



Co-funded by  
the European Union



Sumy National  
Agrarian University

# АНАЛІЗ ТА ПОБУДОВА КАРТИ МАТЕРІАЛЬНИХ ПОТОКІВ ЯК ПОЧАТКОВА СТАДІЯ ОЖЦ

Інна Коблянська,  
к.е.н., доцент, доцент кафедри економіки  
та підприємництва Сумського НАУ,  
[koblianska@protonmail.com](mailto:koblianska@protonmail.com)



Co-funded by  
the European Union



Sumy National  
Agrarian University

- 
1. Аналіз матеріальних потоків: зміст та базова термінологія
  2. Поняття системи та методологія АМП
  3. Програмне забезпечення для АМП

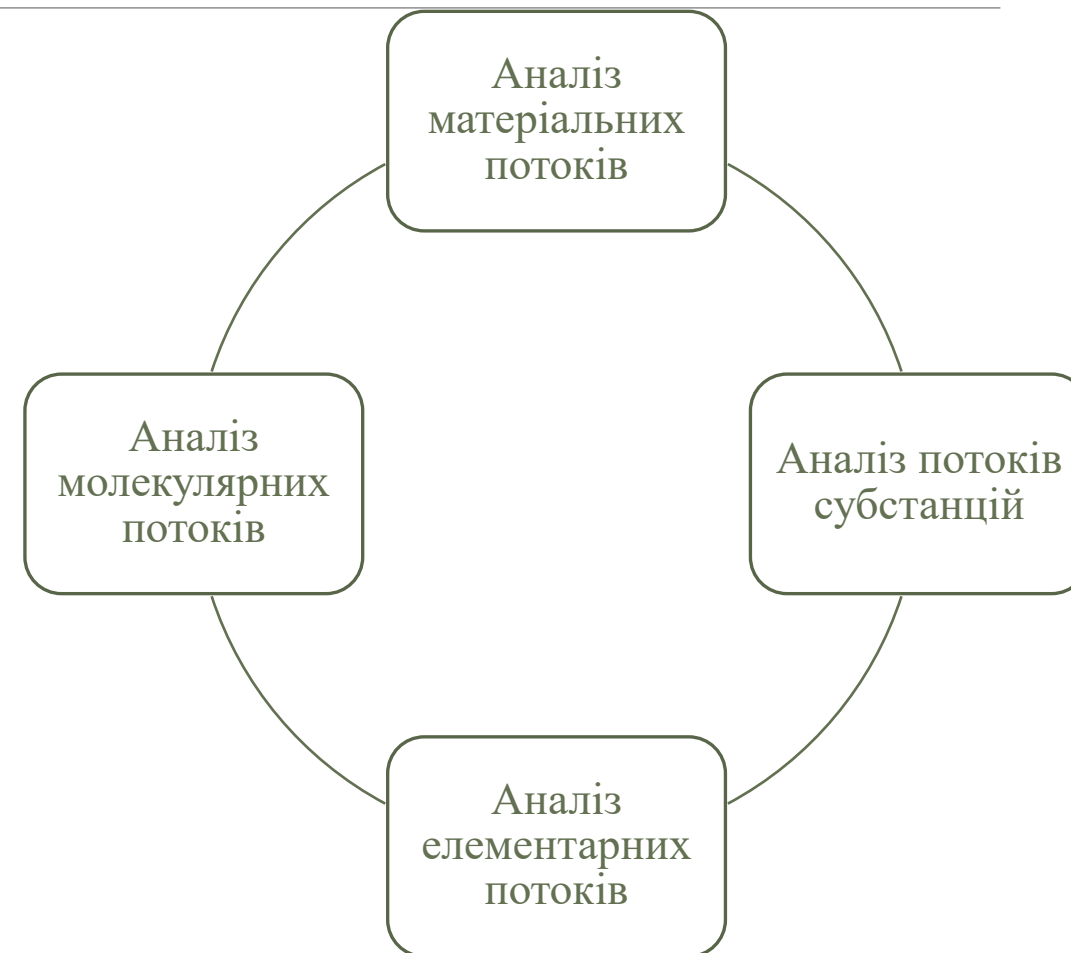
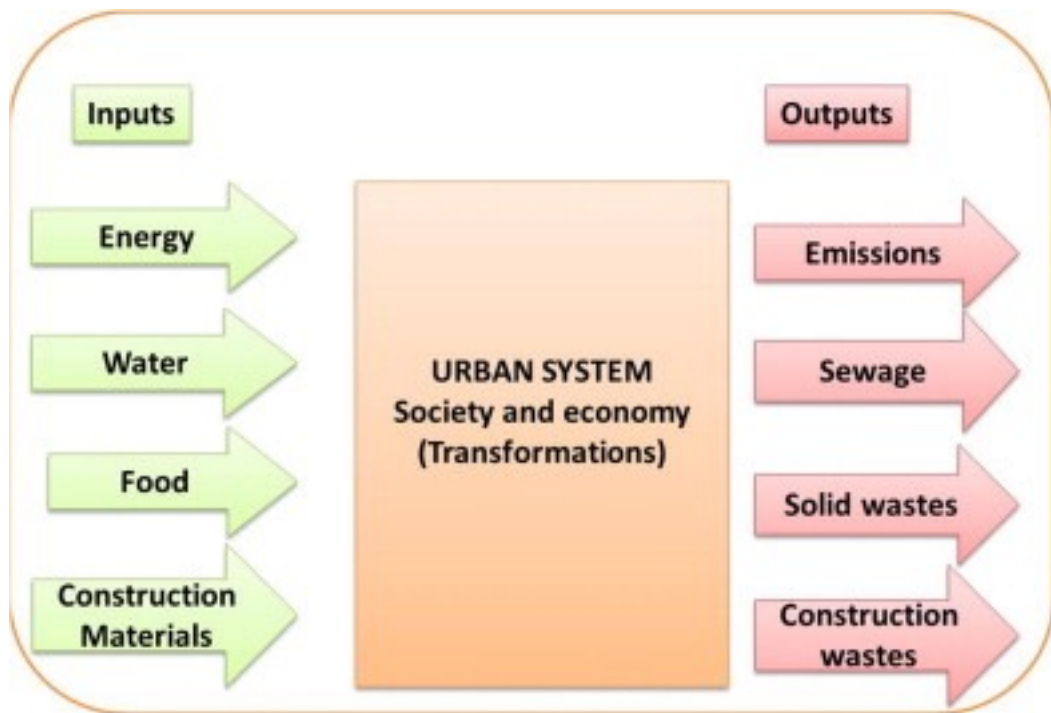


