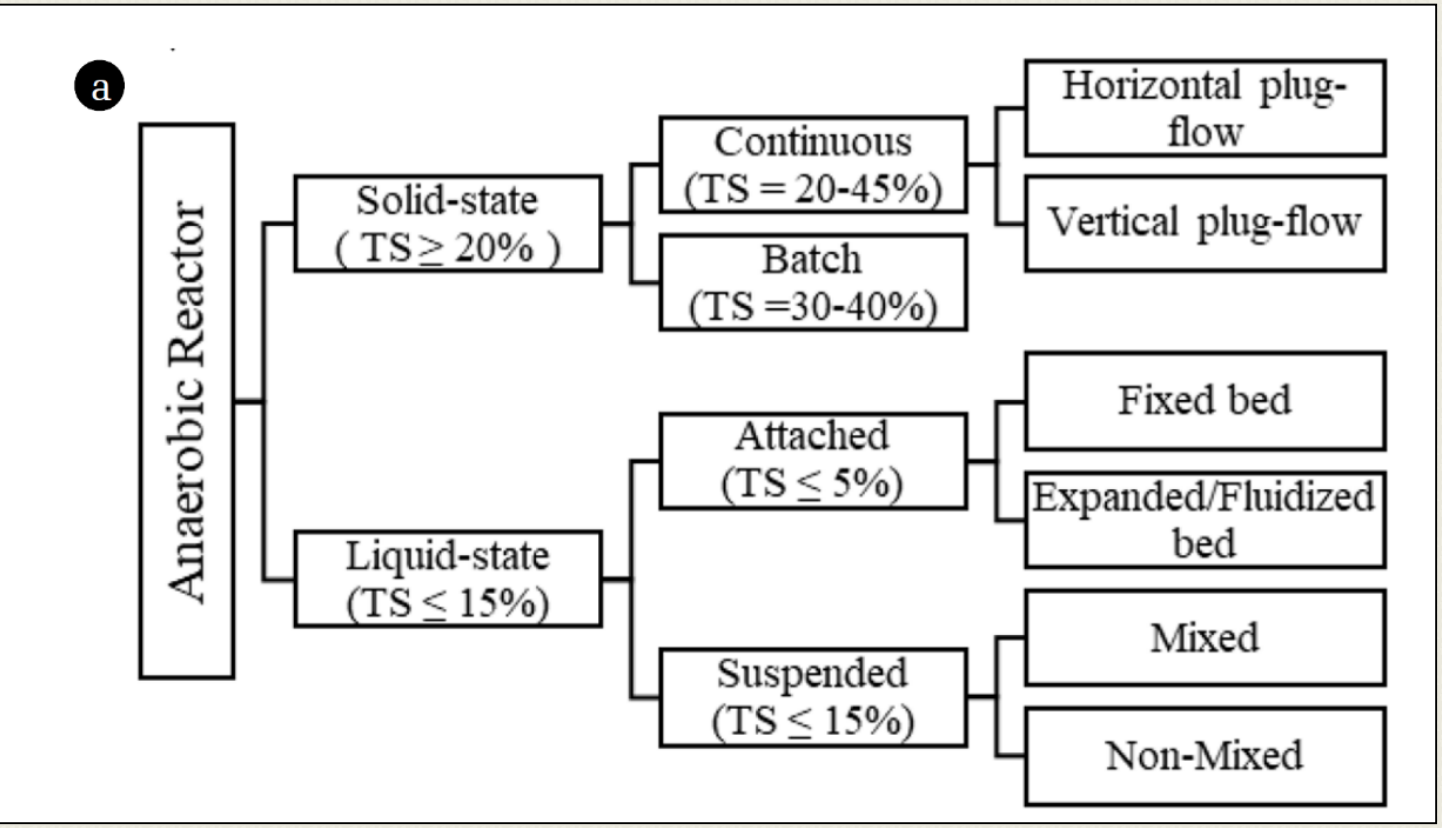
AgSTAR Project Development Handbook,

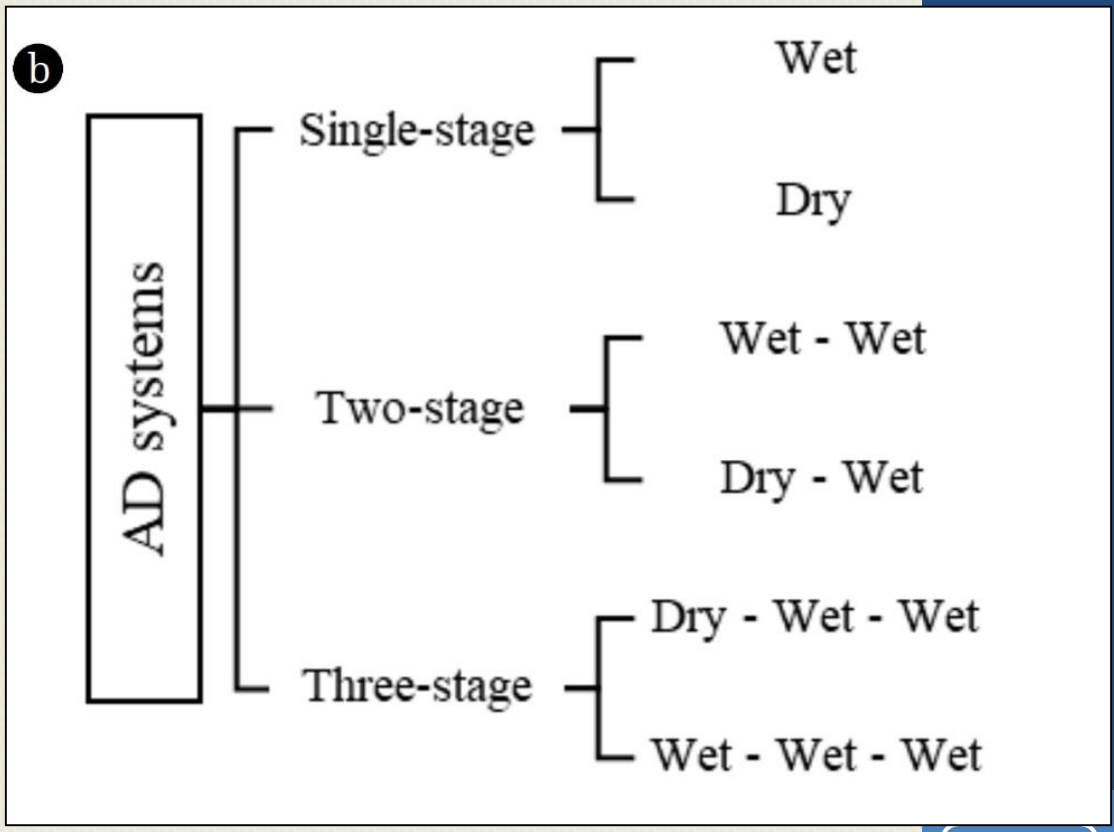
اجزای کارخانه هضم بیهوازی پسماندهای شهری



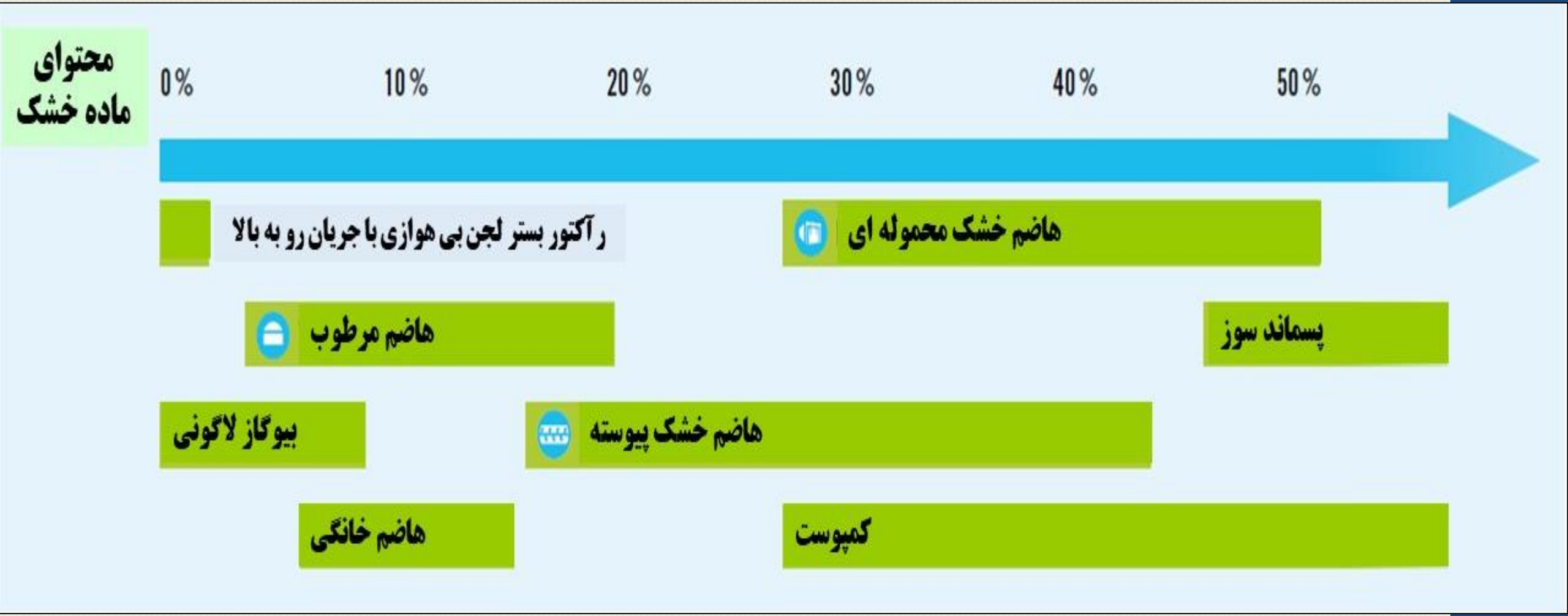
۱– مواداولیه ۲– انباشت ۳– جمع‌آوری هوا ۴ – بیوفیلتر ۵ – راکتور هاضم ۶– ذخیره گاز ۷– خالص‌سازی گاز ۸ – ماده هضم‌شده ۹ – کمپوست

دسته بندی روشهای هضم بی هوازی بر اساس درصد جامدات و بر اساس ساختار راکتورها





میزان مختلف محتوای ماده خشک در فناوری های مختلف



فن آوری های هضم بی هوازی

فناوری های هضم بی هوازی	دمای کارکرد	مزایا	معایب
مرطوب (مواد جامد کم)	مزوفیلیک (۳۵–۴۰ درجه سانتیگراد)	در محل های دفن زباله استفاده می شود نرخ بازده داخلی بالا روش پیش تصفیه برای بهبود کارایی فرآیند بیوگاز سطح پایین تولید لجن دمای عملیاتی پایین عملکرد پایدار	توسعه کمتر فناوری سرمایه گذاری کم در تاسیسات یارانه های کم دولتی دوره های اجرای طولانی
	ترموفیلیک (۵۵–۶۰ درجه سانتیگراد)	تولید هیدروژن و متان نرخ بارگذاری آلی بالا هزینه های عملیاتی و نگهداری بالا افزایش تولید گاز مقاومت در برابر تولید کف	پایداری کمتر – مشکلات بی ثباتی غلظت اسیدهای فرار باقیمانده بالاتر تعداد محدود هاضم
خشک (مواد جامد بالا)	مزوفیلیک (۳۵درجه سانتیگراد)	تجمع کمتر اسیدهای فرار نرخ رشد ویژه کمتر میکروارگانیسم ها بالاترین میزان حذف مواد آلی	کاهش کمتر سلولز و همی سلولز زمان عملیاتی بیشتر برای به دست آوردن تجزیه متان و مواد آلی (۴۰ روز)
	ترموفیلیک (۵۵ درجه سانتیگراد)	کاهش بیشتر سلولز و همی سلولز زمان عملیات کوتاهتر برای به دست آوردن تجزیه متان و مواد آلی (۲۰ روز) ضریب تولید متان بالاتر به دلیل آمونیاک با نرخ بارگذاری آلی مهار می شود	تجمع اسیدهای چرب فرار نرخ رشد ویژه بالاتر میکروارگانیسم ها

بسیاری از نیروگاه‌های مدرن بیوگاز در دمای فرآیند ترموفیلیک کار می‌کنند، زیرا فرآیند ترموفیلیک در مقایسه با فرآیندهای مزوفیلیک و سایکروفیلیک، مزایای بیشتری دارد از جمله:

- تخریب موثر عوامل بیماری زا
- نرخ رشد بیشتر باکتری های متانوژن در دمای بالاتر
- کاهش زمان ماند، که باعث می شود فرآیند سریعتر و کارآمدتر شود
- بهبود قابلیت هضم و در دسترس بودن مواد اولیه
- تخریب بهتر مواد اولیه جامد و استفاده بهتر از خوراک
- امکان بهتر برای جداسازی بخشهای مایع و جامد

