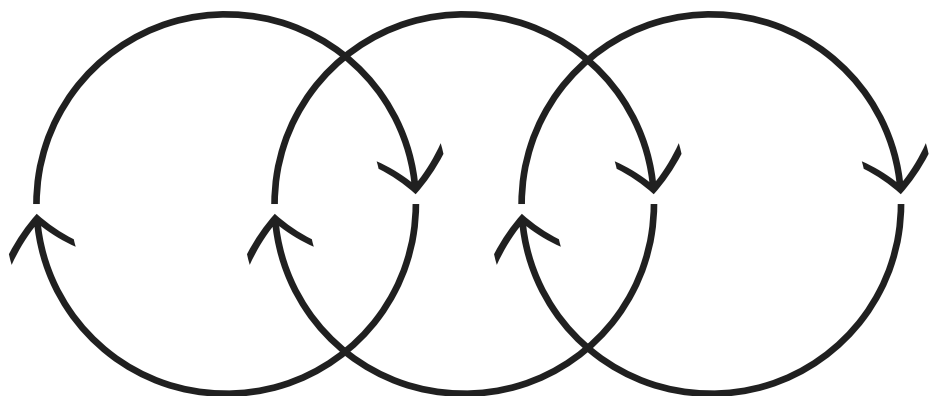


# КРУГОВИЙ ДИЗАЙН У ПУБЛІЧНИХ ПРОСТОРАХ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА

АНАЛІЗ І СТРАТЕГІЇ  
ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ







**Круговий дизайн у публічних просторах Івано-Франківська. Аналіз і стратегії використання матеріалів** – це дослідження спрямоване на усунення прогалин у знаннях і розумінні властивостей матеріалів, які типово використовують у публічних просторах – бетон, метал, деревина – та сприяння використувати ті, котрі є більш сталими та відповідають принципам кругової економіки.

Дослідження містить аналіз використання матеріалів у публічних просторах Івано-Франківська у контексті кругової економіки, а також стратегії дизайну та використання матеріалів у таких просторах.

Ця розвідка буде корисна для комунальних і приватних замовників громадських просторів, а також архітекторів\_ок, дизайнерів\_ок та інженерів\_ок, які розробляють подібні проєкти, та порушить тему більш екологічного використання матеріалів у публічних просторах.

Круговий дизайн у публічних просторах Івано-Франківська. Аналіз і стратегії використання матеріалів / М. Баран, А. Добрава, А. Пашинська, Ю. Попова, К. Семенова. – Івано-Франківськ: ГО «Металаб», 2022. – 70 с.



ТЕПЛЕ МІСТО\*

**METALAB**

**2022**

Авторки: Мар'яна Баран, Анна Добрава, Анна Пашинська, Юлія Попова, Ксенія Семенова

Коректура: Любомир Гураль

Дизайн і верстка: Юлія Русило



Проект «Впровадження підходів кругової економіки для творення життєздатного та стійкого Івано-Франківська» виконується платформою «Тепле Місто» в межах Ініціативи з розвитку екологічної політики й адвокації в Україні, що здійснюється Міжнародним фондом «Відродження» за фінансової підтримки Швеції.

Думки, висновки чи рекомендації, опубліковані у цьому аналітичному звіті, належать авторкам дослідження і не обов'язково відображають погляди й позицію Міжнародного фонду «Відродження» та Швеції. Відповідальність за зміст дослідження несе виключно платформа «Тепле Місто», що підготувала та замовила виробництво продукту.

# ЗМІСТ

8	ВСТУП
10	БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ У КОНТЕКСТІ КРУГОВОЇ ЕКОНОМІКИ
10	<ul style="list-style-type: none"><li>• Принципи кругової економіки</li></ul>
12	<ul style="list-style-type: none"><li>• Що таке сталі та циркулярні будівельні матеріали</li></ul>
14	МЕТОДОЛОГІЯ
20	МАТЕРІАЛИ У ПУБЛІЧНИХ ПРОСТОРАХ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА
20	<ul style="list-style-type: none"><li>• Вимоги в Державних стандартах України (ДСТУ)</li></ul>
22	Бетон
22	<ul style="list-style-type: none"><li>• Загальні відомості про бетон</li></ul>
24	<ul style="list-style-type: none"><li>• Результати аналізу</li></ul>
28	<ul style="list-style-type: none"><li>• Способи скорочення і заміни бетону</li></ul>
30	Метал
30	<ul style="list-style-type: none"><li>• Загальні відомості про метал</li></ul>
34	<ul style="list-style-type: none"><li>• Результати аналізу</li></ul>
36	<ul style="list-style-type: none"><li>• Способи скорочення і заміни металу</li></ul>

<b>38</b>	Деревина
<b>38</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Загальні відомості про деревину</li></ul>
<b>40</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Результати аналізу</li></ul>
<b>43</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Деревина як альтернативний матеріал</li></ul>
<b>46</b>	СТРАТЕГІЇ ДИЗАЙНУ ПУБЛІЧНИХ ПРОСТОРІВ І ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ
<b>46</b>	Огляд релевантних підходів
<b>49</b>	Стратегії кругового використання матеріалів у публічних просторах
<b>50</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Стратегія 1. Зменшуйте обсяги матеріалів</li></ul>
<b>52</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Стратегія 2. Заміняйте матеріали на природоорієнтовані рішення</li></ul>
<b>54</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Стратегія 3. Обирайте безпечні, сталі, кругові та низьковуглецеві матеріали</li></ul>
<b>56</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Стратегія 4. Посильте модульність дизайну</li></ul>
<b>58</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Стратегія 5. Обирайте матеріали, які вже були у вжитку</li></ul>
<b>60</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Стратегія 6. Продовжуйте термін служби</li></ul>
<b>62</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Стратегія 7. Налаштуйте процеси для внутрішніх циклів використання</li></ul>
<b>64</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Стратегія 8. Екологічно виводьте з експлуатації</li></ul>
<b>66</b>	ДЖЕРЕЛА

# ВСТУП

Сьогодні світ та економічне життя крок за кроком переформатовуються з моделі лінійної економіки на модель кругової економіки. Саме модель кругової економіки визначають як таку, що допоможе справитися з викликами, які постають тепер перед нами: зміною клімату, швидкою урбанізацією та ростом світового населення, генерування все більшої кількості відходів тощо. Якщо говорити про міста у контексті економіки замкненого циклу, то тут важливо адаптовувати принципи кругової економіки до технічної інфраструктури міста. Це тільки зменшить обсяги будівельного сміття та допоможе (за умови використання сталих та циркулярних матеріалів) застосовувати заходи мітігації щодо наслідків змін клімату.

Це дослідження зосереджується на аналізі властивостей матеріалів, використаних у громадських просторах Івано-Франківська. Окремим аспектом ми фокусуємося на перевірці відповідності цих матеріалів до принципів кругової економіки. Це зумовлено тим, що дизайн та облаштування громадських просторів у містах пов'язаний з сталим розвитком. А від того, які ми матеріали та покриття обираємо, залежить частота ремонтних робіт, слугування один сезон чи багато циклів, зниження чи збільшення бюджетних видатків.

В Україні з 2015 року відбувається сплеск попиту на проекти облаштування громадських просторів. Загалом всі ці проекти майже не відрізняються один від одного і їх можна окреслити загальною формулою – стандартне брукування, урни для сміття, пластмасові та металеві кольорові елементи ігрових майданчиків, лавки, засилля декоративних рослин. Одна із найбільших проблем такого підходу це те, що у середньому вже через 2 роки проекти треба переробляти та витратити значні ресурси на утримання. Що тільки збільшує продукування відходів. Така тенденція характерна не тільки для України. Наприклад, на утримання громадських просторів Амстердаму з використанням нових матеріалів місто витрачає до 200 млн євро на рік.

Разом з тим застосування у містах і спільнотах принципів кругової економіки за даними Цілей сталого розвитку ООН та Європейського зеленого курсу мінімізують відходи та використання енергоресурсів, підтримують локальне виробництво, заохочують застосовувати матеріали, придатні до переробки. Також важливо створювати простори, які спонукають людей дотримуватися принципів сталого розвитку. Таким чином, зменшуючи викиди CO<sub>2</sub>, можна рухатися до перетворення міст на вуглецево нейтральні.

На сьогодні ми маємо хороші можливості, щоб застосовувати принципи кругової економіки. Це пов'язано з тим, що у радянські часи ми жили в умовах постійного дефіциту товарів, що спонукало нас адаптовувати реальність: ремонтувати старі речі, обмінювати їх або повторно чи альтернативно використовувати; вирощувати їжу у міських просторах, на дачах, самостійно створювати і конструювати потрібні речі. Всі ці практики до певної міри відповідають основним принципам кругової економіки. Такий потенціал



можна розвивати і надалі, незважаючи на те, що такі тенденції у молодого покоління стають історією.

Якщо говорити окремо про Івано-Франківськ, то наше місто – добре придатне для застосування практик кругової економіки. На користь цього говорить зосередження великої кількості місцевих виробників, майстрів, виробників матеріалів; можливість, через розмір міста й організацію спільноти, відстежувати та контролювати діяльність комунальних служб і вимагати більш якісного обслуговування просторів.

Через це Івано-Франківськ можна вважати сприятливим майданчиком, на якому можна втілювати принципи кругової економіки. Разом з тим тут існують і перешкоди до змін підходів до міського дизайну – зокрема, до вибору матеріалів. Наприклад, часто підрядники несуть тягар відповідальності і вибирають добре відомі їм матеріали, які не відповідають циркулярності. Немалу роль відіграють і дуже низька обізнаність про принципи кругової економіки та брак розуміння характеристик матеріалів, матеріалів, які могли б підвищити екологічну сталість міського середовища.

Це дослідження спрямоване на усунення прогалин у знаннях і розумінні властивостей різних матеріалів та сприяння використувати тих, які є більш сталими та відповідають принципам кругової економіки.

Ми аналізували наскільки їхнє використання відповідає «колам кругової економіки», до яких входять: скорочення обсягів використання (reduce), легкість обслуговування і ремонту (maintain+repair), повторне використання та перерозподіл (reuse+redistribute), повне відновлення (remanufacture), переробка (recycle).