## Аналіз матеріальних потоків: зміст та базова термінологія

### ➤ *Аналіз матеріальних потоків, Material Flow Analysis*

- Система
- Потік та запас матеріалів
- Напрямок руху матеріалів та кількісні показники
- Балансовий метод
- Закон збереження маси
- Метод прийняття рішень в управлінні ресурсами
- Витрати ресурсів, втрати, відходи, джерела екологічного впливу
- Метод дослідження метаболізму систем (антропогенних, геогенних)

## Аналіз матеріальних потоків: зміст та базова термінологія



[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.sciencedirect.com%2Fscience%2Farticle%2Fpii%2FS1470160X1300407X&psi.g=AOvVaw35y1\\_VOdh4IdPL0qtcyozQ&ust=1651007621235000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCKir-OyQsPcCFQAAAAAdAAAAABAt](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.sciencedirect.com%2Fscience%2Farticle%2Fpii%2FS1470160X1300407X&psi.g=AOvVaw35y1_VOdh4IdPL0qtcyozQ&ust=1651007621235000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCKir-OyQsPcCFQAAAAAdAAAAABAt)



## Аналіз матеріальних потоків: зміст та базова термінологія

### *Призначення АМП*

- Завчасне виявлення можливих екологічних проблем
- Ідентифікація нових можливостей для задоволення базових потреб
- Збалансування впливу та можливостей адаптації (з екологічної та економічної точки зору)
- Прозорість функціонування системи та системна ефективність
- Порівняння процесів та систем
- Застосування в промисловій екології, управлінні ресурсами, відходами, поведінкою споживачів

## Аналіз матеріальних потоків: зміст та базова термінологія

**Цілі АМП** | дослідження потоків та запасів будь-якої системи, що має матеріальну природу з метою кращого розуміння патернів її функціонування

**Завдання АМП**

- Ідентифікація потоків та запасів;
- Спрощення системи;
- Кількісне вимірювання потоків та запасів;
- Презентація оцінок;
- Використання результатів АМП в прийнятті рішень.



## Аналіз матеріальних потоків: зміст та базова термінологія

### *Термінологія АМП*

- Матеріал / товар / субстанція
- Процес: транспортування / трансформація / зберігання
- Запаси / потоки / надходження
- Процеси / потоки; системи / запаси / потоки / процеси;  
внутрішні потоки / імпорт / експорт
- Активність (операція / дія) / потреба





## Аналіз матеріальних потоків: зміст та базова термінологія

### *Потреби*

- харчування
- чищення
- розміщення та робота
- транспорт та комунікація

### *Активності*

- виробництво, переробка, дистрибуція, споживання їжі та поводження з відходами та емісіями;
- миття, видалення відходів, прибирання, прання; чищення у промисловості;
- будівництво, обслуговування, утримання та експлуатація будівель для життя та роботи; одяг;
- транспортування енергії, матеріалів, людей, інформації, будівництво інфраструктури та виробництво, експлуатація технічних засобів