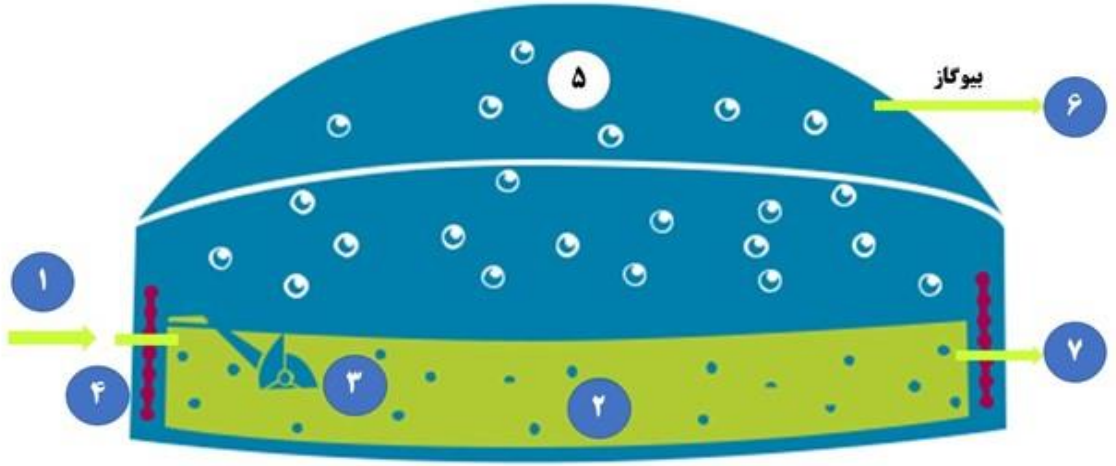
فرآیند ترموفیلیک دارای معایبی نیز می باشد:

- درجه بیشتری از عدم تعادل
- تقاضای انرژی بیشتر به دلیل دمای بالاتر
- خطر بیشتر تولید آمونیاک به عنوان یک مهار کننده

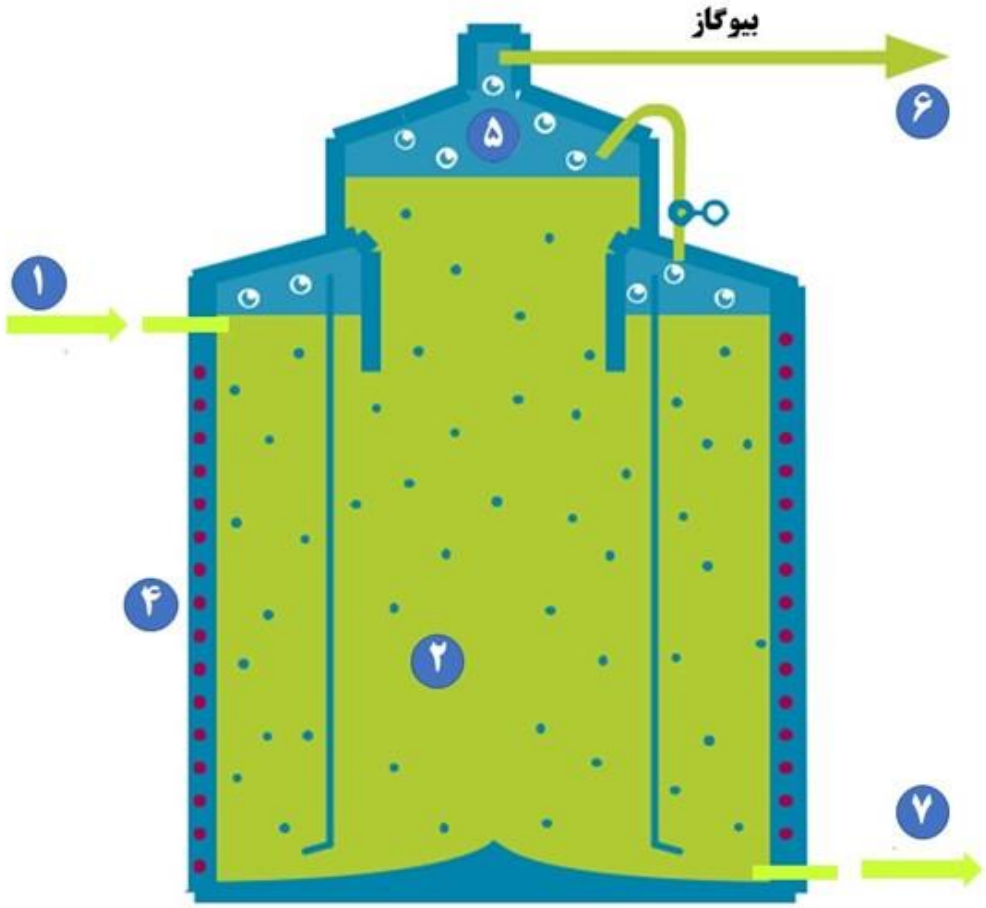
ویژگیهای فناوریهای مختلف هاضمها

	نحوه بارگیری	دما	اختلاط	مواد اولیه	پایایی	اقلیم
هاضم مرطوب پیوسته	پیوسته	مزوفیلیک و ترموفیلیک	CSTR با همزن ، هاضم هیدرولیکی بدون همزن	مواد اولیه مختلف با قابلیت پمپاژ آسان	ناخالصی‌ها ممکن است باعث مشکلات فنی شود	در سراسر جهان ، بدون محدودیت
راکتور پلاگ فلو	پیوسته	معمولاً ترموفیلیک ، اما مزوفیلیک نیزامکانپذیر است	در امتداد یا عمود بر جریان ، سیستم های عمودی بدون همزن	عمدتا برای پسماندهای شهری آلی با قابلیت پمپاژ آسان	تحمل زیاد ناخالصی‌ها	در سراسر جهان ، بدون محدودیت
سیستم گاراژی	محموله‌ای	معمولاً مزوفیلیک، اما ترموفیلیک نیز امکانپذیر است	بدون همزن، توزیع بر اساس پرانشت	عمدتاً برای پسماندهای شهری آلی با قابلیت پمپاژ انباشت	راکتور مقاوم و بدون قطعات متحرک	در سراسر جهان، بدون محدودیت
بیوگاز لاگونی	پیوسته با زمان ماندگاری طولانی (> ۱۰۰ روز)	دمای محیط	معمولاً بدون همزن	مایع ، به طور معمول برای عمل‌آوری یا فاضلاب استفاده می‌شود	ناخالصی‌ها ممکن است مشکلات فنی ایجاد کنند	عرض‌های جغرافیایی گرمتر مانند مناطق گرمسیری است
هاضم خانگی	معمولا پیوسته	دمای محیط	معمولاً بدون همزن	پسماندهای زیستی ، فضولات حیوانی، بقایای کشاورزی موجود به صورت محلی	ناخالصی‌ها نباید وارد روند کار شوند	دمای بیش از ۱۰ درجه سانتیگراد

راکتور همزن دار پیوسته(CSTR)



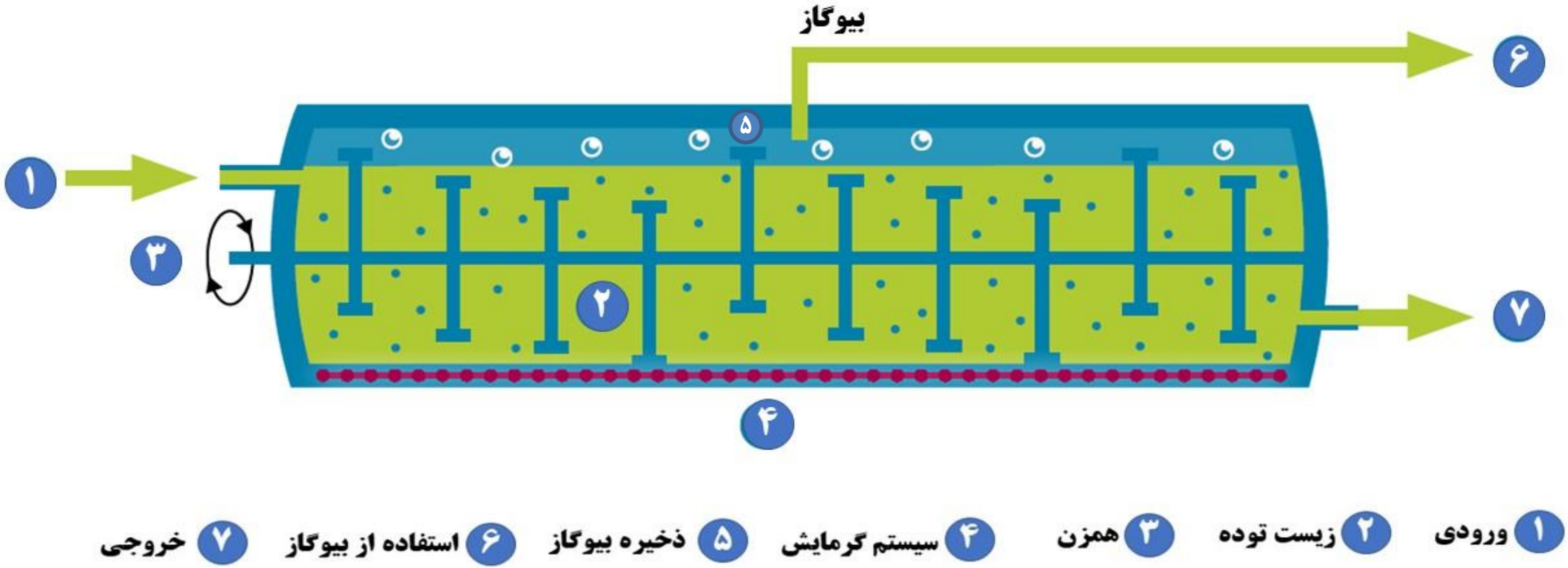
هاضم هیدرولیک



۱ ورودی ۲ زیست توده ۳ همزن ۴ سیستم گرمایش ۵ ذخیره بیوگاز ۶ استفاده از بیوگاز ۷ خروجی

	نحوه بارگیری	دما	اختلاط	مواد اولیه	پایایی	اقلیم
هاضم مرطوب	پیوسته	مزوفیلیک و ترموفیلیک	CSTR با همزن ، هاضم هیدرولیکی بدون همزن	مواد اولیه مختلف با قابلیت پمپاژ آسان	ناخالصی‌ها ممکن است باعث مشکلات فنی شود	در سراسر جهان ، بدون محدودیت

هاضم جریان پیستونی



۱ ورودی ۲ زیست توده ۳ همزن ۴ سیستم گرمایش ۵ ذخیره بیوگاز ۶ استفاده از بیوگاز ۷ خروجی

	نحوه بارگیری	دما	اختلاط	مواد اولیه	پایایی	اقلیم
راکتور پلاگ فلو	پیوسته	معمولاً ترموفیلیک ، اما مزوفیلیک نیزامکانپذیر است	در امتداد یا عمود بر جریان ، سیستم های عمودی بدون همزن	عمدتا برای پسماندهای شهری آلی با قابلیت پمپاژ آسان	تحمل زیاد ناخالصی‌ها	در سراسر جهان ، بدون محدودیت

KOMPOGAS Kompakt

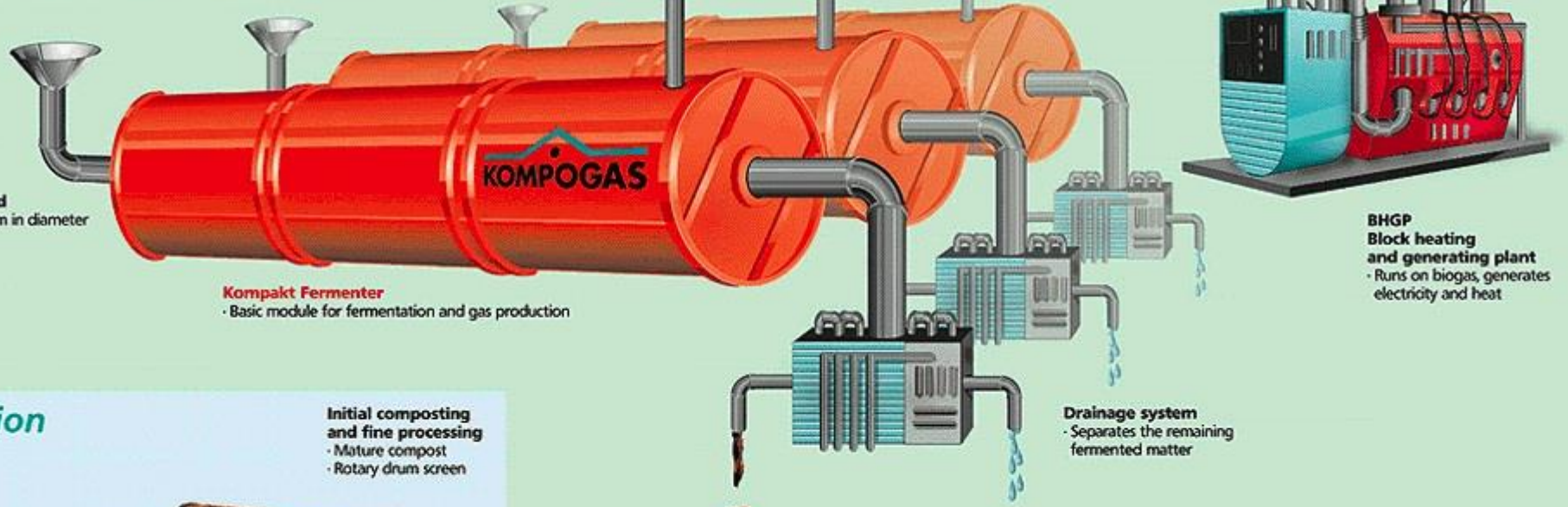
Option

Processing plant
- Vehicle lock
- Bunker
- Shredder
- Iron cutter

The standard Kompogas Kompakt module consists of a fermenter, BHGP and drainage system. A fermenter processes 5,000 tons of ecological waste a year and other fermenters can be added if need be.

