



ANALIZA EKOLOGICZNYCH SKUTKÓW FUNKCJONOWANIA SYSTEMU GOSPODARKI ODPADAMI

**dr hab. inż. Agnieszka GENEROWICZ, prof.
Politechniki Krakowskiej**

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

KRYTERIA WYBORU OPTYMALNEGO SYSTEMU GOSPODARKI ODPADAMI

- Techniczne
- Ekologiczne
- Ekonomiczne
- Społeczne

CEL i METODYKA

- przedstawienie metody analizy i wyboru systemu gospodarki odpadami, który w aspekcie oddziaływania na środowisko będzie systemem najkorzystniejszym dla regionu, gdzie pracuje.
- czynnik ekologiczny wpływa zarówno na czynnik ekonomiczny (wzrastające koszty przetwarzania odpadów oraz zabezpieczenia środowiska przed wpływem instalacji), jak i na czynnik społeczny (obawy mieszkańców przed wpływem na środowisko oraz zdrowie i życie).

ETAPY ANALIZY

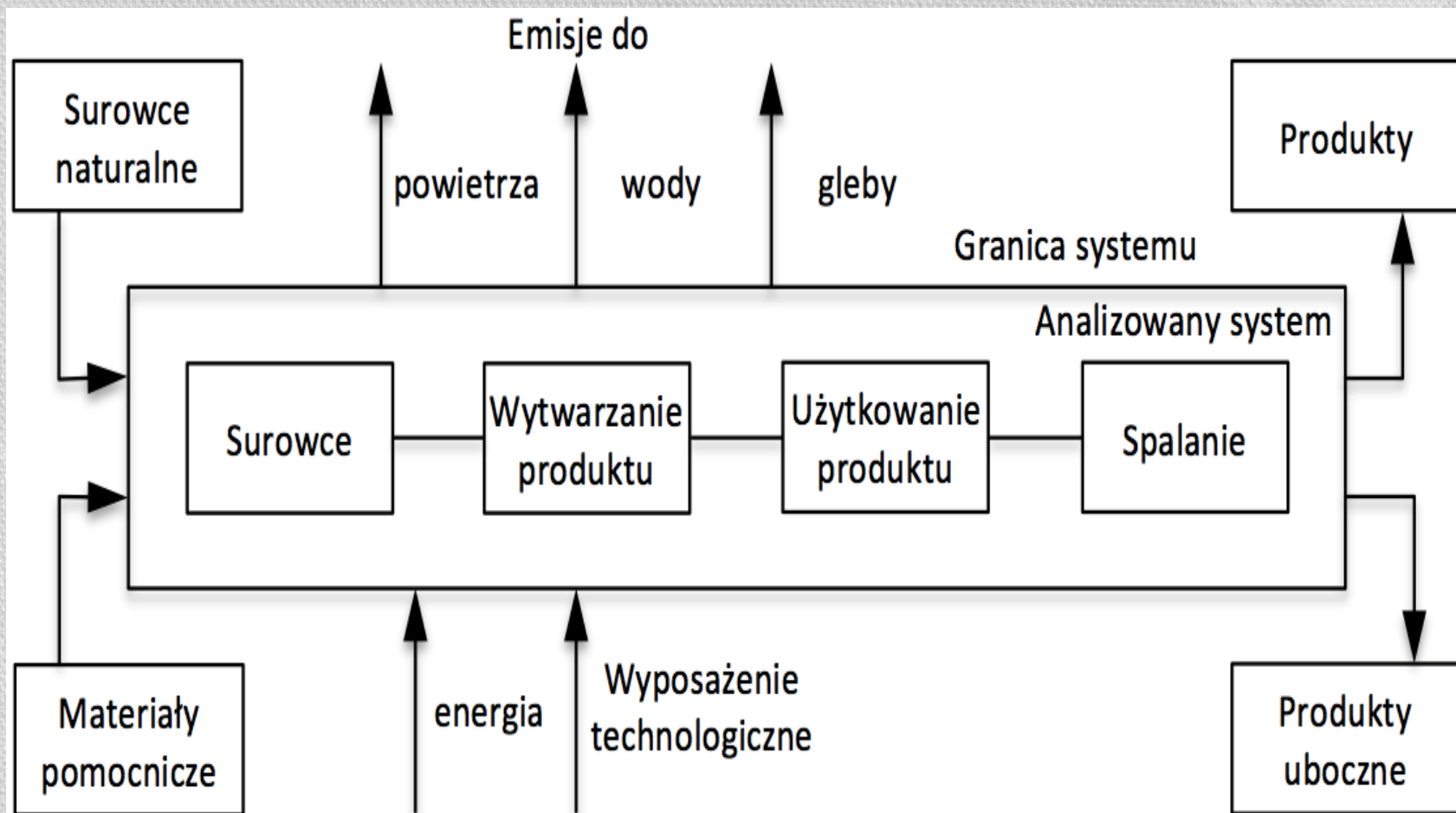
- opracowanie wariantów systemu gospodarki odpadami dla wybranego regionu,
- bilans ilościowy i jakościowy poszczególnych strumieni odpadów powstających w regionie oraz metody ich zagospodarowania w opracowanych wariantach,
- obliczenie i ocena emisji od poszczególnych wariantów systemu, z wykorzystaniem programu IWM – 2,
- analiza decyzyjna i wybór systemu, który a jak najmniejszym stopniu będzie wpływał na środowisko naturalne.