## Поняття системи та методологія АМП

### Система в АМП:

Елементи

Взаємозв'язки

Межі в просторі та часі

Простота / балансування / ітеративність

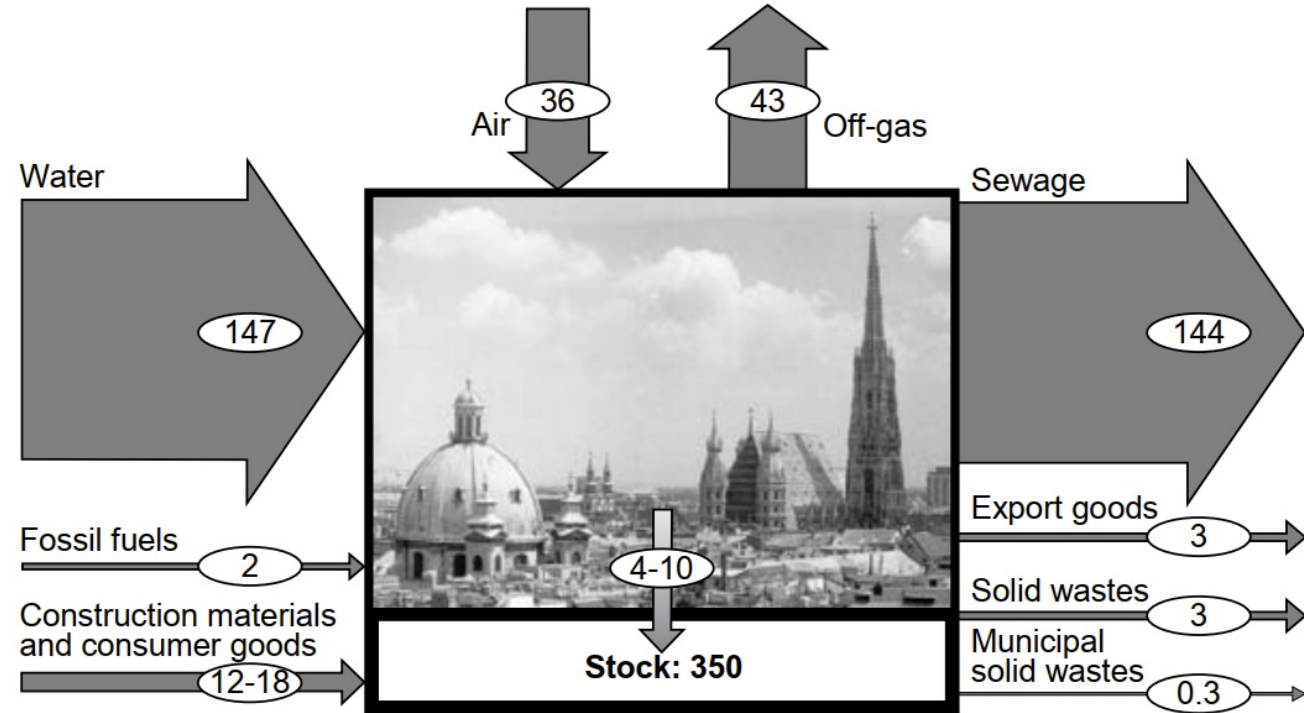


Рисунок 2.1 – Матеріальні потоки м. Відень, 1990 р.  
Джерело: (Brunner & Rechberger, 2004, р. 24)