Electricity can be piped into the network

Heat



Direct feed
- Sieve 40mm in diameter

Kompakt Fermenter
- Basic module for fermentation and gas production

BHGP
Block heating and generating plant
- Runs on biogas, generates electricity and heat

Drainage system
- Separates the remaining fermented matter

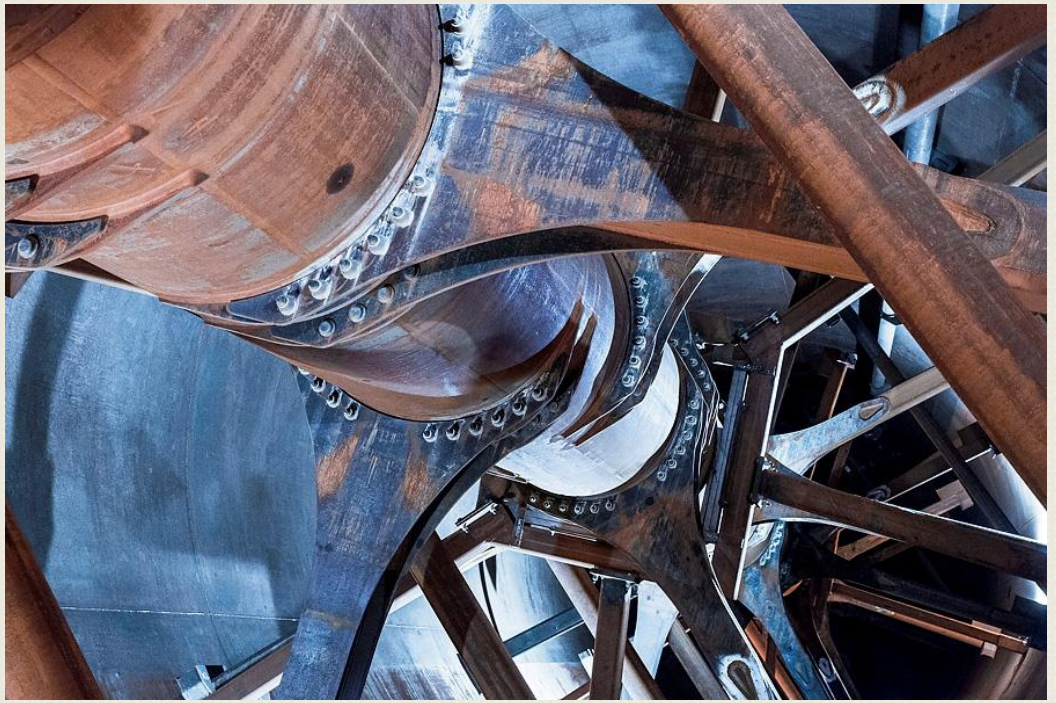
Option

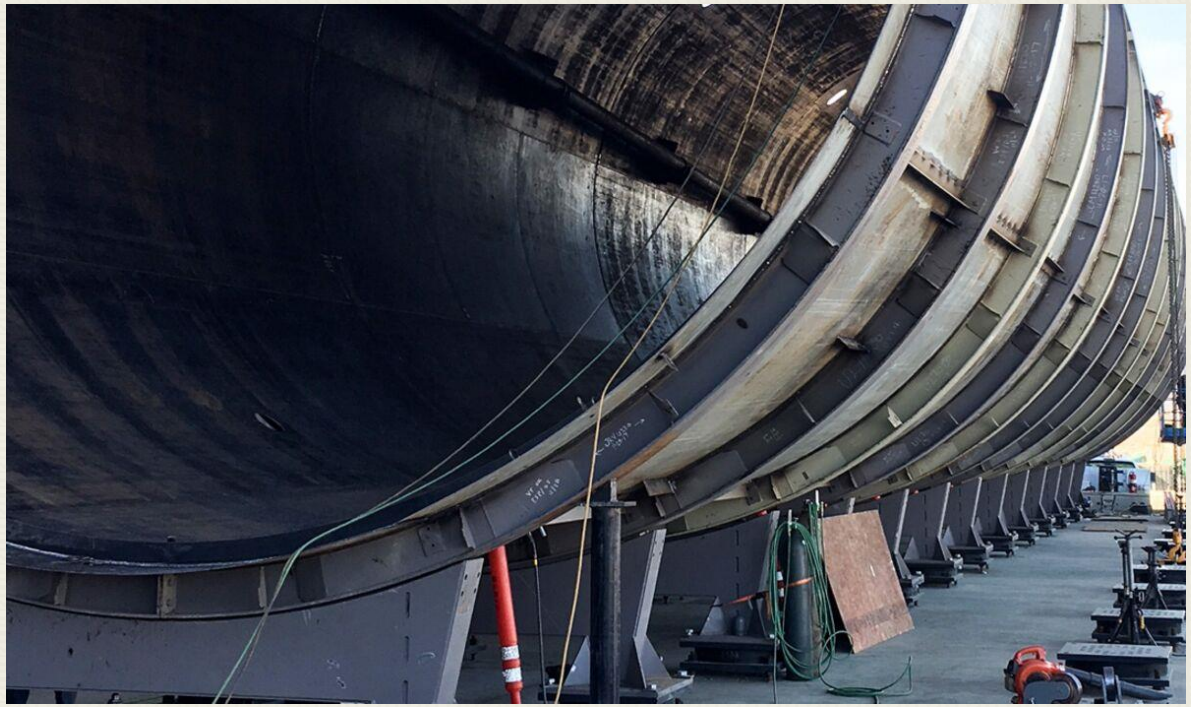
Initial composting and fine processing
- Mature compost
- Rotary drum screen

Fresh compost

Liquid fertilizer

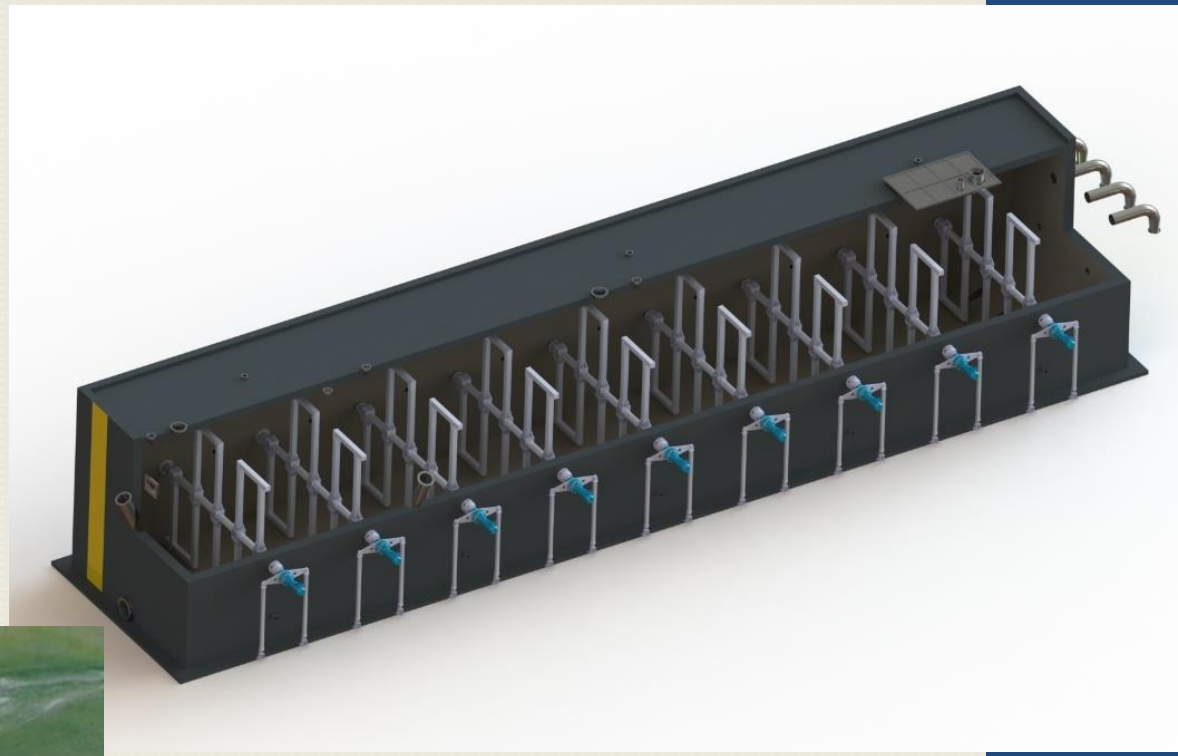
KOMPOGAS
Process for the fermentation of biogenous waste



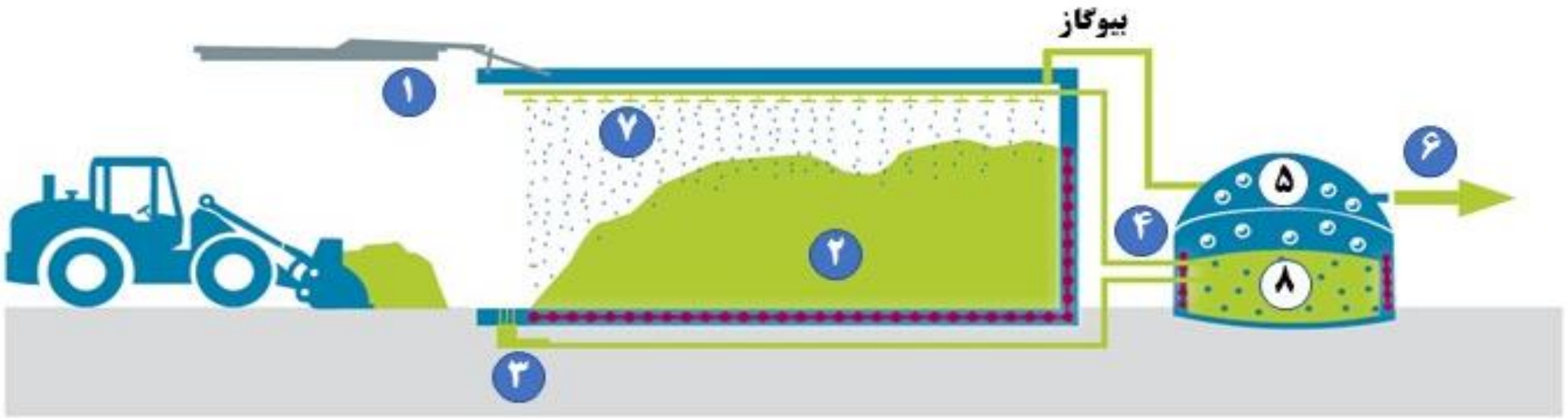


- Sincan-Ankara Plant, Turkey

- Startup: November 2013
- Capacity sorting plant: 4.356 t/d
- Capacity organic treatment: 1.980 t/d
- Gas yield: 193.000 m³/d
- Digester: 11x 3.500 m³
- Installed electric power: 18,2 MW_{el}