Сподіваємося, що це дослідження стане корисним для комунальних та приватних замовників громадських просторів, а також архітекторів\_ок, дизайнерів\_ок та інженерів\_ок, які розробляють подібні проєкти, та порушить тему більш екологічного використання матеріалів у публічних просторах.

# БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ У КОНТЕКСТІ КРУГОВОЇ ЕКОНОМІКИ

## ПРИНЦИПИ КРУГОВОЇ ЕКОНОМІКИ

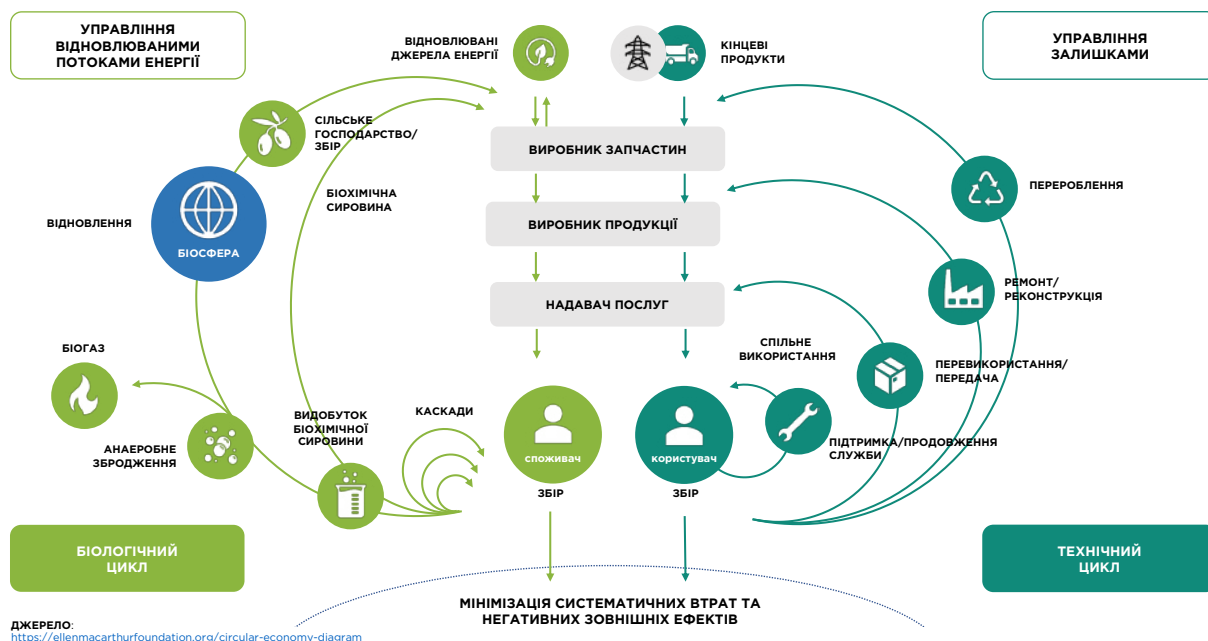
Наша нинішня модель економіки та виробництва є лінійною, і побудована за принципом «бери-роби-викидай»: ми беремо природні ресурси планети, робимо з них продукти, які мають дуже обмежений час вжитку, після чого викидаємо їх (Мартиненко, 2021: 4). Цей підхід почав формуватися з промислової революції, і за час свого існування, вже встиг призвести до вичерпання планетарних ресурсів і змін клімату. Антитезою до цього підходу є кругова, або ж циркулярна економіка – «системне рішення, яке дозволяє впоратися з глобальними викликами, такими як зміна клімату, втрата біорізноманіття, перевиробництва сміття та забруднення довкілля» (What is circular economy? McArthur Foundation, 2019).

Кругова економіка базується на трьох основних принципах:

- Виключити забруднення та відходи.
- Залишати матеріали та продукти у використанні.
- Відновлювати природні системи. (Мартиненко, 2021: 6)

Таким чином, кругова економіка як нова економічна модель прагне змінити весь цикл виробництва та використання матеріалів і продуктів, ввести нові процеси для реалізації цих принципів. Запропонована Фундацією МакАртур діаграма «метелик» схематично зображує процеси моделі кругової економіки.

## СИСТЕМНА ДІАГРАМА КРУГОВОЇ ЕКОНОМІКИ ДІАГРАМА МЕТЕЛИК



Зображення 1. Системна діаграма кругової економіки «метелик»

Джерело: (Мартиненко, 2021: 10, на основі McArthur Foundation, 2019)

До циклу життя продукту можуть додаватися ще якісь з чотирьох стадій: підтримка/продовження служби; перевикористання/передача; реконструкція/ремонт; перероблення. Це допомагає підтримувати продукти і матеріали у вжитку, що знижує потребу купляти нові продукти, а це, у свою чергу, економить ресурси та скорочує обсяги відходів.

Ця модель є особливо актуальною для будівельної галузі, адже вона є однією з основних причин забруднення та продукує величезну кількість відходів. Саме лише виробництво цементу відповідає за від 4 до 8,6% щорічних викидів вуглекислого газу в атмосферу (UNCC, 2018; Miller, 2016).

Міська інфраструктура потребує величезної кількості будівельних матеріалів: самі лише транспортні та пішохідні шляхи потребують тисячі тонн асфальту та інших продуктів з бетону. Це означає, посилення сталості і циркулярності міської інфраструктури є важливим завданням нашого часу. Тому у цьому дослідженні ми зосереджуємося на аналізі публічних просторів та стратегіях посилення їх циркулярних якостей.

## **ЩО ТАКЕ СТАЛІ ТА ЦИРКУЛЯРНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ**

Сталі будівельні матеріали – це такі матеріали, які мають мінімальний негативний вплив на довкілля та не є шкідливими для здоров'я людини, а «виготовлення і використання цих матеріалів потребує менших витрат енергії та експлуатації природних ресурсів, меншого забруднення, а також не є токсичними для планети та її мешканців» (UNECE, 2016: 6).

Не буває абсолютно нешкідливих для довкілля матеріалів, адже видобуток і виготовлення будь-якого матеріалу потребує енергії, а відтак – продукує вуглекислий газ. **Проте в наших силах використовувати такі матеріали й у такий спосіб, щоб мінімізувати їх вуглецевий слід.** Вуглецевий слід різних матеріалів може відрізнятись у десятки разів, і для розуміння цих відмінностей важливо ознайомитися з системою його вимірювання.

Основна одиниця виміру вуглецевого сліду в будівельних матеріалах – це так званий приєднаний вуглець (embodied CO<sub>2</sub>). Цей показник означає кількість вуглецевого газу, яку було вивільнено під час видобутку, виготовлення, транспортування, монтування та деконструкції одиниці матеріалу або продукту (LEI: 8). Показник приєданого вуглецю може охоплювати стадії від видобутку до доставки на будівельний майданчик; від видобутку до виготовлення; від видобутку до кінця використання; від видобутку до доставки на переробництво у якості «сирого» матеріалу (там само: 129). Оскільки важко передбачити точний час використання і подальшу долю матеріалу, найчастіше використовується показник «від видобутку до доставки на будівельний майданчик». Так само використовується цей показник і у цьому дослідженні. Вимірюється він зазвичай на вагу (кг, т), або на обсяг матеріалу (м<sup>3</sup>).

Отже, обсяг приєданого вуглецю є одним ключових індикаторів сталості матеріалу, на який необхідно звертати увагу. Також важливими індикаторами є обсяг сміття, який продукує матеріал після завершення циклу використання і який не піддається переробленню, а також природна відновлюваність ресурсу, з якого виготовлено матеріал.

**НАПРИКЛАД, ДЕРЕВИНА Є ПОВНІСТЮ ПРИРОДНИМ І ВІДНОВЛЮВАНИМ МАТЕРІАЛОМ, У ТОЙ ЧАС ЯК ЗАПАСИ РЕСУРСІВ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ЦЕМЕНТУ Є ВИЧЕРПНИМИ. ДЕРЕВИНУ МОЖНА БАГАТО РАЗІВ ВИКОРИСТАТИ ПОВТОРНО, У КРАЙНЬОМУ РАЗІ – СПАЛИТИ, В ТОЙ ЧАС ЯК БЕТОН – ПРОДУКУЄ НАЙБІЛЬШУ КІЛЬКІСТЬ СМІТТЯ СЕРЕД УСІХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ.**

Ці та інші якості сталості детально розписані у публікації Європейської економічної комісії ООН та Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (UNECE і FAO, 2016: 5-6). Зокрема, варто згадати такі аспекти як локальний видобуток і виготовлення матеріалу; ресурсоефективне виготовлення – таке, що не потребує великої кількості енергії, не продукує шкідливих викидів і залишків; нетоксичність матеріалів у процесі експлуатації.

Те, що ми називаємо «циркулярними якостями» також можна вписати в загальне поняття сталості. До них належать матеріали, які вже «видобули» з попередніх циклів використання (наприклад, демонтували споруду і підготували цеглу чи інші елементи для повторного використання); матеріали, які легко піддаються повторному використанню та переробленню; легко монтуються і демонтуються, не втрачаючи своїх конструктивних якостей; довговічні матеріали, які довго залишаються у вжитку; які легко утилізувати наприкінці всіх життєвих циклів (UNECE і FAO, 2016: 6).

Говорячи про використання матеріалів у публічних просторах, необхідно враховувати багато критеріїв: і їхні якості сталості та циркулярності, і конструктивні особливості – як поводить матеріал у просторі і виконує свою функцію, чи допомагає забезпечити ефективне використання простору й водночас мітигувати наслідки змін клімату, а також чи є матеріал естетичним, безпечним і привабливим для людини. У нашому аналізі використання матеріалів у публічних просторів Івано-Франківська ми здебільшого фокусувалися на якостях сталості та циркулярності, але й зачіпали інші важливі аспекти. Наступний розділ детально роз'яснює методологічний підхід дослідження та критерії аналізу.