OKREŚLENIE SKUTKÓW EKOLOGICZNYCH

Integrated Waste Model (IWM - 2)

- opracowany przez firmę Procetr & Gamble
- służy dla oceny ekologicznej systemów gospodarki odpadami komunalnymi
- ma za zadanie określenie obciążenia środowiska oraz oszacowania ekonomicznych kosztów systemu gospodarki odpadami w wyniku funkcjonowania systemu gospodarki odpadami.
- w niniejszym opracowaniu wykorzystano model wyłącznie do obliczenia obciążenia środowiskowego.
- oparty jest o analizę LCA (analizę cyklu życia) i wykorzystuje jej pierwszy etap: LCI (Life Cycle Inventory), czyli ustalenie zbiorów wejść i wyjść z analizowanego systemu gospodarki odpadami (analiza inwentarzowa)

Analiza bilansowa technologii lub produktu – analiza zbioru wejść i wyjść



ANALIZA DECYZYJNA

wybór systemu najkorzystniejszego w aspekcie środowiskowym

Metoda sum ważonych

$$U(s_n) = \sum_{m=1}^M w_m \times (r'_{nm} - x^*_m); m = 1, \dots, M$$

gdzie:

$U(s_n)$ – funkcja użyteczności strategii s_n

n – ilość strategii

m – ilość kryteriów

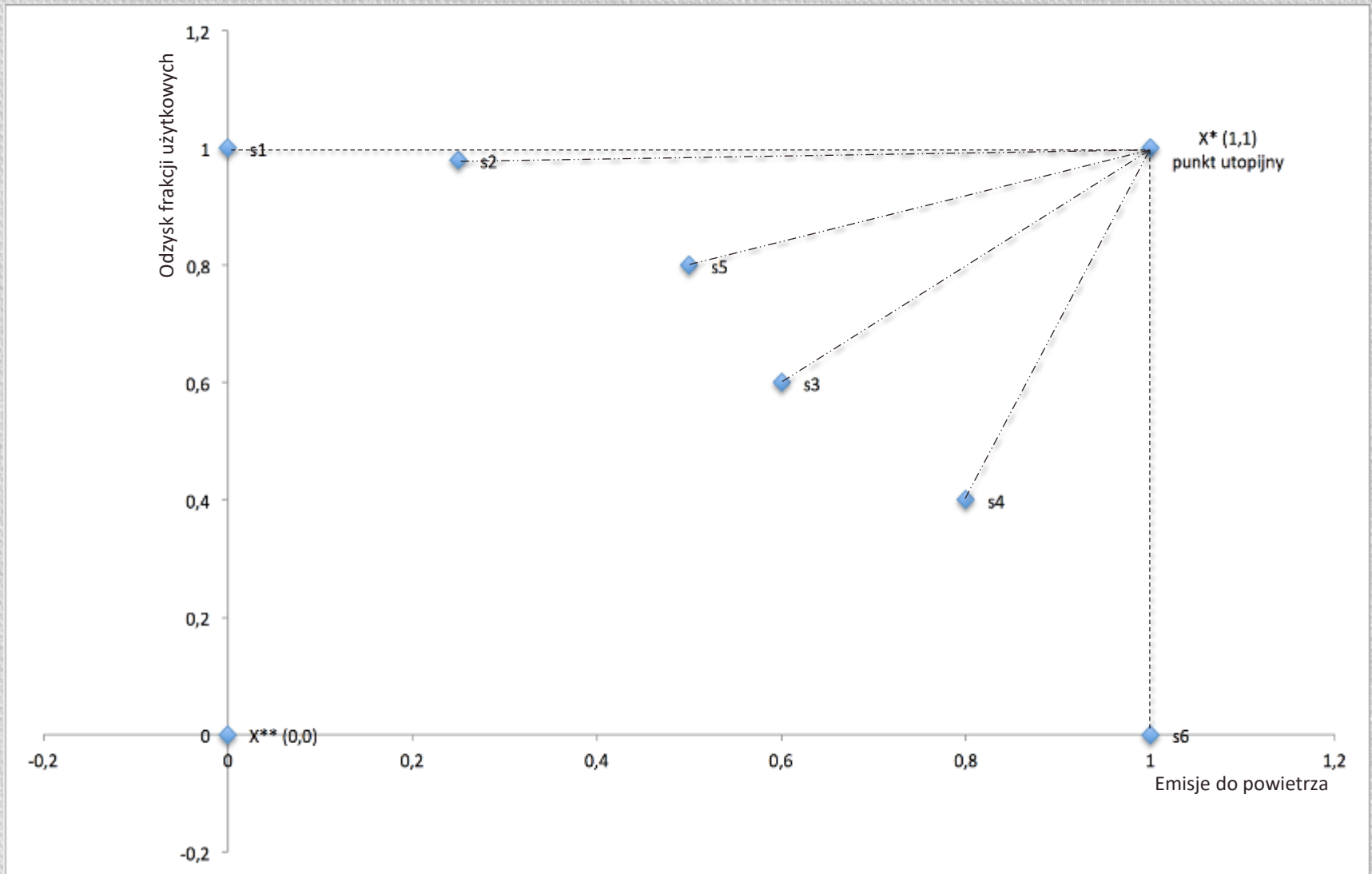
w_m – waga poszczególnych kryteriów, przyjmowana przez decydenta