سیستم گاراژی

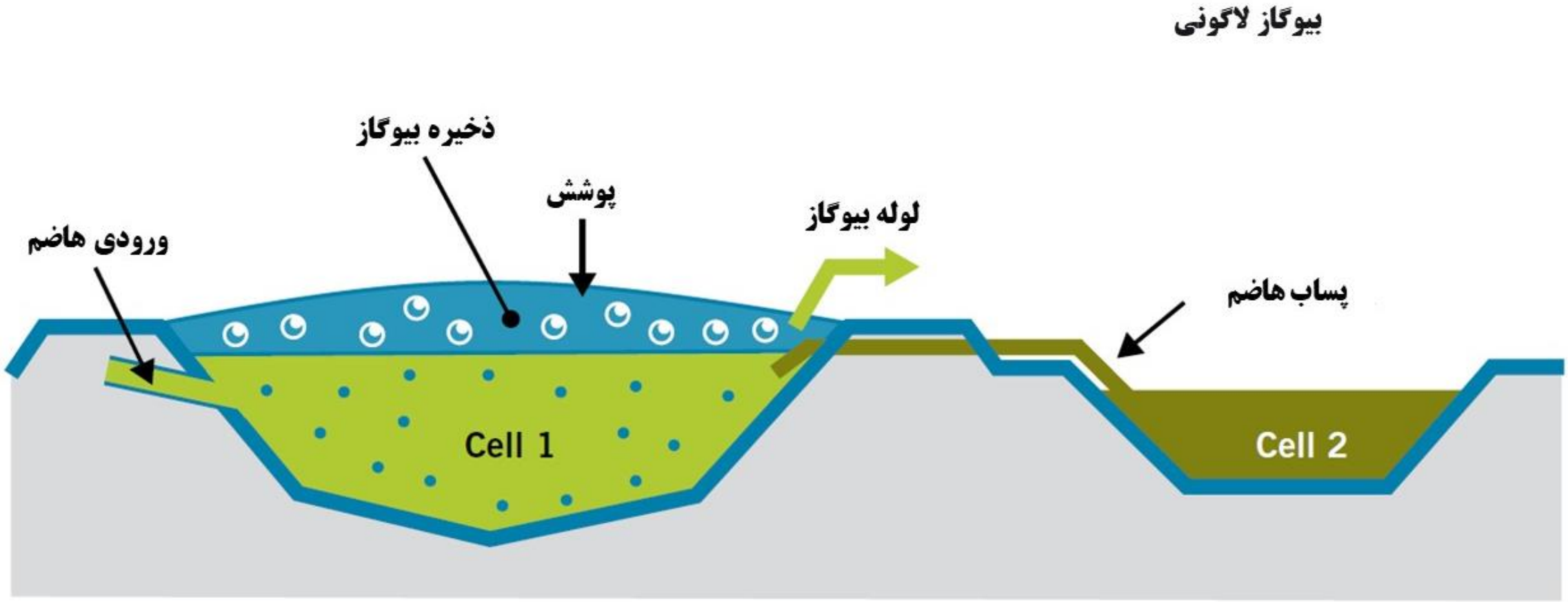


۱ درب آب بند ۲ زیست توده ۳ سیستم زهکش ۴ سیستم گرمایش

۵ ذخیره بیوگاز ۶ استفاده از بیوگاز ۷ سیستم توزیع مایع ۸ مخزن ذخیره مایع

	نحوه بارگیری	دما	اختلاط	مواد اولیه	پایایی	اقلیم
سیستم گاراژی	محموله‌ای	معمولاً مزوفیلیک، اما ترموفیلیک نیز امکانپذیر است	بدون همزن، توزیع بر اساس پرانشت	عمدتاً برای پسماندهای شهری آلی با قابلیت پمپاژ انباشت	راکتور مقاوم و بدون قطعات متحرک	در سراسر جهان، بدون محدودیت

2007/09/27



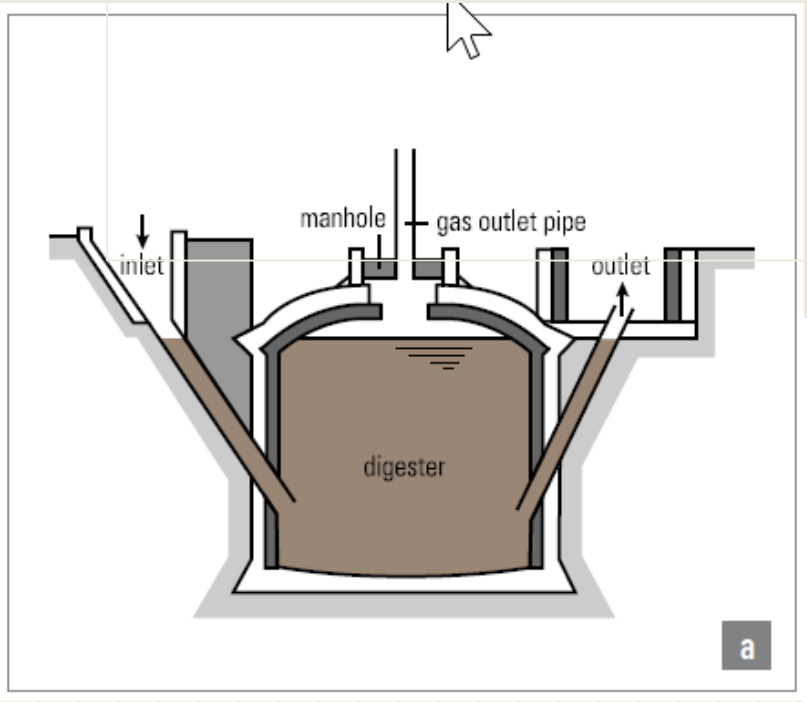
	نحوه بارگیری	دما	اختلاط	مواد اولیه	پایایی	اقلیم
بیوگاز لاگونی	پیوسته با زمان ماندگاری طولانی (> ۱۰۰ روز)	دمای محیط	معمولاً بدون همزن	مایع ، به طور معمول برای عمل-آوری یا فاضلاب استفاده می‌شود	ناخالصی‌ها ممکن است مشکلات فنی ایجاد کنند	عرض‌های جغرافیایی گرمتر مانند مناطق گرمسیری است

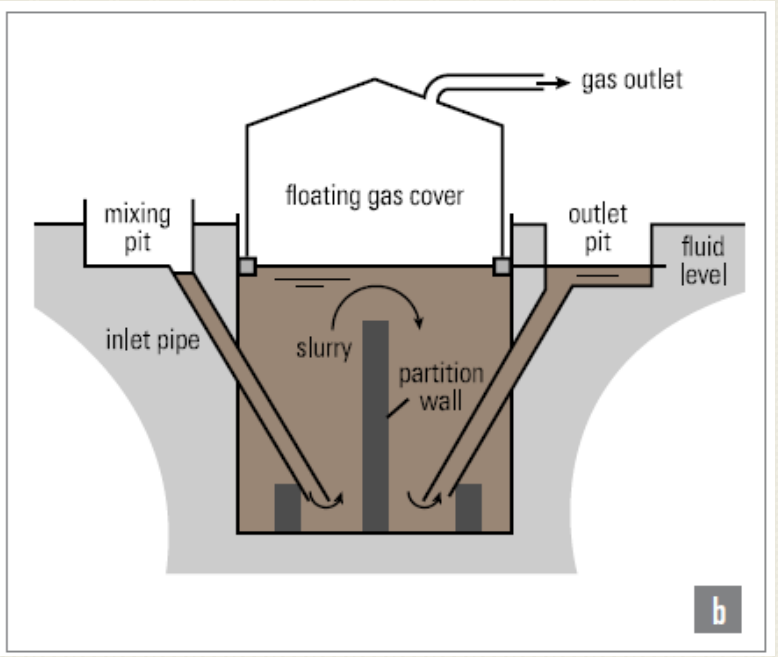
سه نوع هاضم اصلی مورد استفاده در کشورهای در حال توسعه برای فضولات دامی استفاده می شوندکه عبارتند از:

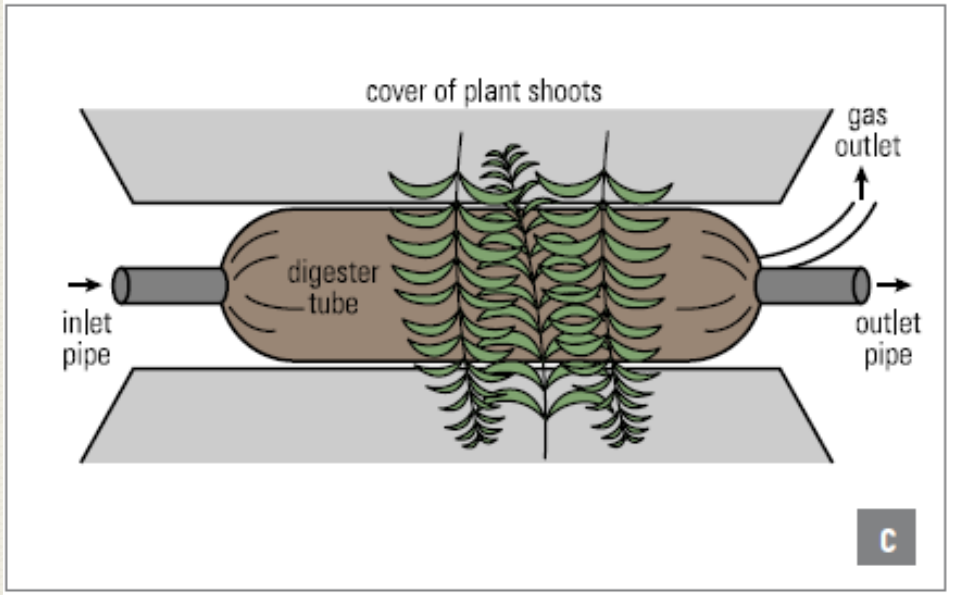
۱. هاضم گنبد ثابت چینی ؛

۲. هاضم های با گنبد شناور هندی و

۳. هضم کننده های بالونی (یا لوله ای).





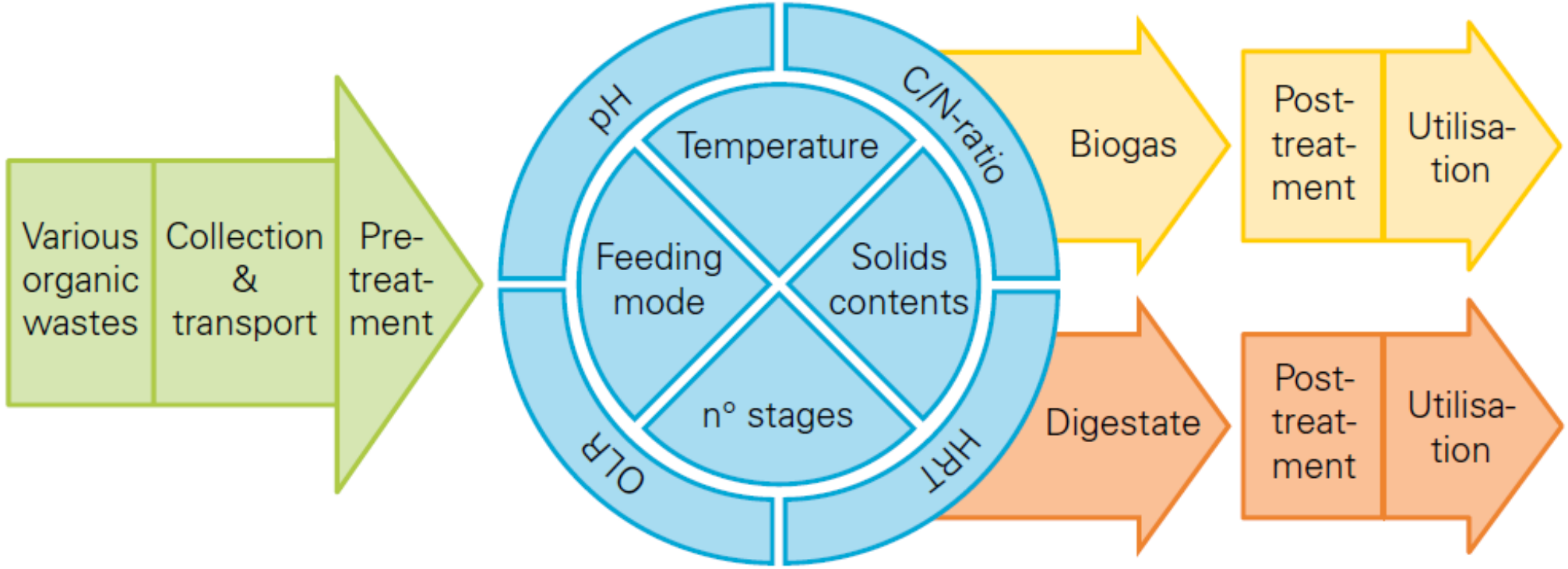


نمونه های هاضم های خانگی

چالش های هضم بی هوازی پایدار

برخی از چالش های اصلی که هنگام استفاده از سیستم های هضم بی هوازی شامل

- مواد اولیه مناسب و سازگار
- راهبری و نگهداری
- آموزش صحیح و کنترل کیفیت
- استفاده از تمام محصولات هضم بی هوازی و محصولات جانبی