# МЕТОДОЛОГІЯ

Для збору інформації про матеріали, які зараз використовуються у благоустрої громадських просторів Івано-Франківська, було застосовано метод натурного обстеження з фотодокументуванням. У місті ми обрали 13 громадських просторів різного типу: прибудинкові території та магістральні вулиці; сквери та міські парки; дитячі майданчики і простори у новозбудованих районах міста. Обрані простори розосереджені у центральній і прилеглих частинах міста та є важливими місцями відпочинку, транзиту в місті, що робить їх показовими у плані основних підходів благоустрою громадського простору в Івано-Франківську.

Ми розділили 13 просторів між командою з 10 людей. Команди провели структуровані спостереження та інспекцію просторів у липні 2021 року. У межах кожного простору було задокументовано всі наявні елементи міського дизайну та інфраструктури з матеріалами, з яких вони вироблені. Фото цих об'єктів було каталогізовано за кожним простором та типом об'єкта. Всього було виявлено 14 типів об'єктів: лавки, смітники, покриття стежок, бордюрний камінь, велопарковки, паркан, клумби тощо.



Мапа громадських просторів Івано-Франківська, які було проаналізовано в цьому дослідженні.

Джерело: (Русило Юлія, METALAB)

### Вулиці та площі

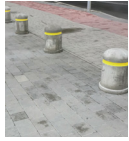
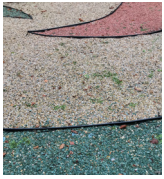
1. вул. Галицька
2. вул. Шевченка
3. Рівер Парк
4. площа Міцкевича

### Прибудинкові території

5. житловий комплекс на вул. Мельника 10
6. прибудинкова територія вул. Сахарова 30
7. прибудинкова на вул. Пулюя 1-3
8. територія школи "Крила"

### Рекреаційні зони, парки

9. сквер «На валах»
10. парк Шевченка
11. Озеро з лебедем
12. Міське озеро
13. сквер на вул. Галицькій 67







Зображення 2. Приклади зібраних фото різних дизайн та інфраструктурних об'єктів.

Джерело: (власні фото, METALAB)

Далі ми описали та проаналізували кожен тип об'єкта з огляду на те, з яких матеріалів вони здебільшого вироблені. Основними матеріалами, за невеликим винятком, є бетон (різноманітні суміші), деревина та метали. Тому аналіз було сфокусовано саме на цих трьох матеріалах, інколи з деталізацією підтипу матеріалу.

Ці матеріали було проаналізовано за дев'ятьма критеріями, які ми розвинули з основних принципів кругової економіки (Мартиненко, 2021: 6) та на основі Системної діаграми кругової економіки, або ж діаграми-метелика (Мартиненко, 2021: 10; Butterfly diagram, McArthur Foundation, 2019), адаптувавши їх до об'єктів міського благоустрою. Крім того, ми додали ще три критерії, які стосуються легкості зберігання, транспортування та монтажу/демонтажу. За нашими спостереженнями та експертними інтерв'ю, ці аспекти впливають на те, наскільки просто повторно використати певний матеріал, без ускладненої логістики, що є важливим чинником для комунальних служб. У Таблиці 1 представлено систему індикаторів у їхньому зв'язку із загальними принципами, а також джерела даних для аналізу. Вимірювання всіх індикаторів, окрім вмісту вуглекислого газу, було здійснено на основі розробленої нами рейтингової шкали.

Ми не додавали критерій щодо безпеки матеріалу для людини, адже безпекові якості матеріалів регулюються і контролюються поточними державними стандартами України (ДСТУ). Саме властивостям циркулярності та сталості, а також впливу на навколишнє середовище, не приділено жодної уваги у стандартах, про що йтиметься у розділі Вимоги в Державних стандартах України.

## КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ МАТЕРІАЛІВ У ПУБЛІЧНОМУ ПРОСТОРИ

Таблиця 1

Принцип кругової економіки	Критерій аналізу матеріалів	Джерела даних для аналізу
<b>Виключення забруднення та відходів</b> (Мартиненко, 2021: 6)	<b>Показник приєднаного вуглецю матеріалу й інші властивості, шкідливі для довкілля</b>	Показник розраховано на основі бази даних ICE Database v3.0 (2021)
<b>Скорочення обсягів</b> для запобігання виробництва сміття ще на початку циклу (Recycling and the circular economy: what's the difference? McArthur Foundation, 2019)	<b>Оптимальний обсяг</b> – чи не використано матеріалу більше, ніж потрібно	Власні спостереження, аналіз конструктивних властивостей
<b>Ремонт/ реконструкція</b> (Butterfly diagram, McArthur Foundation, 2019)	<b>Легкість обслуговування та ремонту</b>	Власні спостереження, експертні інтерв'ю.
<b>Перевикористання/ передача</b> (Butterfly diagram, McArthur Foundation, 2019)	<b>Потенціал до повторного використання</b>	Власні спостереження, експертні інтерв'ю.
<b>Підтримка/ продовження служби</b> (Butterfly diagram, McArthur Foundation, 2019)	<b>Можливість повного відновлення після ремонту</b>	Власні спостереження, експертні інтерв'ю.
<b>Перероблення</b> (Butterfly diagram, McArthur Foundation, 2019)	<b>Можливість перероблення матеріалу в регіоні</b>	Власні спостереження, експертні інтерв'ю.
<b>Додатковий критерій, що впливає на Перевикористання/ передачу</b>	<b>Легкість монтажу/демонтажу</b>	Власні спостереження, експертні інтерв'ю.
<b>Додатковий критерій, що впливає на Перевикористання/ передачу</b>	<b>Легкість транспортування</b>	Власні спостереження, експертні інтерв'ю.
<b>Додатковий критерій, що впливає на Перевикористання/ передачу</b>	<b>Складування</b> – наскільки вибагливим є матеріал у плані зберігання	Власні спостереження, експертні інтерв'ю.

Рейтингова шкала загалом відображає те, наскільки використання матеріалу в кожному об'єкті відповідає принципам і критеріям кругової економіки (від значення 1 – «не відповідає» до значення 5 – «оптимально відповідає»). Проте ми адаптували шкалу під кожен критерій з огляду на специфіку його індикаторів. Як приклад, наводимо шкалу для критерію Обслуговування/Ремонт (Зображення 3).

Детальні описи матеріалів та об'єктів, а також результати аналізу представлено у наступному розділі. Проведений аналіз надає підставу для розробки подальших рекомендацій щодо стратегій використання матеріалів, які послуговуються принципами кругової економіки та знижують вуглецевий слід об'єктів у міських просторах.

Зображення 3. Шкала оцінки матеріалів для критерію Обслуговування/Ремонт

Джерело: (власна репрезентація, METALAB)

Неможливо відремонтувати



Замінити матеріал/ об'єкт легше, ніж відремонтувати



Матеріал/об'єкт піддається ремонту, але є ресурсозатратним



Обрані матеріали та дизайн об'єкту дозволяє легкий ремонт і заміну тільки пошкоджених елементів



Вибір матеріалу, обробки та дизайн об'єкта робить його довговічним, а також мінімізує потребу в догляді та ремонті



# МАТЕРІАЛИ У ПУБЛІЧНИХ ПРОСТОРАХ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА

## ВИМОГИ В ДЕРЖАВНИХ СТАНДАРТАХ УКРАЇНИ (ДСТУ)

На прикладі ДСТУ 8976:2020 «Матеріали дорожні, виготовлені за технологією холодного ресайклінгу. Технічні умови» розглянуто технічні умови до матеріалів, які містять матеріали, що вже були у використанні як покриття (фрезерований матеріал). Так стандарт має вимоги до фізико-механічних характеристик новоутвореного матеріалу (наприклад, показники водонасичення, водопоглинання, коефіцієнту морозостійкості тощо); вимоги до безпеки праці при укладанні матеріалу, пожежного захисту у виробничих і складських приміщеннях. Вимоги щодо охорони довкілля містять посилання на ДСТУ 3910 та ДСТУ 3911 щодо поводження з відходами, які були затверджені у 1999 році. Решта вимог також не є жорсткими, або хоча б чіткими.

Зображення 4. Скріншот з ДСТУ 8976:2020.

Джерело: (ДСТУ 8976:2020)

### 7 ВИМОГИ ЩОДО ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

**7.1** Під час приготування сумішей за технологією холодного ресайклінгу, їх транспортування та використання дотримуватися вимог ДСТУ 3910 та ДСТУ 3911 щодо недопущення забруднення ґрунтів і водоймиш порядку накопичення, транспортування, знешкодження та захоронення некондиції та інших відходів, що утворилися в процесі приготування сумішей за технологією холодного ресайклінгу та використання, має відповідати вимогам ДСТУ 3910 та ДСТУ 3911.

**7.2** Викиди в атмосферу шкідливих речовин не повинні перевищувати гранично допустимих викидів, встановлених вимогами чинних нормативних документів та відповідно до вимог санітарного законодавства.

**7.3** Бази з приготування сумішей за технологією холодного ресайклінгу має бути оснащено відповідними нормативними документами.

**7.4** Обладнання й комунікації мають бути герметизовані, викиди в атмосферу (вентвикиди) не повинні перевищувати норм, встановлених відповідними нормативними документами.

**7.5** Умови відведення стічних вод у процесі приготування сумішей за технологією холодного ресайклінгу має відповідати вимогам [1].

**7.6** Під час приготування сумішей за технологією холодного ресайклінгу не відбувається надходження в атмосферу та мутагенних речовин у навколишнє середовище.

**7.7** Контроль за вмістом летких речовин, що викидаються в атмосферне повітря в процесі приготування сумішей за технологією холодного ресайклінгу і їх використання, має здійснюватися відповідно до вимог [21] та [22].

Інший державний стандарт до дорожніх матеріалів ДСТУ 8858:2019 «Суміші цементобетонні дорожні та цементобетон дорожній. Технічні умови» має аналогічну структуру документа.