r'_{NM} – znormalizowane kryterium oceniające

x^*_m – m – ta współrzędna nadiru, strategii najbardziej niekorzystnej

$$s_j \square U(s_j) = \max U(s_n); n = 1, \dots, N$$

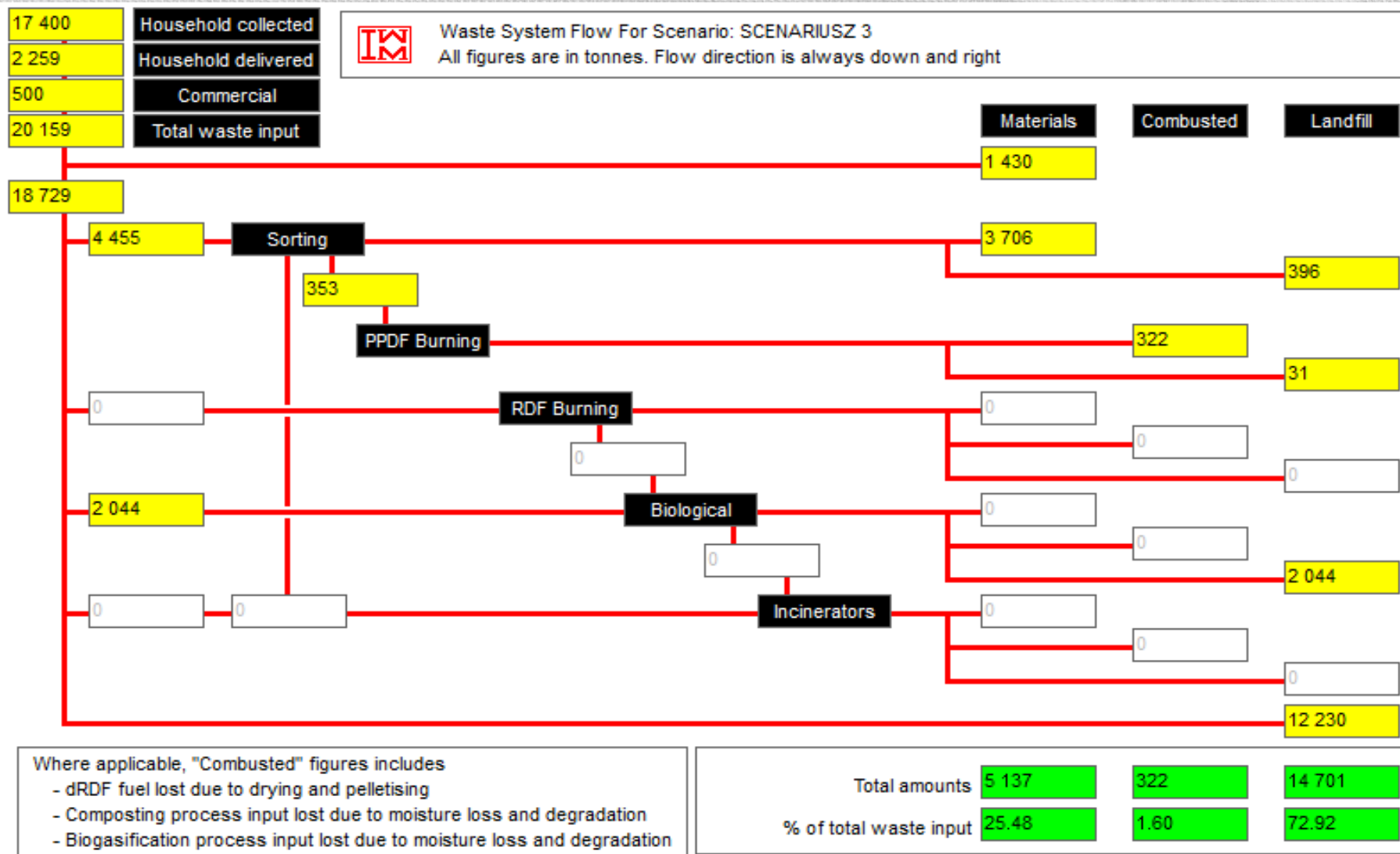
Graficzna ilustracja idei punktu utopijnego