❋❋❋ زنجیره فرآیند هضم بی هوازی ❋❋❋

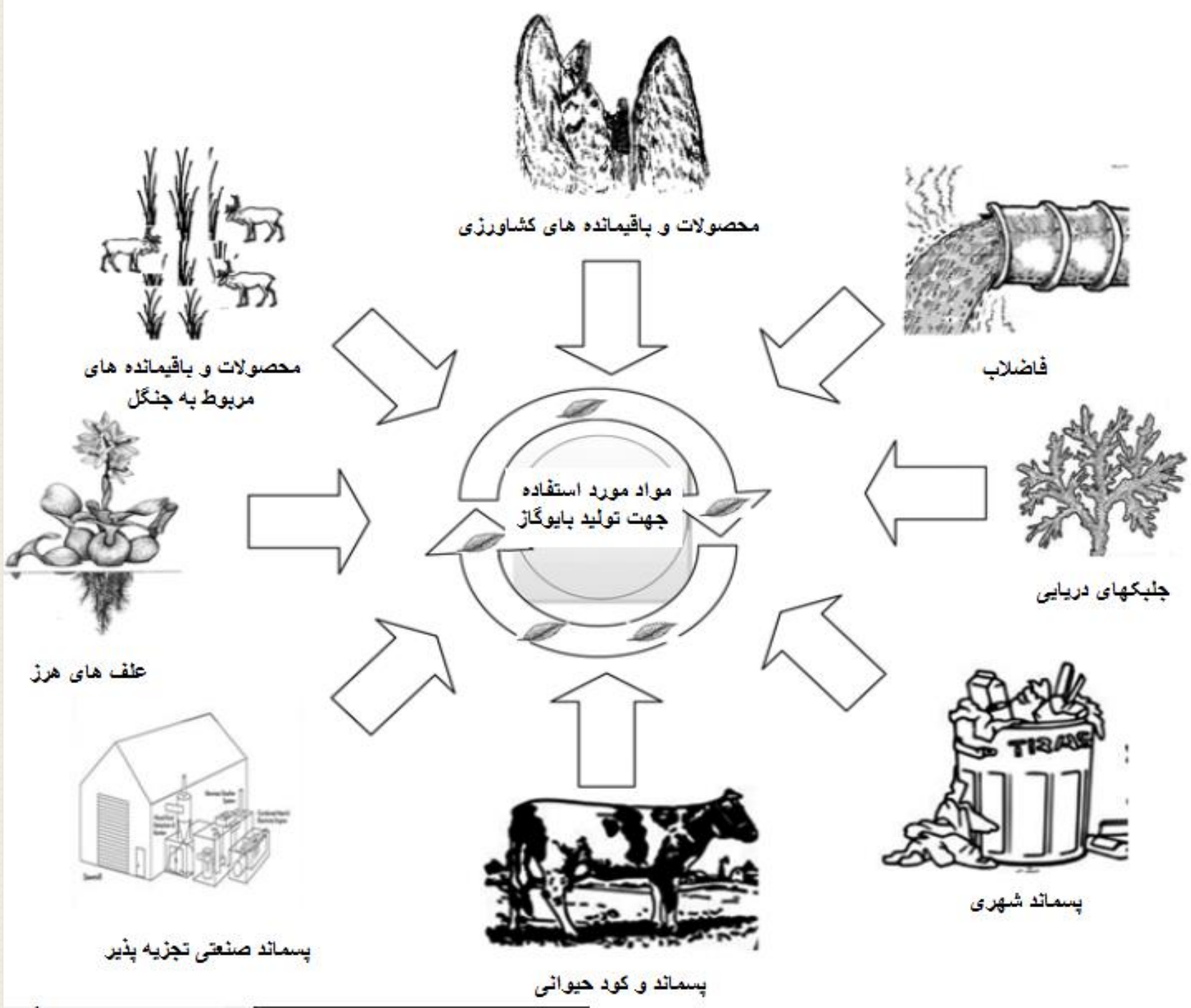
Vögeli, Y., Anaerobic digestion of biowaste in developing countries: Practical information and case studies. 2014: Eawag-Sandec.

مواداولیه قابل استفاده در هاضم‌ها

1. پسماندهای‌زیستی شهری(تفکیک‌شده در مبدأ و یا تفکیک‌شده در خطوط جداسازی)
2. لجن فاضلاب،
3. پسماندهای صنعتی و تجاری،
4. محصولات جانبی دامی شامل فضولات مایع و جامد
5. همچنین محصولات جانبی کشاورزی
6. زیست سوخت‌ها، مانند ذرت و علوفه گیاهان مختلف، یا مخلوط گیاهان خودرو

از فاکتورهای مهم در انتخاب مواد اولیه روش آماده سازی، محتوای آب و میزان تجزیه پذیری زیستی است.

مواد مورد استفاده جهت تولید بیوگاز



پسماندهای جامد شهری (MSW) در منازل و مکان‌های عمومی تولید می‌شود.

بخش آلی MSW عمدتاً از اجزای آلی مانند پسماندهای‌غذایی، یا پسماندهای فضای‌سبز تشکیل شده است.

به منظور بهره‌برداری بهینه در تصفیه‌های بیولوژیکی(کمپوست، هضم‌بی‌هوازی)، با استفاده از خطوط جداسازی(سرند، جداسازهای هوایی و آهنربا) می‌توان آن را از نظر فنی استخراج و خالص‌سازی کرد.

در کشورهایی که ازکودآلی(کمپوست، ماده هضم شده) استفاده می‌شود، می‌بایست یک مجموعه جداگانه قوی برای حذف پسماندهای خطرناک ایجاد شود تا مواد مضر از MSWحذف گردند .

در بیشتر کشورهای اروپای، تولید کود فقط در صورتی مجاز است که بخش آلی پسماندها در مبدأ تولید تفکیک شده و به صورت جداگانه جمع‌آوری شوند.

مقایسه کلی هضم بی هوازی و کمپوست

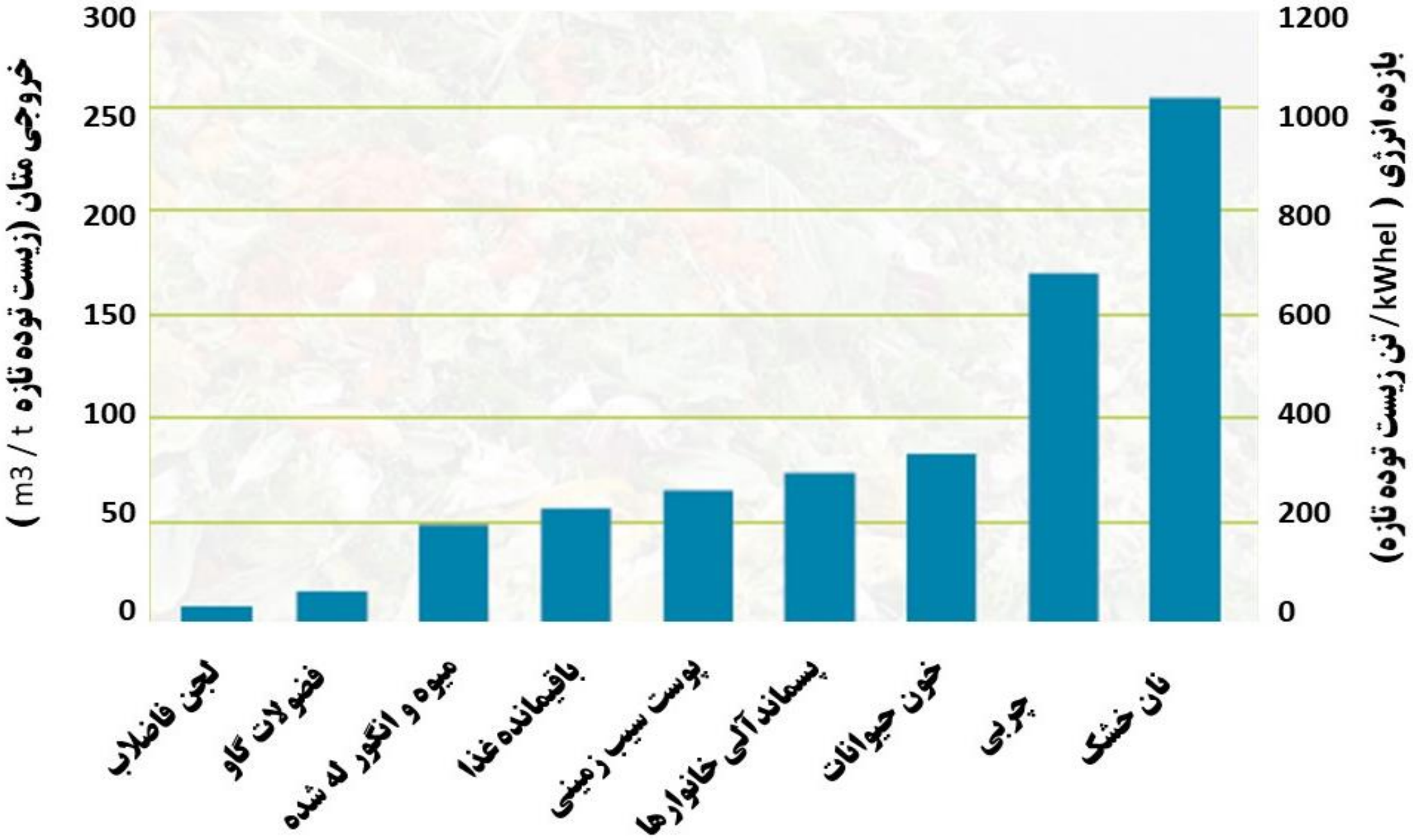
هضم بی هوازی	در مقایسه با	کمپوست
بدون اکسیژن = بی هوازی میکروارگانیسم ها مواد آلی را در غیاب اکسیژن در یک ساختار محصور تجزیه می کنند		با اکسیژن = هوازی میکروارگانیسم ها مواد آلی را در یک محیط کنترل شده و در هوای آزاد تجزیه می کنند
انتشار گازهای گلخانه ای		
کم متان موجود در بیوگاز جذب شده و برای تولید انرژی استفاده می شود. دی اکسید کربن نیز آزاد می شود اما اثر آن در گازهای گلخانه ای نسبت به متان کمتر است		کم از آنجایی که کمپوست با مدیریت صحیح هوازی است، انتظار می رود انتشار متان کم باشد یا وجود نداشته باشد.دی اکسید کربن محصول جانبی اصلی تجزیه هوازی است
فایده برای خاک		
ماده هضم شده غنی از مواد مغذی است ماده هضم شده باعث افزایش در دسترس بودن مواد مغذی برای جذب و رشد موثرتر گیاه می شود		سلامت خاک را بهبود می بخشد کمپوست حاصل از پسماند را می توان برای بازسازی خاک ضعیف و تولید میکروارگانیسم های سالم استفاده کرد
تولید انرژی		
منبع عظیم انرژی است بیوگاز تولید شده از هضم بی هوازی یک منبع انرژی تجدیدپذیر است که برای تامین انرژی خانه ها، سوخت وسایل نقلیه، تامین سوخت گرمایشی و رفع سایر نیازهای انرژی استفاده می شود		منبع انرژی نیست هیچ محصول جانبی قابل استفاده ای از کمپوست وجود ندارد که بتوان آن را به منبع انرژی تبدیل کرد.
مزایای زیست محیطی		
چرخه عمر پایدار با گردش کامل ضایعات آلی به بیوگاز و ماده هضم شده غنی از مواد مغذی تبدیل می شوند. به عنوان مثال، در یک مزرعه لبنی، بیوگاز را می توان برای راه اندازی مزرعه به برق تبدیل کرد و از ماده هضم شده آن به عنوان بستر برای حیوانات یا کود استفاده کرد.		کاهش پایدار پسماند ضایعات و پسماندهای آلی به طور موثر به محصولات مفید تبدیل می شوند.
زمان پردازش		
متوسط تا سریع بسته به فناوری هضم بی هوازی، این فرآیند می تواند در چند روز تا دو ماه یا بیشتر اتفاق بیفتد.		آهسته تا متوسط بسته به روش کمپوست، این فرآیند می تواند تا سه ماه یا بیشتر طول بکشد.

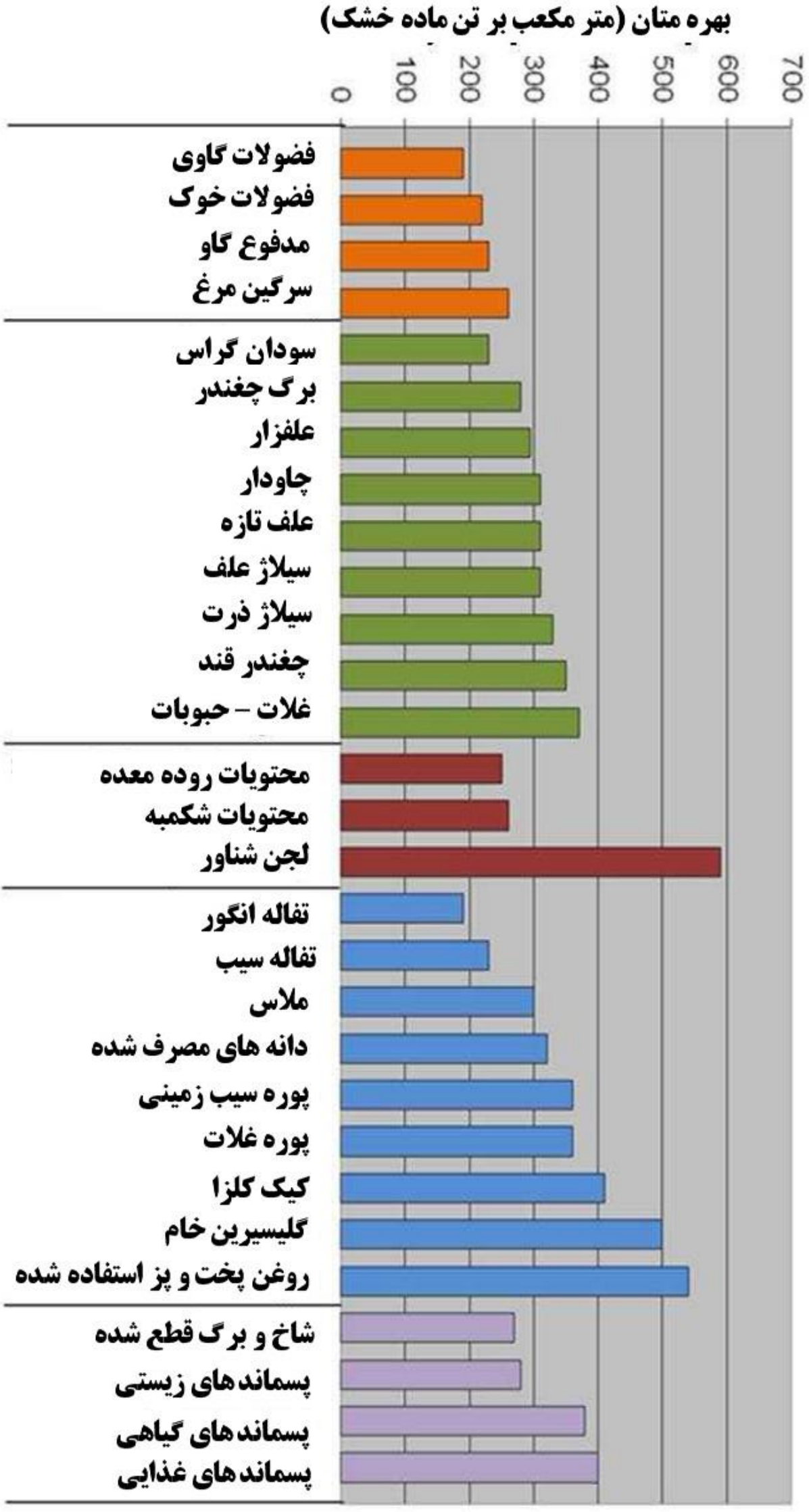
در کشورهایی که از کود آلی(کمپوست، ماده هضم شده) استفاده می‌شود