ДСТУ Б В.2.7-215:2009 «Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу» визначають перелік критеріїв та показників якості до сумішей бетону, зокрема щодо міцності. Вимоги до охорони праці і довкілля переважно стосуються робочих умов (вміст шкідливих речовин і пилу у повітрі робочої зони) та містять посилання на методику визначення класу небезпеки сировинним матеріалів (Розділ 9).

Відповідно, вимог щодо сталості та циркулярності матеріалів ми не знаходимо взагалі, у чому Україна відстає від країн західного світу, де ці аспекти дедалі більше регулюються. Саме тому в цьому дослідженні ми зосереджуємося на якостях сталості та циркулярності матеріалів, не беручи до уваги аспект безпеки, який вже добре відрегульовано законодавством та на практиці.

## БЕТОН



- нестійкий матеріал з низькими циркулярними якостями
- об'єм приєднаного вуглецю – 354 кг CO<sub>2</sub>e/м<sup>3</sup>
- через обсяги використання є основним забруднювачем серед будівельних матеріалів

### ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БЕТОН

Бетон – найбільш вживаний будівельний матеріал. Його використання є вдвічі вищим, ніж використання всіх інших матеріалів разом взятих, а споживання бетону на людину за обсягами є другим після споживання води (Gagg, 2014).

Це і не дивно, адже з огляду на свої якості бетон може виглядати як безальтернативний варіант для будівництва та предметного дизайну. Він міцний, щільний, пластичний, довговічний, простий у виготовленні і дешевий. З різних бетонних продуктів роблять більшість доріг і тротуарів. Залізобетонні конструкції є сталими та гнучкими, що дозволяє будувати найбільш габаритні об'єкти, такі як багатопверхові будівлі, мости та загалом ту інфраструктуру урбанізованих територій, життя без якої нам зараз важко уявити.

Так само й у публічних просторах найбільш представленим матеріалом є бетон (Зображення 5). З нього виготовлені не тільки покриття пішохідно-транспортної інфраструктури, але й огорожі, вуличні меблі й інші елементи дизайну та ландшафту. У галузі міського дизайну бетон також є матеріалом, який використовується «за замовчуванням».

Проте бетон є найбільш проблемним матеріалом з точки зору сталого розвитку та кругової економіки. Бетон має високий показник приєднаного вуглецю – 353 кг CO<sub>2</sub>e/м<sup>3</sup> (ICE Database v3.0, 2021). На перший погляд, це може здаватися не дуже багато – наприклад, вміст приєднаного вуглецю у твердій деревині становить 230 кг CO<sub>2</sub>e/м<sup>3</sup>\*. Проте, оскільки бетон використовується у такій величезній кількості, він є основним джерелом забруднення атмосфери вуглекислим газом – саме виробництво бетону, за різними підрахунками, відповідає за від 4 до 8,6% річних викидів вуглекислого



Зображення 5. Приклади об'єктів з бетону в публічних просторах Івано-Франківська

Джерело: (власні фото, METALAB)

газу, викликаного антропогенними чинниками (UNCC, 2018; Miller, 2016). Проблема полягає у самому способі виробництва: вапняк, який є одним із можливих заповнювачів при виготовленні, нагрівають до 1450 градусів за Цельсієм, викликаючи хімічну реакцію, котра виділяє молекули вуглекислого газу з матеріалу. Способу уникнути такої величезної кількості викидів немає, така специфіка процесу (Chemistry World, 2018). Половина шкідливих викидів від виробництва цементу походить саме від цієї хімічної реакції.

Ми цінуємо бетон за його міцність, надійність, за відчуття безпеки. Зокрема і перед стихійними лихами. Але існує й інша сторона цього твердження. Візьмемо до уваги повені у Новому Орлеані після урагану Катріна та у Г'юстоні після урагану Гарві, котрі виявились надзвичайно серйозними через те, що забетоновані вулиці не змогли ввібрати у себе воду так, як, наприклад, непокрита земля, а зливові стоки виявились абсолютно неефективними.

Одним із мало вивчених факторів впливу бетону на довкілля, є використання водних ресурсів. Бетон поглинає 10-ту частину промислового використання води у світі. Солі додає ще той факт, що 75% цього споживання припадає на регіони, які страждають від нестачі води та частих посух. Окрім того, пил біля складів, вапнякові кар'єри, цементні заводи, вантажівки, які перевозять матеріали між будівельними майданчиками – усе це є джерелом забруднення повітря грубими твердими частинками.

Також бетон продукує величезну кількість відходів. Зазвичай ці відходи залишаються на звалищах і продовжують викидати вуглекислий газ і нагрівати поверхню Землі. Зараз з'являються дослідницькі ініціативи, які розробляють способи переробки бетону, але це ще довго не стане поширеною практикою. Бетонний виріб майже неможливо реконструювати: він просто розкришується. Виходить, що бетон хоч і довговічний, але одноразовий у використанні матеріал.

У містах також існує таке явище, як «ефект теплового острова». Бетон поглинає сонячне тепло та затримує викиди вихлопних газів з численних авто, призводячи до загального підвищення денної температури, підвищенню рівня забруднення повітря, що є наслідком температуропов'язаних захворювань і смертей\*. Зменшення обсягів використання бетону у публічних просторах є методом міті-

гації наслідків змін клімату і створюватиме більш комфортні умови для людини.

Згідно з Паризькою угодою, викиди вуглецю від виробництва бетону мусять скоротитися щонайменше на 16% до 2030 року, аби виконати ціль утримання зростання середньої світової температури у рамках 1,5 °C (BBC, 2018).

**ЩОБ БУТИ ВІДПОВІДАЛЬНИМИ УЧАСНИКАМИ ПАРИЗЬКОЇ УГОДИ ТА ВИКОНУВАТИ СВОЇ ЗОБОВ'ЯЗАННЯ ПЕРЕД СВІТОВОЮ СПІЛЬНОЮ, УКРАЇНСЬКИМ СТЕЙКХОЛДЕРАМ ВАРТО ПОЧАТИ СВІДОМО СТАВИТИСЯ ДО ОБСЯГІВ ВИКОРИСТАННЯ БЕТОНУ, ЗОКРЕМА Й В БЛАГОУСТРОЇ ПУБЛІЧНИХ ПРОСТОРІВ.**

З цього випливає, що дуже важливим критерієм є «оптимальна кількість використання матеріалу» – кожен об'єкт у місті варто перевіряти на предмет того, чи можна зменшити обсяг бетону. Також важливо використовувати бетон високої якості – оскільки він міцніший, його можна використовувати в менших обсягах. До того ж він прослужить довше. Це особливо важливо у дизайні публічних просторів, адже вони знаходяться просто неба і руйнуються найсильніше через погодні умови.

Коли є певні рецепти, які точно працюють, вкладаються у бюджет і використовувалися десятиліттями до нас, то важко підважувати бетон як найкращий вибір. Через звичність ми можемо не помічати, коли бетону забагато. Проте варто уникати ефекту несвідомого вибору і відійти від уявлення про бетон як матеріал «за замовчуванням».

## **РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ**

За обсягами бетон є найбільш представленим матеріалом у публічних просторах Івано-Франківська. Бетонними є не тільки покриття пішохідних зон та проїжджих частин, але й вуличні меблі й інші типові об'єкти устаткування.

Як ішлося у попередньому розділі, бетон є досить шкідливим матеріалом для клімату, і має низькі циркулярні властивості, тому «оптимальний обсяг» є ключовим критерієм: обсяги використання бетону у публічних просторах варто скорочувати. За нашим аналізом, цього матеріалу здебільшого використано забагато, що відображається у низькому рейтингу з першого критерію. Обсяги тротуарної плитки зазвичай можна скоротити завдяки розширенню зон з відкритим ґрунтом та озелененням, від чого не постраждає транзит та якість відпочинкових зон. Можна зменшувати обсяги поребрика та бордюру; інколи замість поребрика використовується більш габаритний та важкий бордюр, чого не потребує профіль дороги або стежки (наприклад, коли бордюр відгороджує пішохідну зону від клумби). Поребрик подекуди можна замінити на тонкий



металевий профіль, дерев'яний брус, або цеглу. Більшим, ніж того потребує виконання відгороджувальної функції, є кубічний литий стовпчик. Надмірним, а подекуди й не вмотивованим є використання бетону в лавках та смітниках, де можна обійтися легшими конструкціями. Також зменшенню обсягів сприяє використання якісніших матеріалів, адже об'єкти часто роблять габаритнішими саме для того, щоб компенсувати низьку якість матеріалу та запобігти передчасному руйнуванню.

Як бачимо, з критерію «обслуговування та ремонт» мають вищий рейтинг модульні об'єкти – плитка, екобруківка та поребрик. Тротуарна плитка складається з дуже малих елементів, що спрощує ремонт і заощаджує матеріали. Тротуарна плитка є чи не найулюбленішим матеріалом комунальних служб, адже її просто розібрати за потреби ремонту комунікацій під нею, і так само просто зібрати назад, або використати на іншому об'єкті. Поребрик також є легким і модульним елементом, який теж можна замінити невеликими частинами. Такі ж характеристики роблять ці об'єкти зручними для повторного використання, монтажу, транспортування та зберігання, на відміну від габаритного армованого бордюру, чий модуль є більшими, і навіть потребують спеціальної техніки для монтажу.









Решта об'єктів є монолітними, через що їх потрібно міняти навіть при часткових ушкодженнях. Саме тому варто напрацювати модульність у дизайні цих об'єктів, щоб ремонт був простішим та економічнішим. Водночас смітник, клумбу та стовпчик легко використати повторно на новій локації за умови, якщо їхня цілісність не була порушена – вони не кріпляться при монтажі, тому їх можна просто перевезти на нове місце; це важко зробити з лавкою, адже вона потребує більш комплексного монтажу/демонтажу. Транспортування загалом ускладнено для важких габаритних об'єктів – бордюру, лавки та клумби, які потребують й великої техніки для перевезення.

Переробка ж є практично неможливою для усіх об'єктів, виготовлених з бетону – ця практика є поки що рідкісною загалом у світі, а у нас ще не почала розвиватися. Гіпотетично, уламки з таких об'єктів, як поребрик, смітник, клумба та стовпчик могли би використовуватися для створення наповнювача з бетонної суміші або ж інших будівельних матеріалів, якщо з'являться відповідні підприємства.