## Поняття системи та методологія АМП

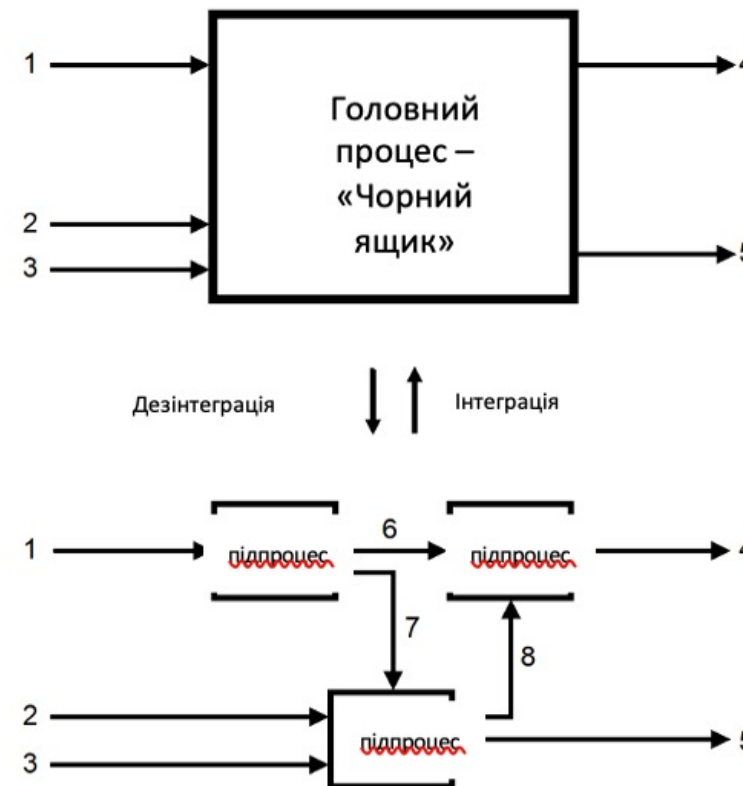
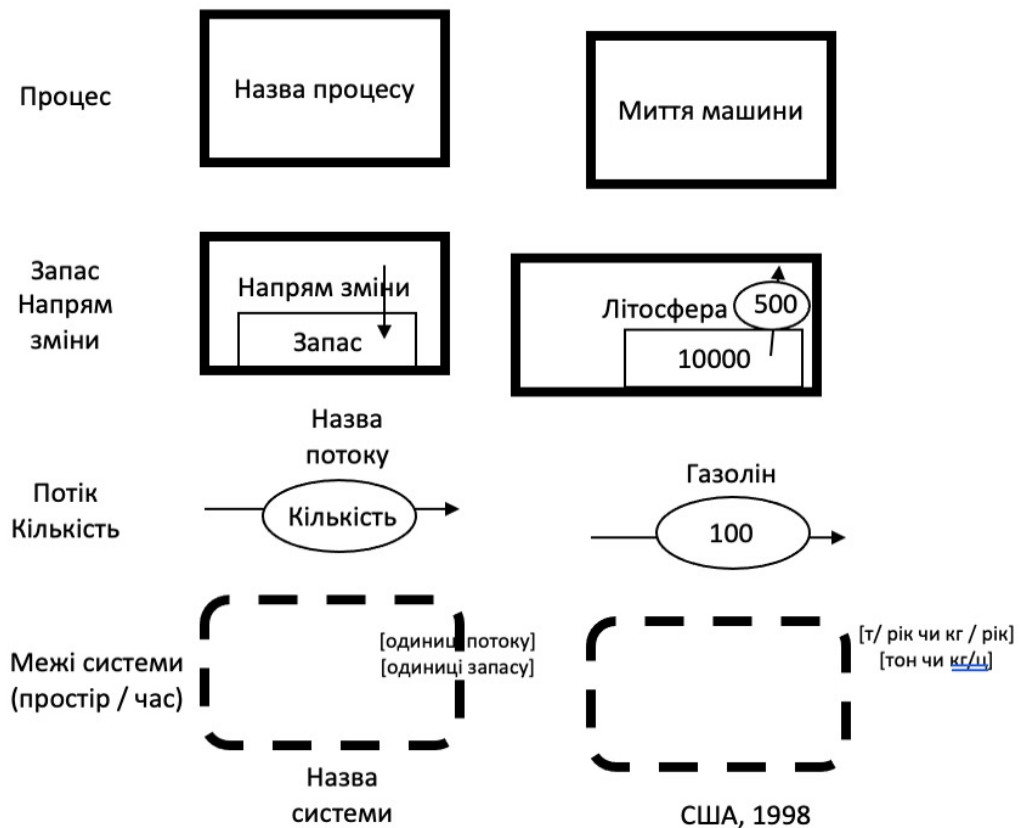
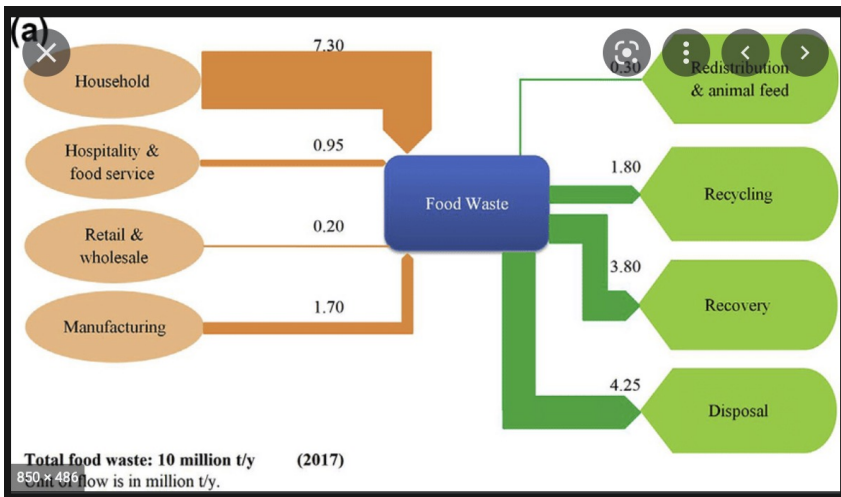
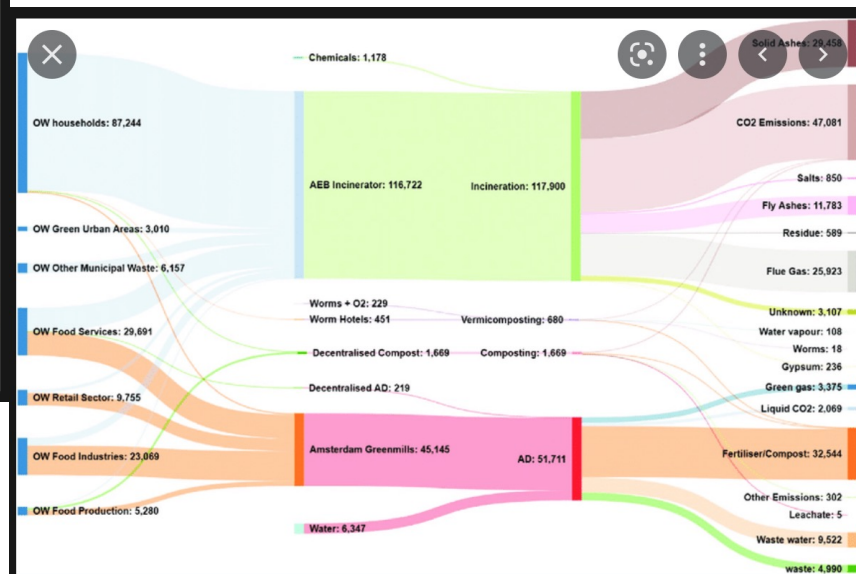


Рисунок 2.2 – Основні символи, що використовуються для побудови карт матеріальних потоків  
Джерело: (Brunner & Rechberger, 2004, p. 32); (Brunner & Rechberger, 2004, p. 32) с. 39