مخازن آشپزخانه برای جمع آوری پسماند غذایی

سبد آشپزخانه برای جمع آوری پسماند غذایی با کیسه کاغذی

سبد آشپزخانه برای جمع آوری پسماند غذایی با کیسه بیو پلاستیک


خروجی متان (زیست توده تازه m3 / t)
بازده انرژی (kWhel / تن زیست توده تازه)
300
250
200
150
100
50
0
1200
1000
800
600
400
200
0
لجن فاضلاب
فضولات گاو
میوه و انگور له شده
باقیمانده غذا
پوست سیب زمینی
پسماند آلی خانوارها
خون حیوانات
چربی
نان خشک

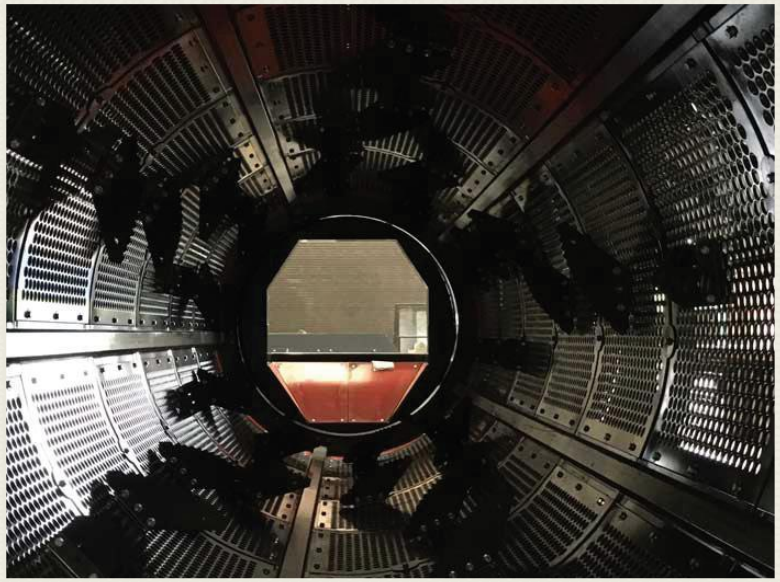

بهره متان (متر مکعب بر تن ماده خشک)
0
100
200
300
400
500
600
700
فضولات گاوی
فضولات خوک
مدفوع گاو
سرگین مرغ
سودان گراس
برگ چغندر
علفزار
چاودار
علف تازه
سیلاژ علف
سیلاژ ذرت
چغندر قند
غلات – حبوبات
محتویات روده معده
محتویات شکمبه
لجن شناور
تفاله انگور
تفاله سیب
ملاس
دانه های مصرف شده
پوره سیب زمینی
پوره غلات
کیک کلزا
گلیسیرین خام
روغن پخت و پز استفاده شده
شاخ و برگ قطع شده
پسماند های زیستی
پسماند های گیاهی
پسماند های غذایی

آماده سازی مواد اولیه

به منظور جلوگیری از عملکرد نامناسب در فرآیند هضم و تولید مواد هضم‌شده و تولید کمپوست با کیفیت بالا، موادی مانند پلاستیک، شیشه، کاغذ، فلزات، سنگ‌ها یا اجزای بسیار بزرگ باید حذف شوند.

1. **استفاده از فن‌آوری‌های برای هم‌گسیختگی و بازکردن بسته‌بندی‌ها**
2. **حذف فلزات**
3. **حذف ذرات سبک و شناور**
4. **کاهش اندازه ذرات**
5. **تولید یک ماده همگن**

دستگاه خمیرساز



کیسه بازکن

دستگاه خردکن

❖ **پسماندهای آلی** حاصل از موادغذایی، نوشیدنی‌ها یا تولیدخوراک، شامل ضایعات پذیرایی و موادغذایی منقضی شده به عنوان مثال از بازارهای خرده‌فروشی، به عنوان پسماند صنعتی و تجاری طبقه‌بندی می‌شوند.

❖ **محصولات‌جانبی‌دامی** براساس قانون محصولات‌حیوانی اروپا (شماره ۱۰۶۹/۲۰۰۹) به **سه دسته** تقسیم می‌شوند

گروه ۱: موادی هستند که خطرات خاصی را برای سلامتی حیوانات پرورشی و وحشی و همچنین انسانها ایجاد می‌کنند و استفاده از آن در کارخانه‌های بیوگاز مجاز نیست.

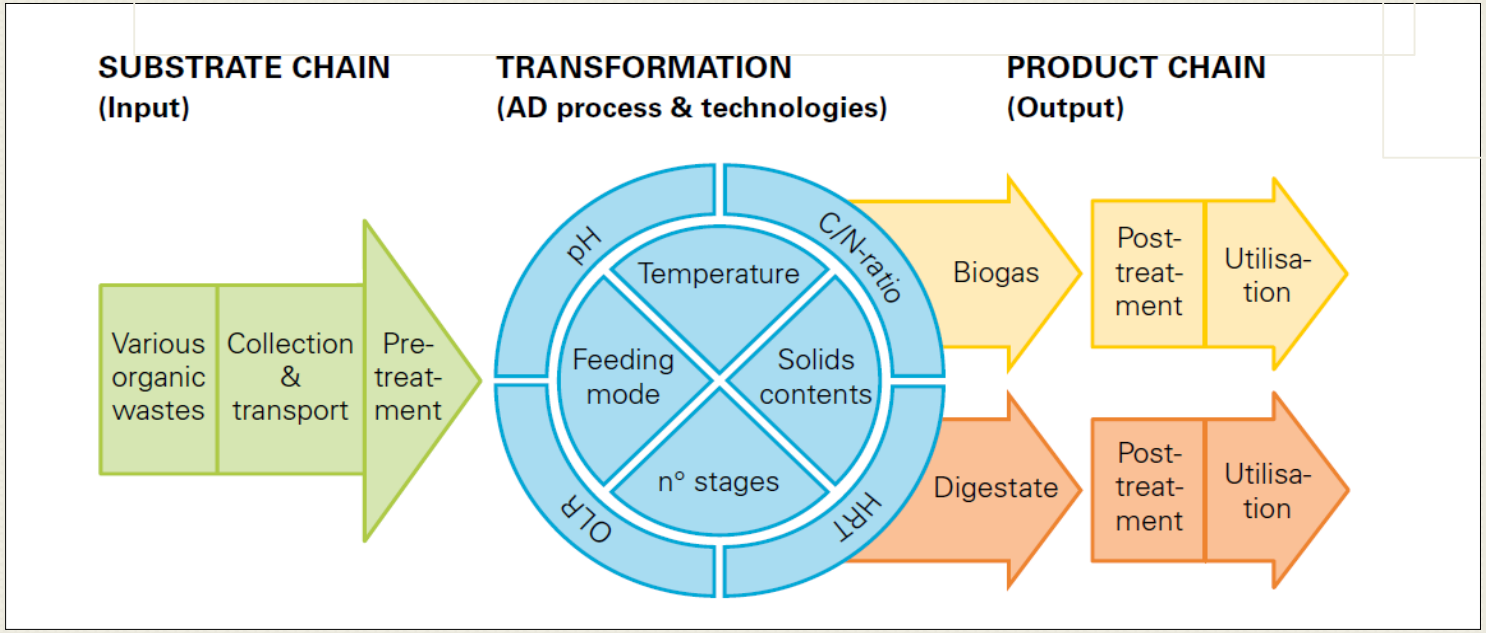
گروه ۲: موادی شامل فضولات، حیوانات پرورشی و اسب‌ها، محتوای دستگاه گوارش، آغوز و غیره به در این دسته قرار می‌گیرند.

گروه ۳: شامل پسماندهای کشتارگاه و محصولات جانبی حاصل از فرآوری مواد غذایی مانند محتویات جداشده، ضایعات شناور و غیره و همچنین سایر محصولات جانبی حیوانات مانند پرها، موها، پشم، آب پنیر، تخم‌مرغ، پوسته تخم‌مرغ، خون، پوست و غیره است. این مواد برای استفاده در کارخانه بیوگاز و بعداً استفاده ازمواد هضم‌شده به عنوان کود، باید در دمای ۷۰درجه‌سانتیگراد به مدت ۱ ساعت تحت پاستوریزاسیون قرار گیرند .

❖ **محصولات کشاورزی** طیف گسترده‌ای از محصولات جانبی گیاهی مانند کاه یا بقایای برداشت را تولید می‌کند، که می‌تواند در کارخانه‌های بیوگاز استفاده شود و افزایش بازده بیوگاز را تقریباً بدون هیچ هزینه اضافی فراهم کند.

راهبری و نگهداری

- **پارامترهای کمی**
  - توزین مواد جهت بارگیری
  - سطح مواد موجود در راکتور
  - میزان گاز تولیدی در راکتورها
  - تنظیم دمای داخل راکتور ها
  - تنظیم مدت زمان همزدن مواد داخل راکتورها
  - بار آلیOLR
  - زمان ماند هیدرولیکی (HRT)
- **پارامترهای کیفی**
  - دمای راکتور
  - pH
  - آنالیز بیوگاز
  - BOD ,COD , TS ,VS ,VFA ,TAK و مقادیر فلزات سنگین
  - NH3



روشهای بهبود تولید بیوگاز

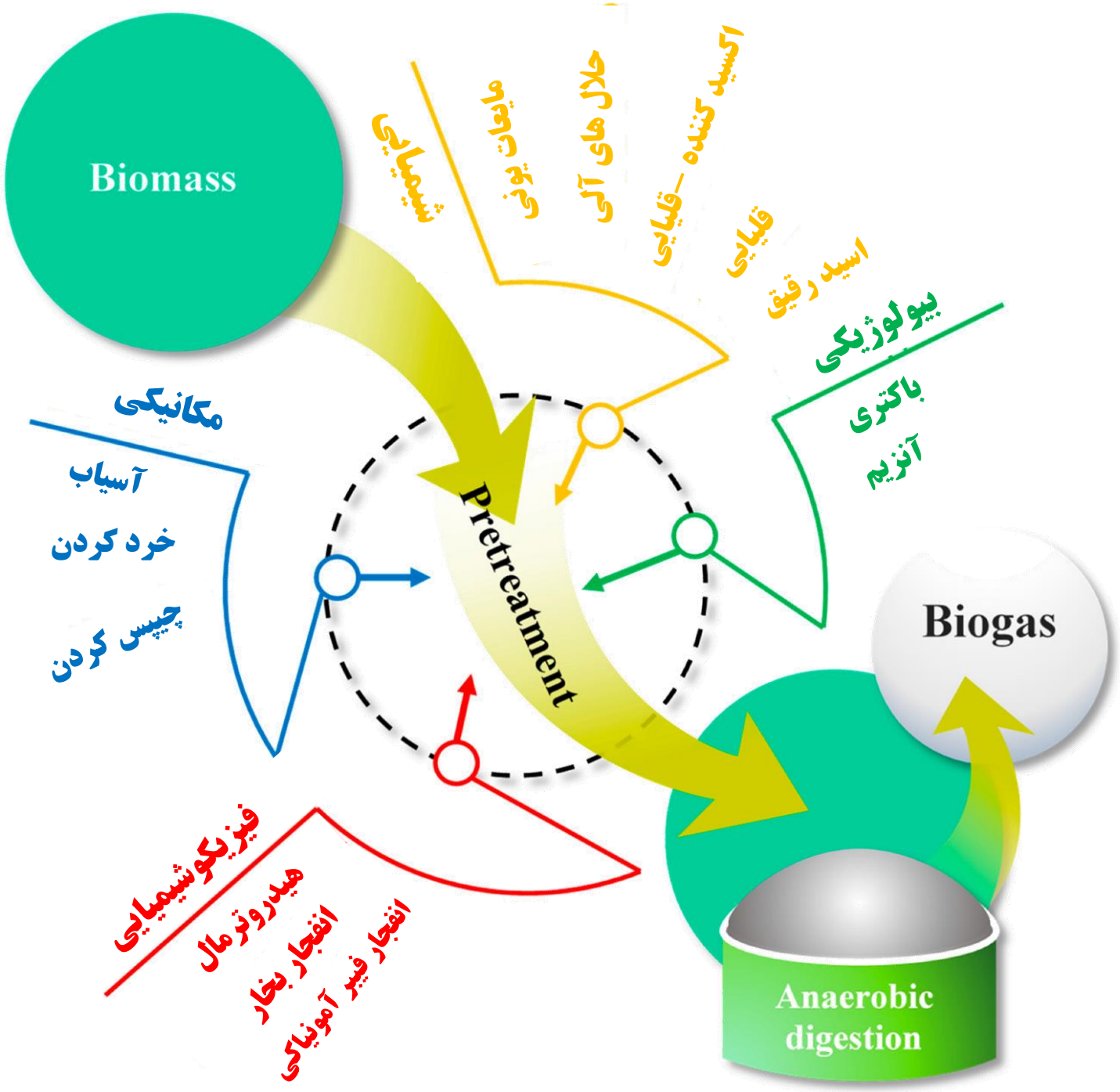
1. انجام عملیات پیش تصفیه
2. هضم مشترک بی هوازی
3. باز چرخش مواد