Przykładowa jednostka osadnicza

- 60 tys. mieszkańców, wskaźnik nagromadzenia odpadów 290 kg/ M rocznie; morfologia odpadów: papier – 10 %, szkło 12 %, metal – 8 %, tworzywa sztuczne – 10 %, odpady organiczne – 38 %, odpady pozostałe - 22 %.
- Założono trzy scenariusze funkcjonowania systemu gospodarki odpadami, wszystkie oparte i segregację frakcji użytkowych i odpadów zielonych,
- W pierwszym z nich wysegregowana frakcja użytkowa 40 ton rocznie oraz część odzyskanej frakcji odpadów zielonych została poddana procesowi kompostowania. Procent odzysku i redukcji odpadów do składowania wynosił zaledwie 0,21.
- Scenariusz drugi zakładał sortowanie odpadów „u źródła” na poziomie prawie 80 ton rocznie, z czego około 550 ton rocznie będzie kierowane do recyklingu, a reszta kierowana będzie do składowania. Zwiększona też będzie ilość odpadów zielonych – kierowanych do kompostowania.
- Trzeci analizowany scenariusz zakłada znaczny wzrost masy segregowanych odpadów, tak że poziom redukcji odpadów do składowania wynosić będzie ponad 25 % masy.
- W analizie nie były brane pod uwagę koszty

Schemat scenariusza 3 dla analizowanej jednostki



Wynik

emisje do środowiska w wyniku funkcjonowania poszczególnych scenariuszy

Grupy kryteriów	Kryteria oceniające	Jednostka	Scenariusz 1	Scenariusz 2	Scenariusz 3
Produkty funkcjonowania systemu	odpady inne niż niebezpieczne	Mg	18 590	18 665	14 696
	odpady niebezpieczne	Mg	0	3	5
	odzysk energii	Mg	-10	-84	-1 037
	odpady poddane recyklingowi	Mg	-45	-632	-5 241
Emisje do powietrza	pyły	g	17 440	-278 517	-3 910 723
	CO	g	3 244 369	2 564 677	-15 499 532
	CO ₂	g	3 631 523 445	3 600 462 939	128 421 833
	CH ₄	g	353 617 369	367 303 635	338 435 666
	NO _x	g	3 460 854	3 113 104	-668 313

Ostateczny wynik

- emisje do środowiska naturalnego w wyniku funkcjonowania poszczególnych scenariuszy, przedstawiane są na poszczególnych etapach funkcjonowania systemu oraz dla każdego komponentu środowiska oddzielnie: emisja odpadów stałych, emisje do powietrza i emisje do wody; dodatkowo w rozbiciu na poszczególne związki chemiczne.
- sumaryczne emisje otrzymane w wyniku funkcjonowania poszczególnych scenariuszy gospodarki odpadami zestawione w tabeli mogą stanowić macierz decyzyjną dla wyboru rozwiązania systemu najkorzystniejszego dla środowiska naturalnego.

Wagi kryteriów oceniających	Uszeregowania rozwiązań
1:1:1	scenariusz 3 → scenariusz 1 → scenariusz 2
2:1:1	scenariusz 3 → scenariusz 1 → scenariusz 2
1:2:1	scenariusz 3 → scenariusz 1 → scenariusz 2
1:1:2	scenariusz 3 → scenariusz 1 → scenariusz 2
5:1:1	scenariusz 3 → scenariusz 1 → scenariusz 2
1:5:1	scenariusz 3 → scenariusz 1 → scenariusz 2
1:1:5	scenariusz 3 → scenariusz 1 → scenariusz 2
1:2:2	scenariusz 3 → scenariusz 1 → scenariusz 2
1:5:5	scenariusz 3 → scenariusz 1 → scenariusz 2
2:1:2	scenariusz 3 → scenariusz 1 → scenariusz 2
5:1:5	scenariusz 3 → scenariusz 1 → scenariusz 2
2:2:1	scenariusz 3 → scenariusz 1 → scenariusz 2
5:5:1	scenariusz 3 → scenariusz 1 → scenariusz 2
Kryteria: „odpady poddane recyklingowi” + „CO ₂ ” + „CH ₄ ” otrzymują wagę 2; podczas gdy pozostałe kryteria otrzymują wagę 1	scenariusz 3 → scenariusz 1 → scenariusz 2
Kryteria: „odpady poddane recyklingowi” + „CO ₂ ” + „CH ₄ ” otrzymują wagę 5; podczas gdy pozostałe kryteria otrzymują wagę 1	scenariusz 3 → scenariusz 1 → scenariusz 2