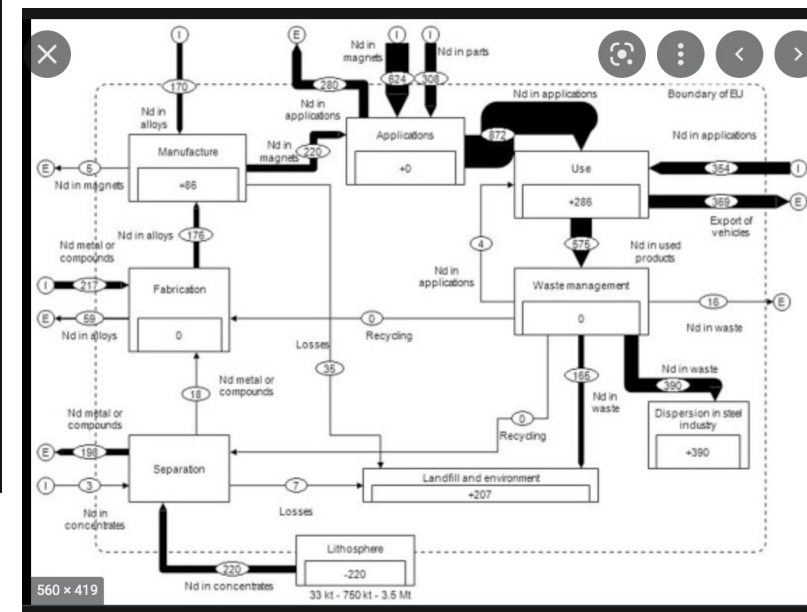
## Поняття системи та методологія АМП



[https://www.researchgate.net/publication/332486132\\_Sustainable\\_waste\\_management\\_through\\_synergistic\\_utilisation\\_of\\_commercial\\_and\\_domestic\\_organic\\_waste\\_for\\_efficient\\_resource\\_recovery\\_and\\_valorisation\\_in\\_the\\_UK/figures?lo=1&utm\\_source=google&utm\\_medium=organic](https://www.researchgate.net/publication/332486132_Sustainable_waste_management_through_synergistic_utilisation_of_commercial_and_domestic_organic_waste_for_efficient_resource_recovery_and_valorisation_in_the_UK/figures?lo=1&utm_source=google&utm_medium=organic)



[https://www.researchgate.net/publication/342719017\\_Designing\\_Circular\\_Waste\\_Management\\_Strategies\\_The\\_Case\\_of\\_Organic\\_Waste\\_in\\_Amsterdam/figures?lo=1&utm\\_source=google&utm\\_medium=organic](https://www.researchgate.net/publication/342719017_Designing_Circular_Waste_Management_Strategies_The_Case_of_Organic_Waste_in_Amsterdam/figures?lo=1&utm_source=google&utm_medium=organic)



<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652615004989>

## Поняття системи та методологія АМП

### Елементи системи (специфіка розуміння):

- Процеси транспортування та зберігання
- Потоки та надходження
- Опис потоків матеріалів та субстанцій

Таблиця 2.1 – Приклади потоків та надходжень (Flux)

Речовина	Система	Референтна величина	Кількісне значення референтної величини	Потік	Надходження
Споживання паперу	Швейцарія	населення Швейцарії	7,3 млн	1,8 млн т/рік	246 кг паперу на людину на рік
Поводження з відходами	Спадовач відходів	площа	50 м <sup>2</sup>	15 т відходів / год	300 кг відходів на м <sup>2</sup> *год
Викиди SO <sub>2</sub>	Швейцарія	площа держави	42 000 км <sup>2</sup>	30000 т SO <sub>2</sub> /рік	0,7 г SO <sub>2</sub> на м <sup>2</sup> *рік
Загальне надходження азоту	Відень	площа міста	415 км <sup>2</sup>	1400 т азоту / рік	3,4 г азоту на м <sup>2</sup> в рік

Джерело: (Brunner & Rechberger, 2004, p. 41)



## Поняття системи та методологія АМП

### Взаємозв'язки системи: □ Трансферний коефіцієнт

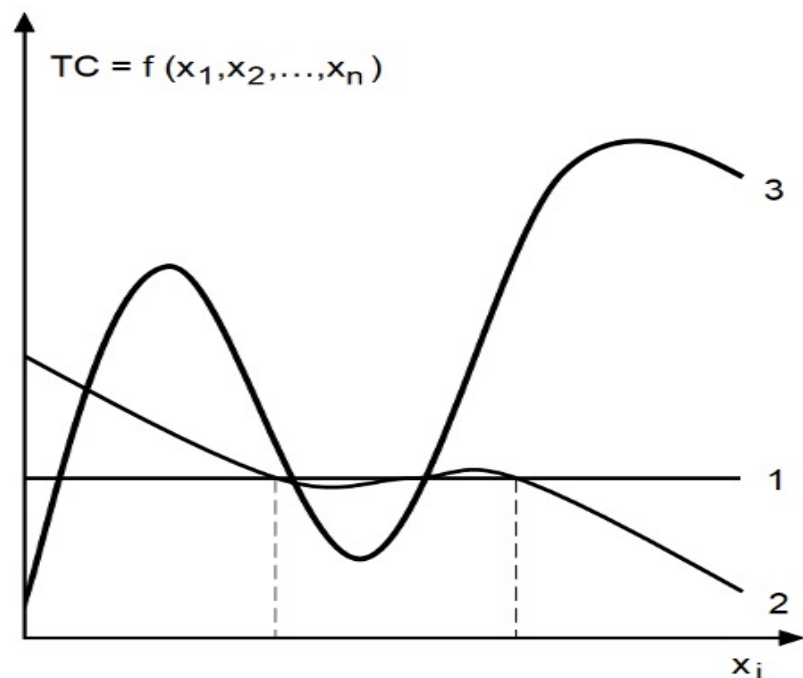


Рисунок 2.4 – Різні типи трансфертних коефіцієнтів: TC1 – не залежить від параметру  $x_i$ ; TC2 можна розглядати як постійний в певних межах  $x_i$ ; TC3 – дуже чутливий до зміни параметру  $x_i$ .