Додатковим до критеріїв пунктом, який ми помітили, є кольорування бетону. Бетон часто фарбують зовні, але за своєю структурою цей матеріал не є нагідним до фарбування – фарба дуже швидко відлущується, і тоді об'єкт потребує ремонту. Варто було б використовувати пігменти для самого розчину. Це не тільки дозволяє об'єктам служити не один сезон, але й уможлиблює широку палітру і відтінки для фарбування.

# УЗАГАЛЬНЕНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТІВ З БЕТОНУ У ПУБЛІЧНИХ ПРОСТОРАХ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА

Таблиця 2

		Оптимальний обсяг	Обслуговування/ Ремонт
	<b>ТРОТУАРНА ПЛИТКА</b> (литий)	●●○○○○	●●●●●
	<b>ЕКОБРУКІВКА</b> (литий)	●●●○○	●●●●●
	<b>ПОРЕБРИК</b> (литий)	●●●○○	●●●●○
	<b>БОРДЮР</b> (литий армований)	●○○○○	●●○○○○
	<b>ЛАВКА</b> (литий армований)	●○○○○	●●○○○○
	<b>СМІТНИК</b> (литий армований)	●○○○○	●○○○○
	<b>КЛУМБА</b> (литий армований)	●●○○○○	●●○○○○
	<b>СТОВПЧИК</b> (литий армований)	●●○○○○	●●○○○○

Повторне використання	Переробка	Монтаж / Демонтаж	Транспортування	Складування
●●●●●	●○○○○	●●●○○	●●●●●	●●●●○
●●●●●	●○○○○	●●●○○	●●●●●	●●●●○
●●●●●	●○○○○	●●○○○	●●●●●	●●●●○
●●●○○	●○○○○	●●●○○	●●○○○	●●●○○
●○○○○	●○○○○	●●●○○	●●○○○	●●○○○
●●●○○	●○○○○	●●●●●	●●●●●	●●●○○
●●●○○	●○○○○	●●●●○	●●○○○	●●●○○
●●●●●	●○○○○	●●●●●	●●●●○	●●●●○

## СПОСОБИ СКОРОЧЕННЯ І ЗАМІНИ БЕТОНУ

Як ми визначили в аналізі, більшість об'єктів мають низький рейтинг з критерієм «оптимальний обсяг», і ми рекомендуємо скорочення обсягів використання бетону і заміни його на більш сталі та циркулярні матеріали.

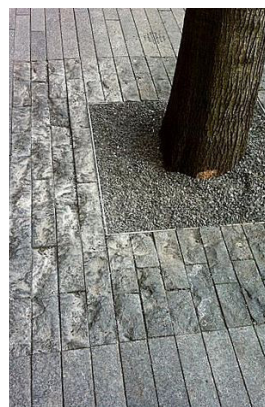
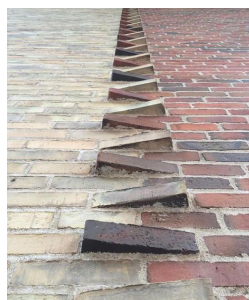
Почнемо з тротуарної плитки. Важко знайти кращий матеріал, коли йдеться про зони інтенсивного пішохідного руху. Загальний принцип тут у тому, щоб скорочувати покриття тротуарною плиткою там, де це можливо, а саме, де немає інтенсивного руху пішоходів. У таких зонах покриття варто замінити на відкритий ґрунт з газоном або різнотрав'ям, застосовувати природні рішення. Мінімізувати використання у зелених і відпочинкових зонах, максимально замінити на водопроникні та органічні матеріали. Наприклад, доріжки у парках можна залишати природними, або вкривати їх гравієм, обрізками дерева, дерев'яною стружкою.

У природних зонах – як транзитних, так і відпочинкових – також доречно використовувати покриття типу «настил»: це може бути нещільна металева сітка або дерев'яний настил, крізь який рослини зможуть вільно прорости, а поверхня не нагріватиметься. Таке рішення також є менш матеріалоємним.

**Порєбрик** є, загалом, досить ефективним рішенням, бо його невеликі габарити достатньо добре виконують функцію розділення природного покриття від транзитного\*. У ньому матеріалу використано не більше, ніж потрібно. Проте зустрічаються випадки, коли порєбрик функціонально не був потрібен взагалі, тоді краще уникнути його використання. У деяких випадках порєбрик можна також замінити на тонкий металевий кутовий профіль, дерев'яний брус або цеглу (Зображення 6).

Зображення 6. Приклади об'єктів

Джерело: (Archilovers, GTN Geveltechnik, huaban, metalfabricationsvcs)



**Бордюром** більше «зловживають» – тобто використовують більше, ніж потрібно. Бордюр – армований і матеріалоємний об’єкт, функція якого відокремлювати дорожнє і пішохідне покриття. Але його часто використовують для відокремлення ґрунтового настилу від пішохідного покриття, де зовсім непотрібний такий міцний матеріал. Важливо слідкувати, щоб поребрик чи бордюр не порушували водовідведення з пішохідних чи проїзних частин на ґрунті, адже застій води руйнує матеріал і викликає низку інших негативних ефектів.

**ЖОДНОГО ПОРЕБРИКА > ДЕРЕВ’ЯНИЙ БРУС > МЕТАЛЕВИЙ ПРОФІЛЬ АБО ЦЕГЛА > БЕТОННИЙ ПОРЕБРИК > БОРДЮР**

Коли говорити про устаткування публічних просторів – **вуличні меблі, смітники, клумби, стовпчики** тощо – то тут діє наступний принцип:



**МІНІМІЗУВАТИ КІЛЬКІСТЬ БЕТОНУ ДО НЕОБХІДНОЇ  
ДЛЯ ВИКОНАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ  
ВИРОБУ.**



Це означає, що в деяких випадках можна повністю відмовитися від бетону. Також об’єкти варто робити більш модульними, щоб уможливити ремонт і повторне використання елементів, а також спростити транспортування і монтаж. Модульність – це ключове для циркулярного функціонування об’єктів у публічному просторі.

Також всіх об’єктів стосується рекомендація використовувати якісний бетон та продукти з бетону, які мають нижчий показник приєднаного вуглецю, вищу міцність та зносостійкість.

## МЕТАЛ



- нестійкий матеріал з середнім циркулярними якостями (можливості переробки обмежені в Україні)
- найбільший об'єм приєднаного вуглецю – 7850 кг CO<sub>2</sub>e/м<sup>3</sup>
- через менші обсяги використання не є основним забруднювачем серед будівельних матеріалів

### ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МЕТАЛ

Метал є одним з найбільш широко застосовуваних матеріалів у будівельній промисловості. За своєю природою – це гнучкий матеріал, який здатен витримувати високі навантаження. Сьогодні можна створювати металеві елементи різних форм і розмірів, які при цьому забезпечують високу міцність конструкції. Зазвичай метали тверді, пластичні, мають хорошу електро- та теплопровідність і, властивий різним типам металу, блиск. Молекулярна структура металу дозволяє матеріалу пластично деформуватися, при цьому не бути крихким і не втрачати свої основні якості.

Протягом 20 століття різноманітність застосування металу в суспільстві швидко зростала. На додаток до масових застосувань, таких як сталь в будівлях і алюміній в літаках, все більше різних металів використовуються для інноваційних технологій. Попит на метали стрімко зростає у всьому світі. А у країнах, що розвиваються, розширюється ще й гірничодобувна та виробнича діяльність, а разом з цим і екологічні наслідки виробництва металу.

Серед металів у будівельній галузі найпопулярнішим і найбільш використовуваним є сталь. У порівнянні з іншими металами сталь має відносно низьку ціну на ринку, а також є одним з найбільш перероблюваних матеріалів у світі. Проте в Україні потужності для переробки сталі дуже обмежені. Властивості сталі, такі як міцність, універсальність, довговічність і можливість повторної переробки, дозволяють цьому матеріалу не втрачати популярності на ринку будівельних матеріалів уже багато століть.

Сьогодні метал широко застосовується для виготовлення об'єктів



Зображення 7. Приклади об'єктів з металу в публічних просторах Івано-Франківська

Джерело: (власні фото, METALAB)

міської інфраструктури – від вуличних ліхтарів до дрібних фурнітурних елементів. Металеві конструкції стійкі до різних погодних умов, а при якісному проектуванні – прості у монтажі, не потребують особливого догляду на етапі експлуатації і є вандалостійкими. До недоліків можна віднести схильність металу до кородування, складність ремонту монолітних конструкцій. Виробництво металу також спричиняє рекордно високу кількість викидів вуглекислого газу. Так, обсяг приєднаного вуглецю інженерної сталі дорівнює близько 7850 кг CO<sub>2e</sub>/м<sup>3</sup>. Хоча це більш ніж у 20 разів вище, ніж обсяг приєднаного вуглецю бетону, метал не є основним забрудником, бо й використовується у десятки разів менших обсягах.

Коли говорити про круговий потенціал металу, то варто зазначити, що притаманна йому довговічність та міцність сприяють довшому життєвому циклу виробів. Значна частка металів підлягає переробці, проте цей процес потребує великих витрат енергії і має високий вуглецевий слід. До того ж в Україні ця галузь не є розвинутою. Слід зосередити увагу на мінімізації використання, враховуючи кількість відходів і викидів після закінчення експлуатаційного терміну. Наприклад, виробництво міді споживає значну кількість енергії, але після виробництва матеріал можна використовувати безліч разів.

# УЗАГАЛЬНЕНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТІВ З МЕТАЛУ У ПУБЛІЧНИХ ПРОСТОРАХ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА

Таблиця 3

		Оптимальний обсяг	Обслуговування/ Ремонт
	<b>ЛАВКА</b> (чорний метал, профільна труба)	●●●○○	●●●○○
	<b>СМІТНИК, ФАСАД</b> (алюміній; чорний листовий/перфорований)	●●●○○	●●○○○○
	<b>СМІТНИК, ВНУТРІШНЯ ЄМНІСТЬ</b> (листовий оцинкований метал)	●●●●○	●●○○○○
	<b>СМІТНИК, КАРКАС</b> (листовий перфорований/профільна труба)	●●●○○	●●●●○
	<b>ВЕЛОПАРКОВКА</b> (чорний листовий/профільна труба)	●●●○○	●●●●○
	<b>ДИТЯЧИЙ МАЙДАНЧИК</b> (чорний метал листовий, нержавійка)	●●●●○	●●●●○
	<b>ОГОРОЖІ</b> (чорний листовий, нержавійка)	●●○○○○	●●●●○
	<b>СТОВПЧИК</b> (профільна труба: чорний метал, нержавійка)	●●●●●	●●●○○



Повторне використання	Переробка	Монтаж / Демонтаж	Транспортування	Складування
●●●●○	●●●●○	●●●●○	●●●○○	●●●○○
●●●●○	●●●○○	●●●○○	●●●○○	●●●○○
●●●○○	●●○○○○	●●●●●	●●●●●	●●●○○
●●●○○	●○○○○○	●●●●○	●●●●○	●●●○○
●●●●○	●●●○○	●●●●●	●●●●○	●●●○○
●●●○○	●○○○○○	●●●○○	●●○○○○	●●○○○○
●●●○○	●●○○○○	●●●●●	●●●●○	●●●●○
●●●●○	●●○○○○	●●●●●	●●●●●	●●●○○

З проведеного аналізу стає зрозумілим, що метал широко застосовується в інфраструктурних об'єктах українських міст. У публічних просторах Івано-Франківська сталь використовується найчастіше як матеріал у каркасних конструкціях. Прослідковується тенденція на застосування декоративних елементів у вуличних смітниках, дитячих майданчиках, лавках і парканах. Дуже рідко зустрічаються об'єкти з інших типів металу – наприклад, з нержавіючої сталі. У Таблиці 3 представлено результати аналізу об'єктів з металу у публічному просторі за критеріями, описаними в методології.

Як бачимо з таблиці, найвищий рейтинг по критеріях «монтаж/демонтаж» і «транспортування». Це пояснюється тим, що металеві конструкції часто не потребують застосування складної технології чи спеціалізованої техніки для виконання монтажних/демонтажних робіт. Малогабаритні об'єкти (смітники, велопарковки, огорожі та стовпчики) можуть кріпитися на болтах або монтуватися у землю без використання бетонної подушки. Якщо об'єкт не монолітний, а складається з окремих елементів, – такі конструкції суттєво спрощують транспортування, оскільки є легшими й оптимально складаються при перевезенні.

Найнижчий рейтинг у всіх об'єктів з критеріїв «переробка». В цілому у світі метал, зокрема сталь, є одним з найбільш придатним до переробки матеріалом. Проте в Україні ця практика ще не достатньо розвинена. При цьому етап переробки спричиняє великі викиди вуглекислого газу.

За критерієм «оптимальний обсяг» найвищі показники в антипаркувальних стовпчиків та велопарковок – тут використання матеріалу дуже мінімальне та ефективне. Найнижча оцінка за цим критерієм в огорожах. Це зумовлено тим, що в цих об'єктах найчастіше застосовується велика кількість декоративних елементів, що сильно впливає на весь життєвий цикл виробу. Варто зазначити, що елементи з металу мають кращі показники за критерієм «оптимальний обсяг», ніж об'єкти з тим же функціональним призначенням з бетону. Це зумовлено тим, що металеві конструкції більшості об'єктів є каркасними, через що усі деталі ефективно і оптимально застосовані.

Життєвий цикл об'єктів інфраструктури з металу сильно залежить від якості обслуговування на етапі експлуатації. За критерієм «обслуговування і ремонт» у більшості об'єктів середні показники. Складність або легкість обслуговування залежить від кількох факторів: монолітності/модульності конструкції, кількості та типу з'єднань, покрівельних матеріалів, типу металу.

Модульність – одна з головних якостей циркулярності у дизайні. Такий підхід дозволяє легко транспортувати, ремонтувати чи замінювати окремі елементи. Крім того, це продовжує життєвий цикл продукту і забезпечує більш сталі потреби у користуванні. У проаналізованих об'єктах з металу в публічних просторах Івано-Франківська модульність зустрічається вкрай рідко. Переважно це цілісні зварні конструкції (каркаси лавок, огорожі, велопарковки,

смітники), що ускладнює обслуговування, ремонт, заміну чи перевикористання цих елементів для інших об'єктів.

Більшість проаналізованих нами металевих конструкцій покриті лакофарбовими матеріалами. Найбільш стійким покриттям сталі вважається порошкове фарбування. У такий спосіб порошок з пігментом щільно лягає на поверхню металу і утворює твердий шар полімерного покриття, яке є стійкішим до будь-яких зовнішніх подразників. Найменш ефективним вважається емалеве покриття, особливо для зовнішнього застосування. Такі фарбові покриття не стійкі до погодних умов, швидко втрачають естетичний вигляд і потребують дуже частого поновлення. Загалом будь-які лакофарбові покриття металу є неекологічними, а часом і токсичними. З огляду на це, поширені світові практики використання металевих конструкцій без фарбування. У Івано-Франківську є лише один приклад застосування такого підходу – спуск-рампа з металевої сітки та каркас з перевикористаних металевих кутників на Озері з лебедем (Зображення 8).

*Зображення 8. Озеро з лебедем в Івано-Франківську*

*Джерело: (власне фото, METALAB)*



У порівнянні з бетоном, метал має досить високі показники у всіх критеріях з таблиці аналізу (див. Таблиця 3). З погляду фізичних якостей метал стійкий до різних погодних умов, не потребує особливих умов зберігання. Завдяки дизайну металеві конструкції можна легко транспортувати, монтувати та ремонтувати. Метал є надійним матеріалом для виготовлення каркасних конструкцій для міської інфраструктури. У порівнянні з деревиною метал де-що програє по показниках екологічності та стійкості, оскільки його виробництво спричиняє велику частку викиду вуглекислого газу. Тому рекомендується використовувати метал, який раніше був у вжитку й у мінімально необхідних кількостях.

## СПОСОБИ СКОРОЧЕННЯ І ЗАМІНИ МЕТАЛУ

Багато об'єктів у публічних просторах Івано-Франківська мають потенціал до скорочення використання металу, або й повної його заміни альтернативними матеріалами.

Найнижчий рейтинг з критерію «оптимальний обсяг» мають огорожі. Зменшити обсяг використання металу у таких об'єктах можна завдяки відмові від декоративних елементів, меншій кількості деталей, при якій не втрачається функціонал об'єкта. Паркани й огорожі у міському середовищі часто лише створюють ілюзію безпеки, тому їх можна замінювати альтернативними матеріалами, або ж кущами та живоплотами, а подекуди і зовсім відмовитися від них. У паркових зонах, на парковках, дитячих майданчиках, прибудинкових територіях особливо доречним є застосування живоплотів, що слугуватиме не лише інструментом зонування, а й сприятиме зменшенню шумового забруднення. У пішохідних зонах часто достатньо було б антипаркувальних стовпців.

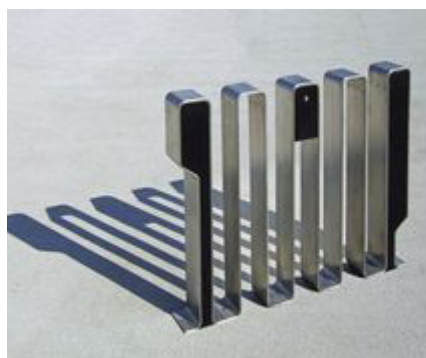
Рекомендується відмовитись від декоративних елементів у каркасних конструкціях смітників – це сприятиме чистоті та довговічності виробу.

Хорошою альтернативою металу виступає деревина. З проведеного дослідження бачимо, що деревина є найбільш циркулярним матеріалом у порівнянні з бетоном і металом. За останні декілька років в Україні все частіше зустрічається практика застосування деревини у публічних просторах міст – дитячі майданчики, поручні, огорожі, лавки, навіть покриття у паркових зонах.

У малих інфраструктурних елементах міст замість звичайної сталі рекомендується використовувати нержавіючу сталь (Зображення 9).

*Зображення 9. Приклади використання нержавіючої сталі в місті.*

*Джерела: (.<https://www.broxap.com>, <https://www.pinterest.ie/fjanwickelgren/design/>)*



Як матеріал для міської інфраструктури, цей метал заслуговує окремої уваги. Нержавіюча сталь має щільну структуру, що робить вироби більш стійкими в порівнянні зі сталевими конструкціями. Експлуатаційні якості виробів з нержавіючої сталі також вищі, оскільки цей матеріал міцніший – тому рідше потребує ремонту. Головною перевагою цього матеріалу є стійкість до кородування. Гладка поверхня менш схильна до забруднення, самоочищається, не потребує фарбування (рекомендується з нержавіючої сталі виготовляти сміттєві урни). У Івано-Франківську з нержавіючої сталі виготовлена огорожа на міському озері (Зображення 10). З мінусів цього металу – суттєво вища ціна на ринку, в порівнянні зі сталлю чи іншими поширеними у міських просторах металами.

*Зображення 10. Огорожа з нержавіючої сталі на міському озері в Івано-Франківську.*

*Джерело: (власні фото, METALAB)*



## ДЕРЕВИНА



- найбільш стійкий і циркулярний з усіх будівельних матеріалів
- об'єм приєднаного вуглецю м'якого дерева – 132,5 кг CO<sub>2</sub>e/м<sup>3</sup>, а твердого дерева – 230 кг CO<sub>2</sub>e/м<sup>3</sup>
- об'єм приєднаного вуглецю твердого дерева – 230 кг CO<sub>2</sub>e/м<sup>3</sup>

### ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ДЕРЕВИНУ

На теперішньому етапі розвитку матеріалознавства та сектору будівництва у всьому світі деревина вважається найбільш сталим матеріалом для будівництва за умови, що матеріал був отриманий не екстенсивним шляхом (Khatib, 2016: 130; UNECE, 2016; Milestone and Kremer, 2019; Aboulanga and Elsharkawy, 2022). Деревина є відновлюваним, біорозкладним і природним ресурсом, продукти з якого легко піддаються переробленню та мають найменший карбоновий слід з усіх відомих матеріалів (Khatib, 2016: 129 - 130).