۱ – انجام عملیات پیش تصفیه

اهداف پیش تصفیه:	پیش تصفیه موفق شامل :
❑ اصلاح تجزیه پذیری ❑ افزایش تولید بیوگاز	❑ حفظ مواد آلی در زیست توده ❑ توسعه سودمند فرایند هیدرولیز ❑ جلوگیری از تشکیل ترکیبات سمی و یا مهار کننده ❑ سازگار با محیط زیست ❑ و از لحاظ اقتصادی امکان پذیر باشد

روشهای پیش تصفیه:

- شیمیایی
- بیولوژیکی
- فیزیکوشیمیای
- مکانیکی



۲ – هضم مشترک :

اهداف هضم مشترک :

- بهبود فرآیند تثبیت
- افزایش نرخ بارگیری آلی
- افزایش بیوگاز و تولیدمتان
- تجزیه ترکیبات سمی
- تعادل محتوای جامد
- تعادل مواد مغذی
- استفاده از اثر سینرژیک میکروارگانیسم ها
- امکان پردازش پسماند های مختلف در یک واحد پردازش

زیست توده : کربوهیدراتها ، پروتئینها ، چربیها ، سلولوزها ، همی سلولوزها

- نسبت بالای C/N
- مقدار بالای کربن
- فاقد مواد قلیایی
- فاقد مواد غذایی ماکرو و میکرو

بخش آلی پسماندهای جامد شهری

+

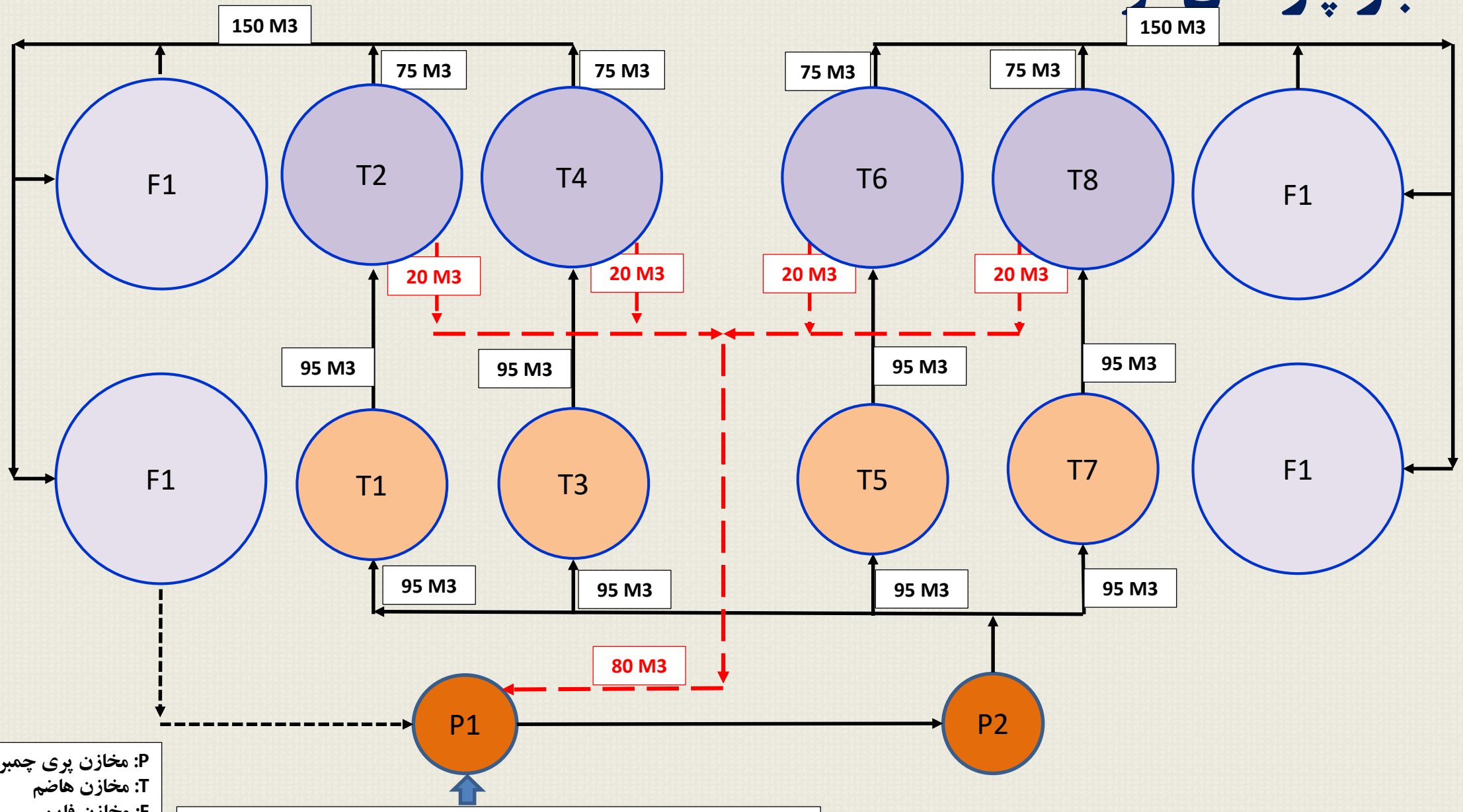
سوبسترای کمکی

- نسبت پایین C/N
- آمونیاک بالا
- قلیاییت بالا
- حاوی مواد غذایی ماکرو و میکرو (لجن فاضلاب،فضولات حیوانات،دیگر پسماندهای ارگانیک)

تعادل مواد غذایی ، بهبود نسبت C/N و افزایش ظرفیت بافری ، تثبیت pH ، افزایش مواد قابل تجزیه بیولوژیکی ، ترقیق ترکیبات سمی ، زیست توده فعال بالاتر ، کاهش سمیت آمونیاکی

- افزایش بازده متان
- بهبود فرآیند تثبیت
- مدیریت بهینه پسماندها

۳ – باز چرخش مواد:



P: مخازن پری چمبر
T: مخازن هاضم
F: مخازن فاین

خوراک ورودی: ۶۰ تن زیرسرندی- ۲۰ تن پسماند سبز- ۴ تن کود اسبی- پساب فاین ۱۸۰مترمکعب – آب تازه ۱۲۰ مترمکعب – لجن هاضم ۸۰ متر مکعب

Int. Journal of Renewable Energy Development 9 (2) 2020: 167-175

روشهای بهبودکیفیت بیوگاز تولید شده

- خشک کردن
- گوگردزدایی

خشک کردن

- رطوبت نسبی بیوگاز در داخل هاضم ۱۰۰ درصد است، بنابراین گاز از بخار آب اشباع می شود. برای محافظت از تجهیزات تبدیل انرژی در برابر سایش و آسیب احتمالی، باید آب از بیوگاز تولید شده حذف شود.
- بخشی از بخارات آب را می توان با خنک کردن گاز متراکم کرد.

گوگردزدایی

❑گوگرد زدایی بیولوژیکی در داخل هاضم

- تزریق مقدار کمی هوا

❑گوگرد زدایی بیولوژیکی در خارج از هاضم

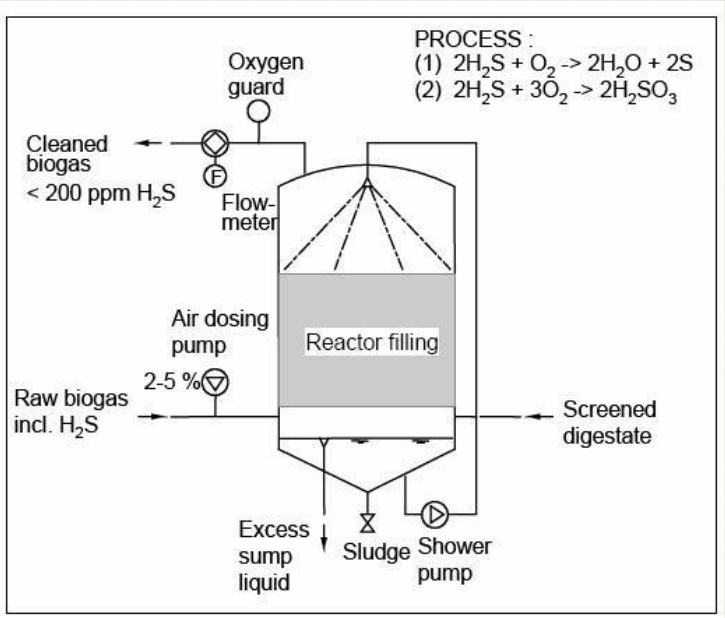
- با استفاده ازستون های گوگردزدایی

❑گوگرد زدایی شیمیایی در داخل هاضم

- با افزودن یک ماده شیمیایی

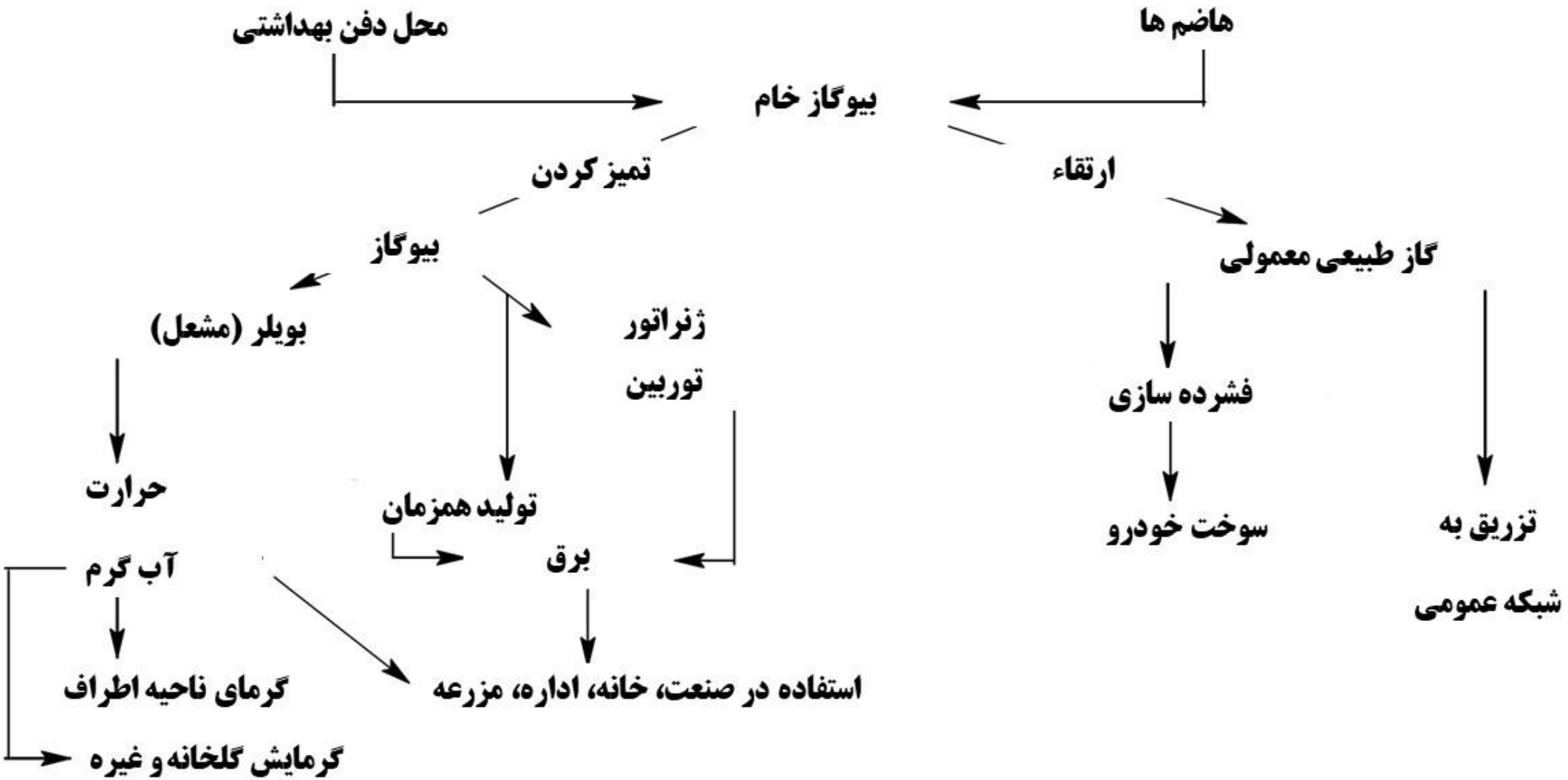
❑گوگرد زدایی شیمیایی در خارج از هاضم ها

- NAOH
- محلول آهن



نمودار شماتیک سیستم برای اکسیداسیون بیولوژیکی

روشهای گوناگون بهره برداری از بیوگاز



استفاده از بیوگاز

در بین فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر، بیوگاز اصلی‌ترین وسیله برای تأمین برق، گرما، گاز و سوخت برای خودروهای گازسوز است