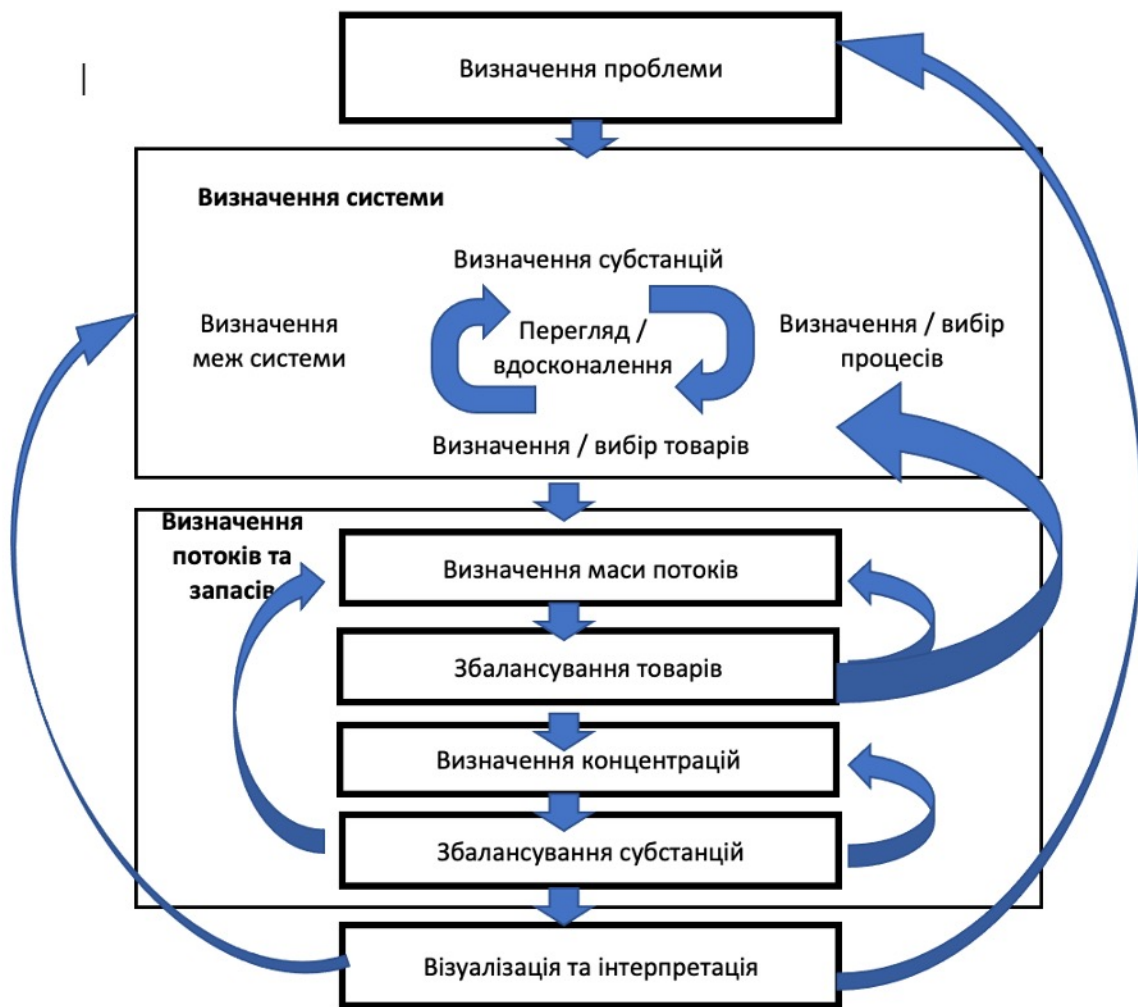
Джерело: (Brunner & Rechberger, 2004)

$$TC_i = \frac{\dot{X}_{O,i}}{\sum_{i=1}^{k_I} \dot{X}_{I,i}} \quad (2.1)$$

$$\sum_{i=1}^{k_O} TC_i = 1 \quad (2.2)$$

де  $k_I$  – кількість вхідних потоків;  $k_O$  – кількість вихідних потоків.

## Поняття системи та методологія АМП



### Процедура АМП

- 1) Ідентифікація проблеми та постановка цілей;
- 2) Встановлення меж системи, процесів, товарів та субстанцій;
- 3) Оцінка маси потоків товарів та субстанцій;
- 4) Підрахунок потоків та запасів субстанцій з урахуванням невизначеності;
- 5) Презентація результатів.



## Поняття системи та методологія АМП

---

### Правила вибору (визначення значущості) релевантних субстанцій – 5-10

- 1) Відповідно до норм регулювання;
- 2) Відповідно до запитів споживача / контрагента;
- 3) Відповідно до значущості у потоці;
- 4) Відповідно до цілей та завдань аналізу;
- 5) Відповідно до наявних ресурсів (у тому числі трудових);



## Поняття системи та методологія АМП

# Базове рівняння АМП

$$\sum_{k_I} \dot{m}_{\text{input}} = \sum_{k_O} \dot{m}_{\text{output}} + \dot{m}_{\text{storage}} \quad (2.3)$$

# Визначення потоку субстанції (X)

$$\dot{X}_{ij} = \dot{m}_i \cdot c_{ij} \quad (2.4)$$

де  $i = 1, \dots, k$  – індекс для товарів;  $j = 1, \dots, n$  – індекс для субстанцій.