Тому деякі країни та територіальні громади ухвалюють так звані «політики пріоритету дерева» – деревина рекомендована до використання в усіх видах конструкцій і будівельних робіт, а решта матеріалів має набиратися за залишковим принципом (UNECE, 2016; Milestone and Kremer, 2019). Передовою практикою є будівництво масового житла з дерев'яних конструкцій, а також максимального використання дерева в міському дизайні.

Величину приєднаного вуглецю деревини можна визначати двома способами. Деревина має властивість зберігання вуглецю. Це означає, що, у процесі росту, дерево поглинає вуглекислий газ, перетворюючи його на власну вуглецеву структуру. Таким чином, якщо брати до уваги цю властивість, то показник приєднаного вуглецю деревини буде взагалі від'ємним. Якщо не брати до уваги цю властивість і рахувати приєднаний вуглець від зрубу дерева до доставки його на будівництво, то приєднаний вуглець м'якого дерева буде 132,5 кг CO<sub>2</sub>e/м<sup>3</sup>, а твердого дерева – 230 кг CO<sub>2</sub>e/м<sup>3</sup> (ICE Database v3.0, 2021), що однаково значно нижче, ніж у бетону.



Зображення 11. Приклади об'єктів з дерева в публічних просторах Івано-Франківська

Джерело: (власні фото, METALAB)

Говорячи про сталість та циркулярний потенціал матеріалу для використання у публічних просторах, у гру вступає ще низка критеріїв. Перевагою дерева є те, що воно має низьку теплопровідність – не є холодним взимку та не сильно нагрівається влітку, добре поглинає вологу, його легко обробляти, ремонтувати та використовувати повторно, а наприкінці циклів використання деревина розкладається у природний спосіб (Металаб, 2021). До недоліків можна віднести те, що деревина є складною у догляді, легко піддається вандалізації і дорого коштує у порівнянні з іншими матеріалами (там само). Окрім того, умови виробництва деревини в Україні не є достатньо регульованими, тому необхідно ретельно перевіряти, чи певний матеріал не був добутий у шкідливий для лісу спосіб.

## УЗАГАЛЬНЕНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТІВ З ДЕРЕВА У ПУБЛІЧНИХ ПРОСТОРАХ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА

Таблиця 4

		Оптимальний обсяг	Обслуговування/ Ремонт
	ЛАВКА (брус)	●●●○○	●●●●●
	СМІТНИК (брус)	●●○○○	●●●●○
	ДИТЯЧИЙ МАЙДАНЧИК (брус, дошка, колода)	●●●●○	●●●●○

### РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ

В Україні використання деревини у міському благоустрої є дуже обмежене – ми ідентифікували лише три об'єкти, виготовлені з дерева. Одним з об'єктів є дитячий майданчик з дерева, що поки рідко трапляється у місті (два об'єкти цього типу з восьми в ареалі дослідження). У Таблиці 4 представлено результати аналізу об'єктів з дерева у публічному просторі за критеріями, описаними в методології.

Як бачимо з таблиці, деревина має високий рейтинг з критеріїв обслуговування та ремонту, повторного використання та переробки. Всі ці об'єкти мають модульну конструкцію, що дозволяє вилучити пошкоджену деталь та замінити її на іншу, та є стійкими до погодних умов. Дерево – це м'який матеріал, який досить легко монтується/демонтуюється кріпленнями, не потребує для цього складного оснащення або ж транспортування об'єкта в майстерню.

Об'єкт «смітник» отримав на один пункт нижчий рейтинг з огляду на те, що деревина сильно брудниться відходами і потребує більш професійної чистки (Зображення 12).

Низький рейтинг лавки та смітника з критерію «оптимальний обсяг» матеріалу відображає те, що матеріалу використано більше, ніж потрібно для функціонування конструкції: наприклад, в окремих випадках бруски на смітнику можуть бути тоншими та рідшими. Це також важливо для того, щоб деталі не розташовувалися



Повторне  
використання

Переробка

Монтаж /  
Демонтаж

Транспортування

Складування



Зображення 12. Смітник з бруса.

Джерело: (власне фото, METALAB)



надто щільно одна до одної, просихали і обвітрювалися. На дитячих майданчиках дерева не забагато; навпаки, з погляду дизайну, варто розширювати використання дерева. Проте рейтинг 4 з 5, а не 5 з 5 обумовлений індикатором «продукування відходів при виробництві»: наразі більшість елементів створено з прямокутного бруса, від якого залишається багато відходів. Рекомендовано використовувати деревина типу колоди, яка не тільки продукує мінімум відходів, але й має низку інших переваг.

У плані переробки деревина майже безвідходна – з неї можна будувати простіші предмети, переробити у листові матеріали типу ДСП та ОСБ, покрошити його у наповнювачі чи брикети, а у крайньому разі – пустити на дрова. Тому деревина отримує найвищий рейтинг серед усіх проаналізованих нами матеріалів, за винятком, смітника, у якому деревина втрачає свої якості і мусить бути додатково підготовлена до переробки.

Складним дерево є у складуванні, бо має зберігатися у сухому та приміщенні у певному температурному діапазоні, а також у транспортуванні, бо, зазвичай, має більші обсяги, ніж інші матеріали, та може бути пошкоджено або забруднено у процесі.

Окремо стоїть питання покриття деревини, адже воно може підвищувати чи знижувати циркулярний потенціал. Найменш сталим є емалеве покриття на масляній основі, адже при перепадах температури воно швидко тріскає (Зображення 13), а при переробленні – виділяє шкідливі речовини у повітря. Часто вживаними є лакофарбові покриття, серед яких є як синтетичні, так і натуральні. Загалом, краще використовувати покриття з природних компонентів, адже воно краще проникає у структуру дерева і робить деревину щільнішою, краще тримається на поверхні, і не є шкідливим у переробленні. Є великий вибір лакофарбових матеріалів і фарб на водній основі, більш придатних для міського дизайну. Окремо можна виділити масловіск – природний і нешкідливий матеріал, який добре захищає та зміцнює матеріал. Проте, через низьку вартість синтетичних матеріалів, вони використовуються частіше.

Зображення 13. Лавка вкрита масляною фарбою.

Джерело: (власне фото, METALAB)



Як позитивний приклад вищевикладеного, можна навести дитячий майданчик нового типу (Зображення 14). Таких об'єктів виявлено два з загальної кількості восьми майданчиків. Вони складаються з переважно дерев'яних елементів, які оброблені морилкою на водній основі, попередньо оброблені від шкідників. Тут є велика увага до дизайну: мінімально оброблена сировина, колода з якісних порід дерева, цікаві форми, які добре вписуються в навколишнє середовище та запрошують до гри.

Наостанок, деревина є приємним матеріалом для користувачів публічних просторів – воно має комфортну температуру в будь-яку пору року, швидко висихає після опадів, приємне на дотик та естетичне. Саме тому це основний матеріал лавок і дитячих майданчиків – об'єктів, у яких важливим є якість тактильного контакту.

Зображення 14. Дитячий майданчик з колоди.

Джерело: (власне фото, METALAB)



## ДЕРЕВИНА ЯК АЛЬТЕРНАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ

У розділах про бетон і метал ми пишемо про те, чим ці матеріали можна замінити. Використання ж деревини варто, навпаки, розширювати, адже вона є найбільш сталим та циркулярним матеріалом. Передові у цьому питанні країни, такі як Австралія, Нова Зеландія, Канада, Швейцарія та інші, посилюють свої політики заохочення використання дерева у першу чергу, і нам, як країні з потужною індустрією виробництва деревини, варто брати з них приклад. Проте розширення використання деревини має відбуватися обережно і має багато нюансів, про які ми й будемо говорити у цьому розділі.

Важливо у публічних просторах використовувати місцеву деревину, адже на локальні матеріали нижча вартість і доступний ширший вибір. Для нашого регіону це, наприклад, бук, смерека чи ясен. Бук є одним з найбільш економних деревних матеріалів. Він дає меншу кількість відходів при обробці. Смерека – це локальний м'який матеріал, який швидко росте та легко транспортується. Вона має нижчу щільність, тому не тріскає. При обробці смереки також утворюється менше відходів.

Для покриття деревини сьогодні використовують різні речовини. Зокрема, дерев'яні конструкції та елементи покривають маслом, акриловими лаками та фарбами на водній основі, олійними фарбами та органічними сполуками – наприклад, лляною олією.

Якщо коротко розібратися у властивостях кожного із цих покриттів, то можна відзначити наступне. Деревина, оброблена будь-яким видом масловоску, потребує регулярного поновлення покриття. Акрилові покриття – не токсичні, або менш токсичні за олійні. Акрилові лаки на водній основі еластичні та більш довговічні, а поліуретанові лаки – більш стійкі до механічних ушкоджень. Фарби ж на водній основі – також еластичні та краще проникають у структуру дерева.

Щодо олійних фарб – це найгірший із можливих видів покриття для деревини. Їх дуже важко наносити, й ще важче підтримувати у доброму стані.

Найкращим та оптимальнішим варіантом, звісно, є органічні покриття – лляна олія чи масловіск.

Хорошою практикою у публічних просторах є заміна менш кругових елементів (бетон, метал) на більш кругові (деревина) матеріали. Так, деревину доцільно використовувати замість металу у різноманітних каркасних конструкціях. Серед проаналізованих нами об'єктів така заміна може бути у елементах дитячого майданчика, лавок для сидіння чи поручнів. Також монолітні лавки з бетону можна замінювати на дерев'яні конструкції.

Окремо варто зазначити і про позитивну, але досить рідкісну у нас практику – використання деревини замість тротуарної плитки у паркових зонах. Її можна використовувати там, де рух виключно пішохідний і має прогулянковий темп.