Wnioski

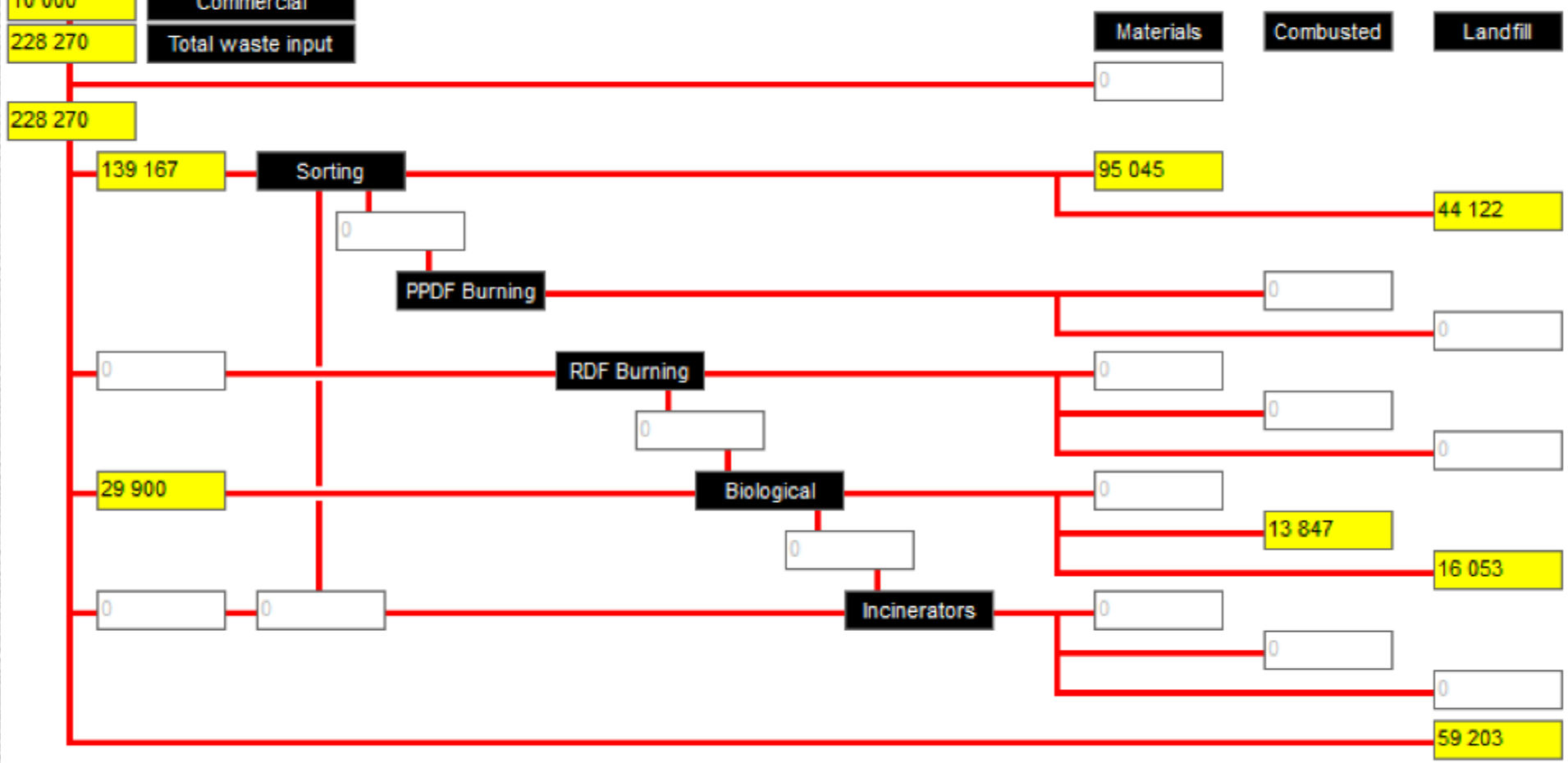
- Zaproponowana metodyka pozwala na ocenę i wybór systemu gospodarki odpadami, który będzie w jak najmniejszym stopniu, oddziaływał na środowisko naturalne regionu.
- Wykorzystany do obliczeń model oparty jest o bilans (ilościowy i jakościowy) strumienia odpadów dla funkcjonującego systemu gospodarki odpadami; w wyniku wykonanego bilansu otrzymuje się bilans emisji wprowadzanych do poszczególnych komponentów środowiska naturalnego (Life Cycle Inventory),
- Odpowiednio dobrane i prawidłowo obliczone w modelu IWM – 2 wartości emisji do środowiska stanowią bazę do wielokryterialnego wyboru i oceny rozwiązań wariantowych w aspekcie ich wpływu na środowisko.
- Zaproponowana metodyka może stanowić narzędzie w analizie i wyborze systemu gospodarki odpadami w regionie, uwzględniając dodatkowo wagi nakładane przez decydenta na poszczególne kryteria.