## Поняття системи та методологія АМП

# База даних для АМП

Товари	Розмір потоку, т/рік	Концентрація субстанції, мг /кг			Розмір потоку субстанції, кг/рік		
		C1	C2	C3...Cn	C1	C2	C3...Cn
T1	m1	c <sub>11</sub>	c <sub>12</sub>	c <sub>13</sub> ... c <sub>1n</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub> ... X <sub>1n</sub>
T2	m2	c <sub>21</sub>	c <sub>22</sub>	c <sub>23</sub> ... c <sub>2n</sub>	X <sub>21</sub>	X <sub>22</sub>	X <sub>23</sub> ... X <sub>2n</sub>
T3	m3	c <sub>31</sub>	c <sub>32</sub>	c <sub>33</sub> ... c <sub>3n</sub>	X <sub>31</sub>	X <sub>32</sub>	X <sub>33</sub> ... X <sub>3n</sub>
...	...	...	...	...	...	...	...
T <sub>k</sub>	m <sub>k</sub>	c <sub>k1</sub>	c <sub>k2</sub>	c <sub>k3</sub> ... c <sub>kn</sub>	X <sub>k1</sub>	X <sub>k2</sub>	X <sub>k3</sub> ... X <sub>kn</sub>

Джерело: (Brunner & Rechberger, 2004, p. 62)

Програмне забезпечення	Умови використання	Специфіка	Розробник	Додатково
OMAT (Online Material Flow Analysis Tool) <a href="https://archive.metabolismofcities.org/omat/about">https://archive.metabolismofcities.org/omat/about</a>	безкоштовно, web, за умови реєстрації, англійська наявна	EW-MFA (розширений екологічний АМП, регіональний)	Digital research lab & partners	апробація (Villalba & Hoekman, 2017) + відео-інструкції на сайті
STAN (short for subSTance flow ANalysis) <a href="https://www.stan2web.net">https://www.stan2web.net</a>	безкоштовно, web, за умови реєстрації, англійська та німецькі версії, лише для OS Windows	Відповідно до стандарту ÖNorm S 2096	Institute for Water Quality, Resource and Waste Management, Technische Universität Wien	апробація (Cencic & Rechberger, 2008) + відео-інструкції на сайті + керівництво на сайті
e!Sankey <a href="https://www.ifu.com/e-sankey/online-shop/">https://www.ifu.com/e-sankey/online-shop/</a> (Umberto)	14 днів безкоштовно, демо-версія, доступно англійською	аналіз матеріальних потоків та побудова діаграм (карт) потоків	iPoint-systems	апробація (Brunner & Rechberger, 2004)
GaBi <a href="https://gabi.sphera.com/international/index/">https://gabi.sphera.com/international/index/</a>	30 днів безкоштовно, демо-версія	АМП як частина ОЖЦ	Sphera	апробація (Brunner & Rechberger, 2004)

## Програмне забезпечення для АМП

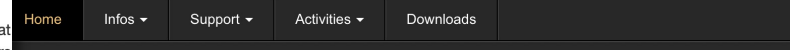


### Online Material Flow Analysis Tool (OMAT)

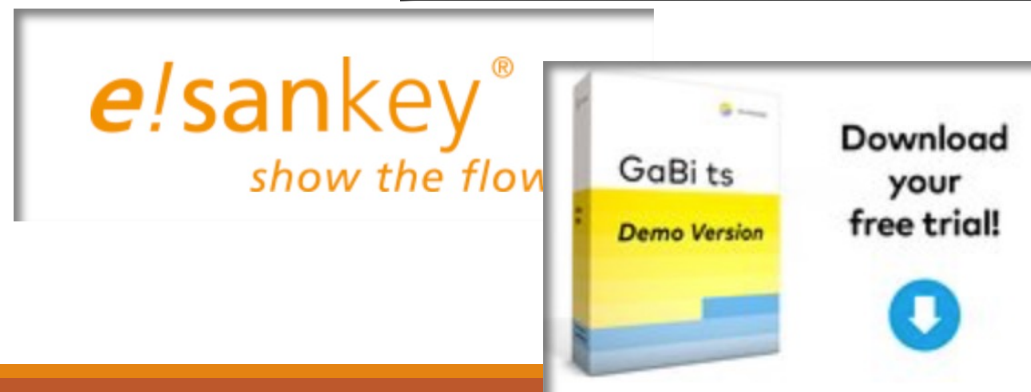
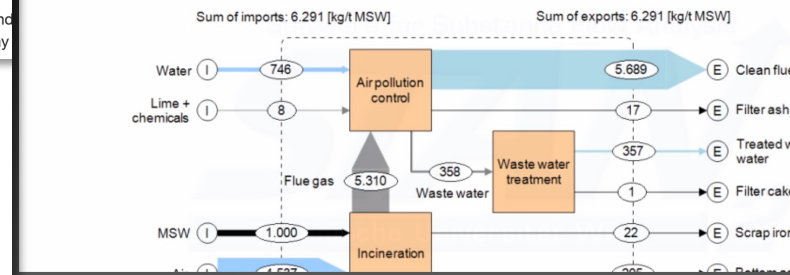
The Online Material Flow Analysis Tool (OMAT) is a free software and program on the computer, and it can be used on any

- To make it easy for researchers to save a dataset
- To have a practical tool that helps with the logical data point.
- To collaboratively work on the same dataset at the same time
- To make it easy to share datasets with other researchers