1. **تبدیل گاز به گرما و الکتریسیته با استفاده از** CHP **(نیروگاه ترکیبی گرما و الکتریسیته)**
2. **استفاده از این گاز در موتورها**
3. **ارائه برق تولیدی در زمان تقاضا**
4. **تزریق مستقیم به شبکه گاز طبیعی**

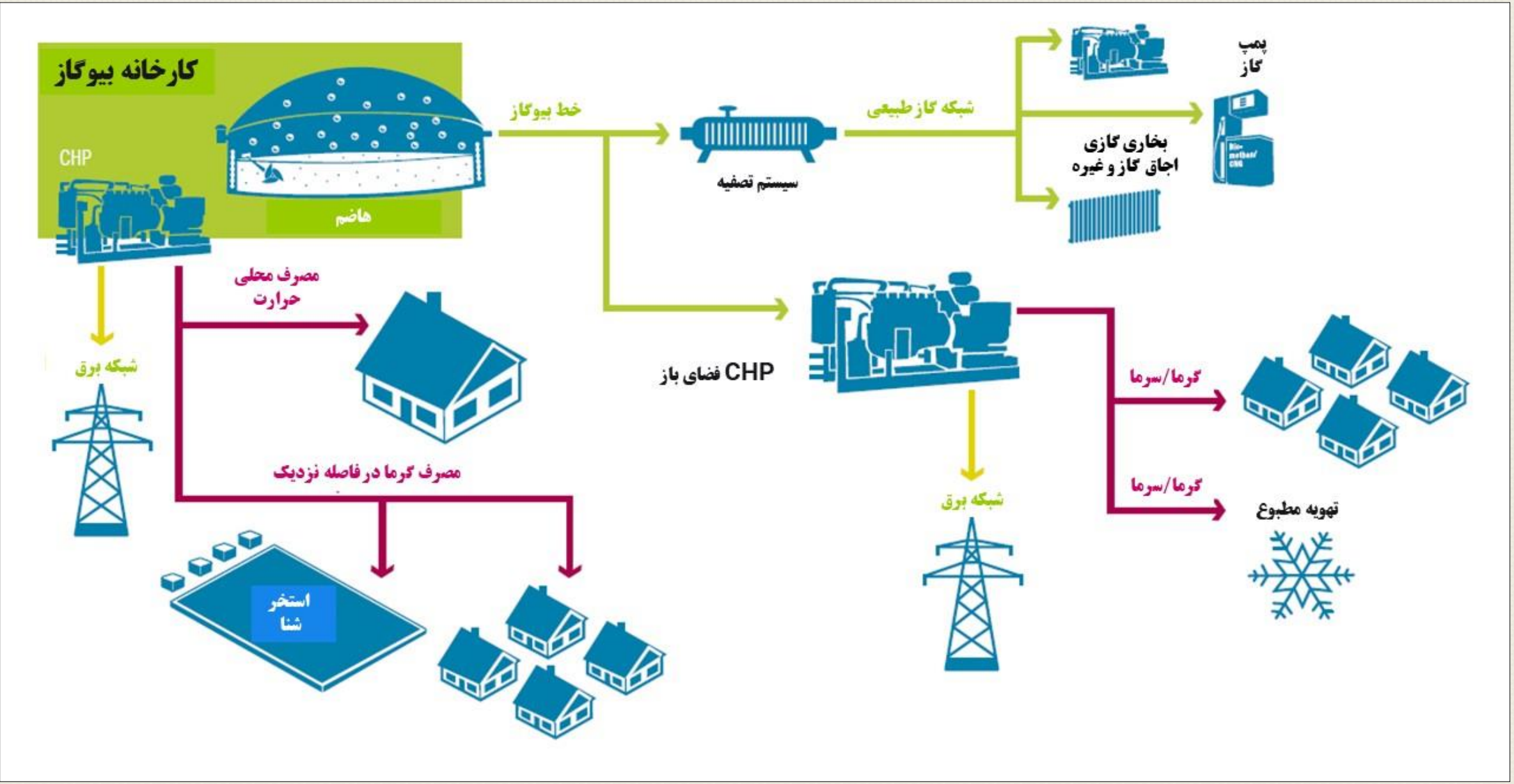
به طور معمول، برای تولید ۱ تا ۱.۵ مترمکعب بیوگاز، تقریباً ۱۰ کیلوگرم مواد زائد آشپزخانه و بازار لازم است. این مقدار بیوگاز تقریباً حاوی ۶ کیلووات ساعت انرژی است که جایگزین ۰.۵ لیتر سوخت دیزل می-باشد

ارتقاء بیوگاز (تولید بیومتان)

قبل از تزریق به شبکه گاز طبیعی یا استفاده به عنوان سوخت خودرو، بیوگاز باید تحت یک فرآیند ارتقاء قرار گیرد، که در آن همه آلاینده ها و همچنین دی اکسید کربن حذف شده و محتوای متان باید از ۵۰ تا ۷۵ درصد به بیش از ۹۵ درصد افزایش یابد. بیوگاز ارتقا یافته اغلب بیومتان نامیده می شود.

وقتی از بیوگاز برای تولید برق استفاده می شود ، بازده فرایند بستگی به اندازه و فناوری CHP دارد و بین ۳۱ تا ۴۳ درصد برای برق ، ۳۵ تا ۶۰ درصد برای حرارت ، با بازده کلی ۷۸ تا ۹۱ درصد متغیر است.

استفاده از ماده هضم شده به عنوان کود آلی می تواند به طرق مختلف بر پایداری تأثیر بگذارد. می تواند کودهای معدنی را جایگزین کـــرده و در نتیجه اثرات زیست محیطی و ردپای کربن و هزینه های استفاده از کود را کاهش دهد. به طور کلی ، ترکیب ماده هضم شده به مواد اولیـــه بســـتگی دارد و ترکیب نسبی نیتروژن (N) ، فسفر (P) ، پتاسیم (K) و گـــوگرد (S) می تواند به طور قابل توجهی متفاوت باشد.



نمایش نمادین برخی از را های بهره برداری از بیوگاز

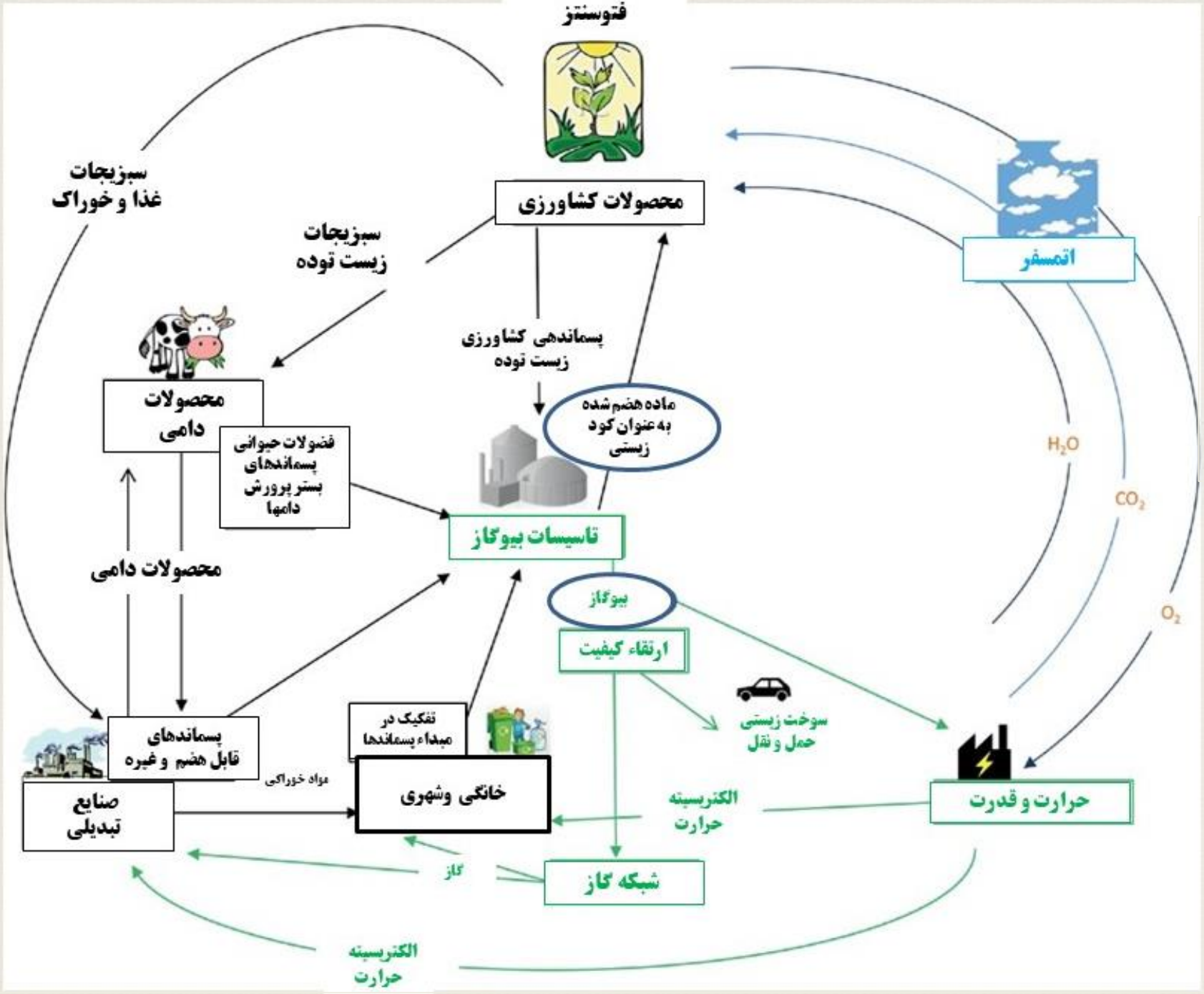
اهمیت هضم پسماند در کشورهای درحال‌توسعه

1. مدیریت تلفیقی پسماندها و منابع
2. کاهش آلودگی محیط زیستی
3. تامین انرژی سبز ، بازیابی انرژی ، تولید انرژی پایدار
4. تکمیل چرخه مواد غذایی
5. کاهش هزینه نسبت به زباله سوزی
6. تولید کودآلی با کالری بالا ، بهبود کیفیت خاک
7. تولید چرخه کربن خنثی – کاهش انتشار گازهای گلخانه ای
8. ایجاد اشتغال
9. کاهش بو ، بیماری ، آلودگی خاک ، آلودگی آبهای سطحی و زیر زمینی
10. کاهش مصرف سوخت
11. کاهش تولید گاز از محل های دفن پسماند
12. کاهش فشار بر ظرفیت دفن پسماند و فشار بر زمین
13. کاهش تعارضات، هزینه‌ها و بارهای اجتماعی موجود

کارکرد چندگانه بیوگاز در اقتصاد چرخشی تحت عناوین زیر مورد بحث قرار می گیرد:

1. بیوگاز به عنوان حامل انرژی ؛
2. کاهش انتشار گازهای گلخانه ای ؛
3. امنیت انرژی ؛
4. بیوگاز به عنوان مواد اولیه – استفاده بیشتر از دی اکسید کربن و متان.
5. بیوگاز از AD به عنوان پاک کننده جریان پسماند های آلی ؛
6. تصفیه بیوگاز برای کیفیت بهتر آب ؛
7. ابزار آگاهی در مورد تفکر چرخشی ؛
8. بیوگاز در کشاورزی ؛
9. ایجاد توازن درآمد برای مناطق روستایی ؛ و
10. چالش های استفاده از ضایعات به عنوان مواد اولیه.

نحوه قرار گیری نیروگاه بیوگاز با هضم مشترک در اقتصاد چرخشی



AL SEADI, T., STUPAK, I., SMITH, C. T. (2018) Governance of environmental sustainability of manure-based centralised biogas production in Denmark. Murphy, J.D. (Ed.) IEA

با سپاس فراوان