Waste System Flow



218 270	Household collected
0	Household delivered
10 000	Commercial
228 270	Total waste input

 Waste System Flow For Scenario: AGA
All figures are in tonnes. Flow direction is always down and right



Where applicable, "Combusted" figures includes

- dRDF fuel lost due to drying and pelletising
- Composting process input lost due to moisture loss and degradation
- Biogasification process input lost due to moisture loss and degradation

Total amounts	95 045	13 847	119 377
% of total waste input	41.64	6.07	52.30

Waste System Flow

218 270	Household collected
0	Household delivered
10 000	Commercial
228 270	Total waste input

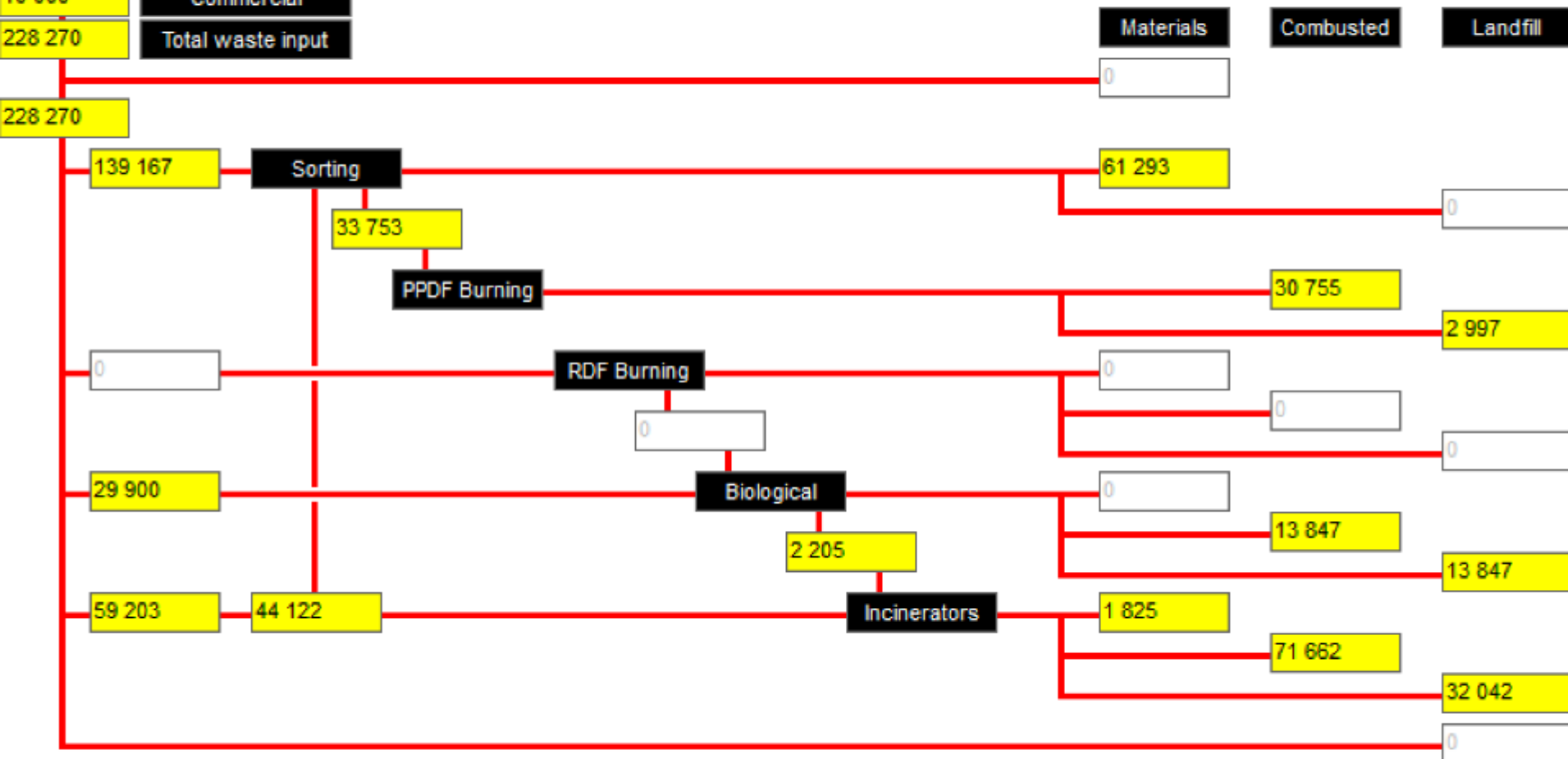


Waste System Flow For Scenario: AGA1

All figures are in tonnes. Flow direction is always down and right

Print/Export

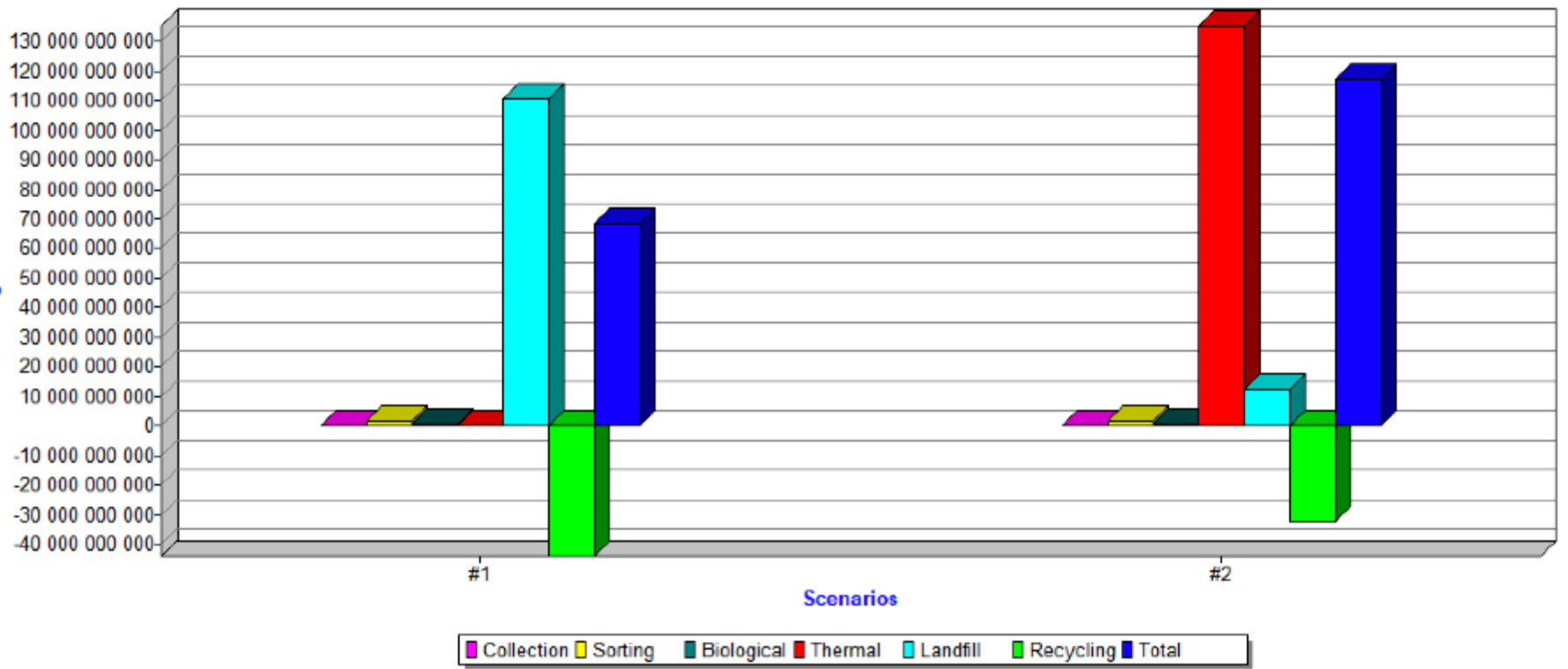
Close



Where applicable, "Combusted" figures includes

- dRDF fuel lost due to drying and pelletising
- Composting process input lost due to moisture loss and degradation
- Biogasification process input lost due to moisture loss and degradation