stan2web

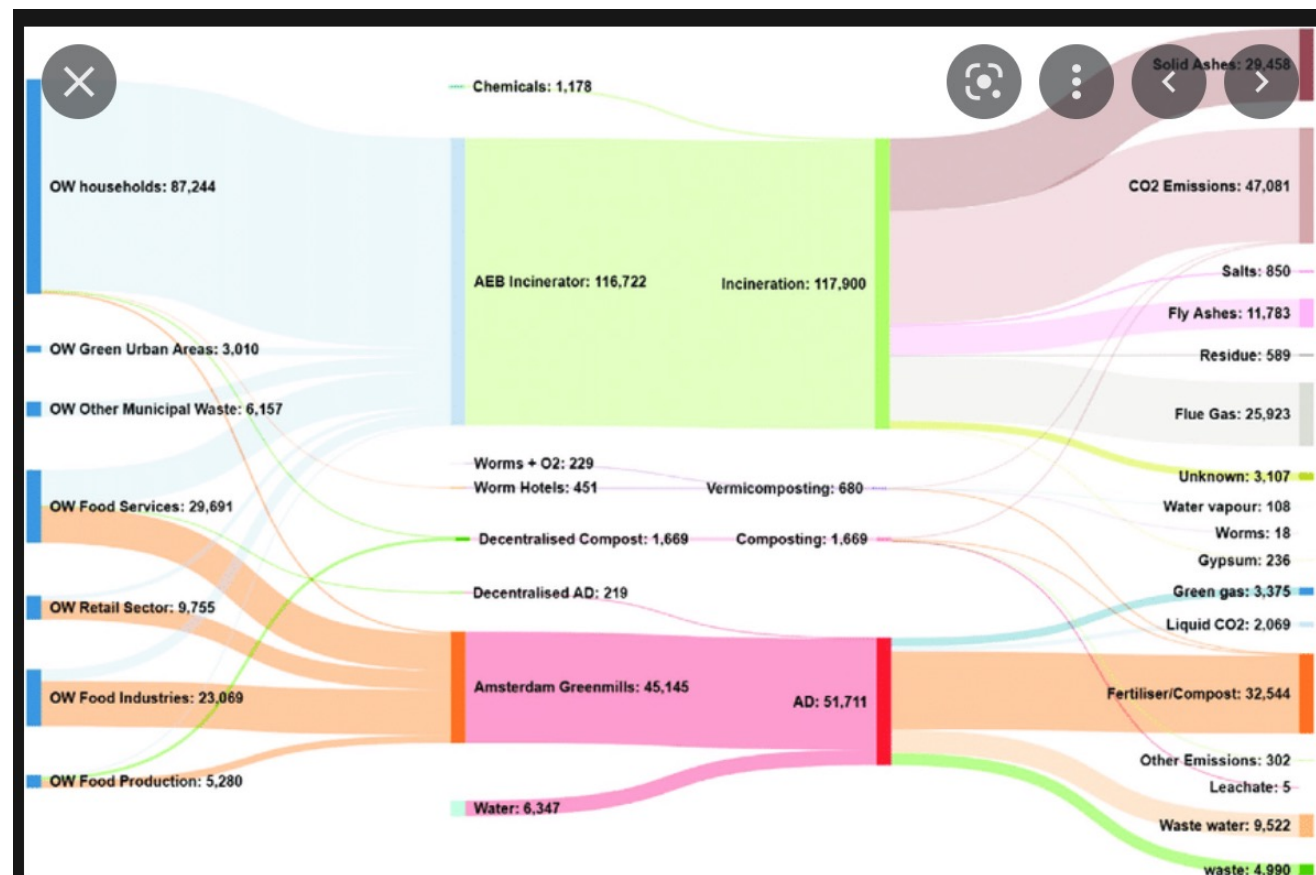


OMAT is similar to STAN in that it is free software and program on the computer, and it can be used on any



## Розвиток АМП

- машинне навчання та big data в АМП;
- розширення сфер застосування АМП та аналізованих субстанцій;
- проведення досліджень матеріальних потоків у глобальній системі (рис. 2.6)
- застосування АМП для розбудови ланцюгів постачання відповідно до моделей циркулярної економіки;
- застосування АМП для дослідження урбанізованих екосистем та ін.



[https://www.researchgate.net/publication/342719017\\_Designing\\_Circular\\_Waste\\_Management\\_Strategies\\_The\\_Case\\_of\\_Organic\\_Waste\\_in\\_Amsterdam/figures?lo=1&utm\\_source=google&utm\\_medium=organic](https://www.researchgate.net/publication/342719017_Designing_Circular_Waste_Management_Strategies_The_Case_of_Organic_Waste_in_Amsterdam/figures?lo=1&utm_source=google&utm_medium=organic)

## Використана література

1. Villalba, G., & Hoekman, P. (2017). Using web-based technology to bring hands-on urban material flow analysis to the classroom. *Journal of Industrial Ecology*, 22(2), 434–442. <https://doi.org/10.1111/jiec.12553>
2. Austrian standard ÖNorm S 2096 (Material flow analysis - Application in waste management). <https://www.bdb.at/Service/NormenDetail?id=187852> (Accessed 29 March 2022).
3. Cencic, O., & Rechberger, H. (2008). Material Flow Analysis with Software STAN. *Journal of Environmental Engineering and Management*, 18, (1), 5. <http://enviroinfo.eu/sites/default/files/pdfs/vol119/0440.pdf> (Accessed 29 March 2022).
4. Cencic, O. (2016). Nonlinear data reconciliation in material flow analysis with software STAN. *Sustainable Environment Research*, 26, (6), 291-298. <https://doi.org/10.1016/j.serj.2016.06.002>
5. LCA Software GaBi in 5 minutes - the No. 1 Product Sustainability Software <https://www.youtube.com/watch?v=ETWsM4RRc> (Accessed 29 March 2022).
6. MOOC on Urban metabolism with OMAT <https://archive.metabolismofcities.org/mooc> (Accessed 29 March 2022).
7. Brunner, P. H., & Rechberger, H. (2004). *Practical handbook of material flow analysis*. CRC/Lewis.
8. Brunner, P. H., & Rechberger, H. (2016). *Handbook of Material Flow Analysis For Environmental, Resource, and Waste Engineers*. Second Edition. CRC.