Total amounts	63 118	116 265	48 887
% of total waste input	27.65	50.93	21.42

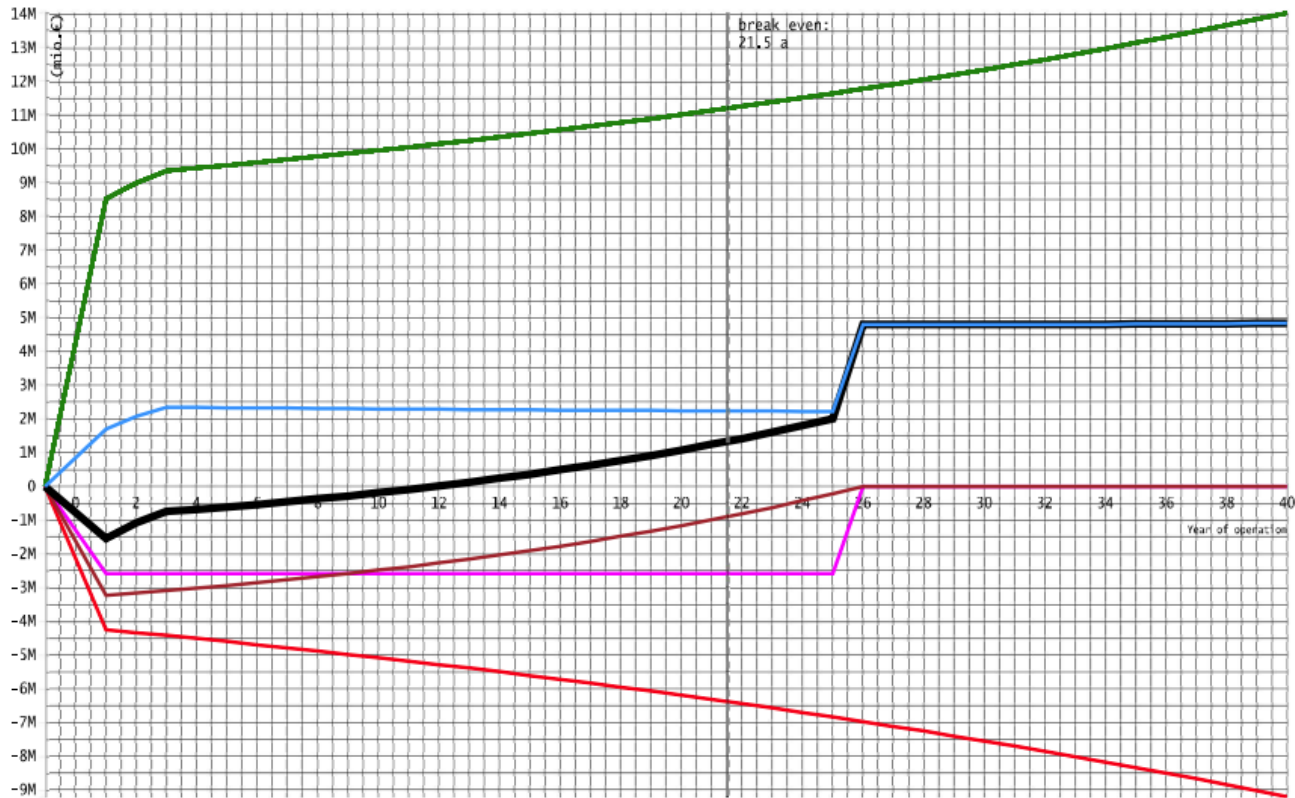


Porównanie kosztów

- Używając narzędzia opracowanego przez UI Niemcy (Umwelttechnik und Ingenieure) dokonano analizy kosztów i korzyści związanych z funkcjonowaniem instalacji termicznego przekształcania odpadów. Licząc okres zwrotu z inwestycji wynoszący 21 lat uzyskano cenę za termiczne przekształcenie odpadów wynoszącą 270,22 zł/Mg.
- Na podstawie danych ze sprawozdań ZGO SA ustalono koszt brutto składowania 1Mg odpadów wynoszący 443,74 zł,
- Rynkowa cena odebrania do przetworzenia odpadów resztkowych w rejonie waha się od 440,00 do 590,00 zł/Mg

User data	
Quality of installation	average industr.
Waste amount combustion	100,000 t/a
Lower calorific value	12,9 MJ/kg
Availability	8,000 h/a
Energy usage	mix electricity.
Exchange rate Euro to:	Euro ▼ 1
Residues disposal (ash, slag, others)	25 €/t
Residues disposal (hazardous)	225 €/t
Gate fee	55,6 €/t
Electricity sold specific price	45 €/MWh
Heat sold specific price	10 €/MWh
Depreciation and credit repayment period	25 a
Basic data	
Total firing capacity	44.8 MW
Number of firing lines	1 pcs
Firing capacity per line	44.8 MW
Electric efficiency	20.0 %
Power generation, gross	9.0 MW
Electric auxiliary power	0.90 MW
Power generation, net	8.1 MW
Energy output, net	64,500 MWh/a
Heat efficiency	30.0 %
Heat output, net	107,500 MWh/a

Capex	
Machines	43.7 Mio.€
Electrics	9.7 Mio.€
Civil works	6.5 Mio.€
Operation	
Operating resources	35 kg/t
Residues (ash, slag, others)	200 kg/t
Residues (hazardous)	45 kg/t
Opex & revenues	
Costs operating resources	125 €/t
Personnel costs	0.8 Mio.€/a
Maintenance machines	2.5% of capex / a
Maintenance electrics	2.5% of capex / a
Maintenance civil works	2.5% of capex / a
Electricity sold	2,902,500 €/a
El. sold price rise from year 2	2.5 % p.a.
Heat sold	1,075,000 €/a
Heat price rise from year 2	1 % p.a.
Economic parameters	
Opex price rise	2 % p.a.
Interest rate	5 %
Equity ratio	0 %
Annuity factor	7.1 %



Dziękuję za uwagę