Як зазначалося вище, деревина – це матеріал, який, у плані переробки, майже безвідходний. Іншими словами дерев'яні відходи потрібно також задіювати та використовувати у публічних просторах. У країнах Європейського Союзу поширені практики використання дерев'яної стружки разом з гравієм та іншим подрібненим каменем як настилу для паркових доріжок, на дитячих майданчиках чи у інших пішохідних зонах.

А у Івано-Франківську, наприклад, на міському озері виготовили лавки для сидіння з відрізків дерев. Деякі з них змайстрували з дерева, яке було повалене під час негоди у тому ж таки парку. І це ще один хороший приклад застосування принципів кругової економіки у матеріалах та публічних просторах.

Основним застереженням щодо інтенсивного використання деревини є необхідність контролю її походження. Матеріал має бути сертифікований та не походити з неконтрольованих виробництв, які спонукають дефорестацію, що є поширеним в Україні. Окрім того, потрібні загальнонаціональні інструменти контролю дозволеного обсягу виробництва деревини без шкоди для екосистем, на основі яких можна розраховувати прийнятні обсяги використан-

ня деревини у будівництві. Адже різкий перехід на дерев'яні конструкції у багатьох галузях будівництва може спричинити дефіцит деревини у довгостроковій перспективі.

Повертаючись до критерію «оптимальне використання матеріалу», навіть при розширенні використання деревини все одно варто дотримуватися принципу мінімалізму і не використовувати більше матеріалу, чим того вимагає функціонування конструкції.

Також не варто забувати про доцільність – у місцях інтенсивної експлуатації дерево буде швидко зношуватись або ж може гнити у певних умовах, що може знівелювати інші позитивні ефекти. Тому при розробці дизайну просторів варто моделювати сценарії використання та розраховувати оптимальний матеріал з огляду на параметри експлуатації, сталості та циркулярності матеріалу. Варто не забувати, що не тільки сам матеріал може бути сталим або не сталим, але й його використання.

# СТРАТЕГІЇ ДИЗАЙНУ ПУБЛІЧНИХ ПРОСТОРІВ І ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ

## ОГЛЯД РЕЛЕВАНТНИХ ПІДХОДІВ

Існує багато класифікацій стратегій та методів кругової економіки для різних індустрій. Назвемо найрелевантніші з них для дизайну публічних просторів: циркулярні стратегії для галузі будівництва, продуктового дизайну та дизайну загалом. Перелічені далі приклади класифікацій слугують основою для нашого переліку стратегій обходження з матеріалами у публічних просторах, наведені у наступних розділах.

Хорошим прикладом є покрокова інструкція щодо скорочення вуглецевого сліду та підвищення циркулярності у будівництві Лондонської Ініціативи з Енергетичної Трансформації (LETI). У своєму «Гайді з дизайну у кліматичну кризу» вони пропонують наступні цілі та підходи:

- **Будуйте менше.** Реконструйте та перевикористовуйте.
- **Будуйте легше.** Полегшуйте каркас будівлі.
- **Будуйте розумніше.** Забезпечте довговічність і спирайтеся на місцевий контекст.
- **Будуйте з низьким вуглецевим слідом.** Беріть до уваги специфікацію матеріалів.
- **Будуйте для майбутнього.** Оцініть кінець циклу використання та адаптивність.
- **Будуйте спільними зусиллями.** Залучайте всю команду. (LETI, 2020: 60)

Кожен з цих підходів деталізовано в інструкції з базовими діями (там само: 61). Означені LETI підходи у пунктах 1-5 є релевантними й для дизайну міських просторів.

Найбільш вживаними є, мабуть, стратегії кругового дизайну, роз-

роблені Фондацією Елен МакАртур (Ellen MacArthur Foundation, 2021), які спираються на наведену раніше «діаграму метелика». Для українських читачів ці принципи були адаптовані у брошурі «Основи кругового дизайну» (Мартиненко, 2021):

- 1. Дизайн для внутрішніх циклів.** Варто розробляти продукти, які можна легко ремонтувати, повторно використовувати та обмінювати, тобто – утримувати в циклі між виробником/постачальником і споживачем, не переводячи в інші цикли, як-то переробка або використання за іншим призначенням.
- 2. Продукт як послуга.** Забезпечення доступу до продукту на потрібний час.
- 3. Продовження терміну служби продукту.** Розробляти фізично та емоційно довговічні продукти, які здатні адаптовуватися до мінливих потреб користувачів.
- 4. Модульність.** Модульна конструкція дозволяє замінити лише зіпсовану частину виробу, залишаючи у вжитку інші, уможливлуючи ремонт, перезбирання та оновлення продукції.
- 5. Вибір безпечних та кругових матеріалів.** Обирати матеріали, які не містять шкідливих речовин і легко піддаються переробці.
- 6. Біомімікрія.** Імітувати рішення, які розвинулися у природі.
- 7. Мислення на основі життєвого циклу.** Враховувати те, які економічні, екологічні та соціальні впливи має продукт протягом всього свого життєвого циклу.  
(на основі Мартиненко, 2021: 13-19).

Більшість з цих пунктів є релевантними й для дизайну публічних просторів, а особливо – пункти № 1, 4 та 5.

Додатково зазначимо ще дві стратегії, які варто брати до уваги, проєктуючи публічні простори: видобуток міських ресурсів і природоорієнтовані рішення.

Дедалі поширенішою стратегією є *urban mining*, або ж видобуток міських ресурсів (переклад – авторки). Це є «процес відновлення і повторного використання матеріалів у місті. Ці матеріали можуть походити від будівель, інфраструктури, або ж продуктів, які вийшли з ужитку» (Blok, 2021). Якщо раніше під визначення підпадали цінні метали та рідкісні матеріали, то зараз все більше «видобувають» й найбільш поширені матеріали – бетон, сталь, цеглу та деревину (там само).

У контексті проєктування публічних просторів це означає, що можна закуповувати не нові матеріали, а ті, які вже були у вжитку у тому самому або іншому призначенні. Це може допомогти отримати якісні та циркулярні матеріали за нижчою ціною і, наприклад, викласти доріжку в парку вторинною цеглою замість нової бетонної плитки. У деяких країнах існують цілі компанії, які спеціалізуються на демонтажі старих будівель та інфраструктури, та ринки, де ці вторинні матеріали можна придбати. В Україні цей напрямок є менш поширеним, але перспективним. Зокрема, вже практикується повторне використання бордюрного каменю та мощення (Доброва і Семенова, 2021: 61).

Природоорієнтовані рішення – це «парасольковий термін», який об'єднує різні напрямки сталого управління природними ресурсами – екосистемний підхід, сталий менеджмент лісових ресурсів, водних ресурсів, так звані «зелена інфраструктура» та «блакитно-зелена інфраструктура», тощо (ЕЕА, 2021: 9). Загальне визначення терміну є наступним:



**ПРИРОДООРІЄНТОВАНІ РІШЕННЯ ДЛЯ АДАПТАЦІЇ ДО ЗМІН КЛІМАТУ ТА ЗНИЖЕННЯ РИЗИКІВ СТИХІЙНИХ ЛИХ Є ДІЯМИ, ЯКІ СПРЯМОВАНІ НА ПОСИЛЕННЯ ТА ЗАХИСТ ЕКОСИСТЕМ, А ТАКОЖ НА ДОПОМОГУ СУСПІЛЬСТВУ АДАПТУВАТИСЯ ДО НАСЛІДКІВ ЗМІНИ КЛІМАТУ І УПОВІЛЬНИТИ ПОДАЛЬШЕ ГЛОБАЛЬНЕ ПОТЕПЛІННЯ. КРІМ ТОГО, ВОНИ ПРИНОСЯТЬ БАГАТО ІНШИХ ПЕРЕВАГ, ЗОКРЕМА ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ, СУСПІЛЬСТВА ТА ЕКОНОМІКИ**



(ЕЕА, 2021: 9; переклад – авторки).

Нам цей напрямок цікавий в урбаністичному контексті – які рішення допомагають зменшити обсяг матеріалів і витрат на їх підтримку у публічних просторах, у яких випадках можна замінити зроблену людиною інфраструктуру на природну. Всі ці питання стосуються терміну «блакитно-зеленої інфраструктури», яка визначається Європейською Комісією як:



**СТРАТЕГІЧНО ЗАПЛАНОВАНІ МЕРЕЖІ ПРИРОДНИХ ТА НАПІВПРИРОДНИХ ЗОН ЗІ СПЕЦИФІЧНИМИ РИСАМИ, ЯКІ ЗДИЗАЙНОВАНІ ТА УПРАВЛЯЮТЬСЯ ТАКИМ ЧИНОМ, ЩОБ ВОНИ МОГЛИ НАДАВАТИ ЕКОСИСТЕМНІ СЕРВІСИ, ТАКІ ЯК ОЧИЩЕННЯ ВОДИ, ПІДТРИМКА ЯКОСТІ ПОВІТРЯ, ПРОСТІР ДЛЯ ВІДПОЧИНКУ ТА МІТІГАЦІЯ І АДАПТАЦІЯ ДО ЗМІН КЛІМАТУ. ЗЕЛЕНА ІНФРАСТРУКТУРА ПРИСУТНЯ ЯК У СІЛЬСЬКИХ МІСЦЕВОСТЯХ, ТАК І У МІСТАХ**



(ЕЕА, 2021: 17; переклад – авторки).

Ми не будемо детально зупинятися на багатоманітні природоорієнтованих рішень, адже нещодавно українською було опубліковано вичерпний та адаптований до українських реалій посібник «Каталог природоорієнтованих рішень» (Рябика та ін.) Туди включено й ключові рішення для міст – дощові парки, садки та канали, живоплоти, зелені дахи, колії, паркування, перголи та фасади, кишенькові парки, міські водно-болотні угіддя, міські екокоридори, сади та городи, проникні поверхні тощо. Проте, природоорієнтовані рішення варто включати як одну із стратегій обходження з матеріалами у публічних просторах.

Загалом, сучасні тенденції в архітектурі та містобудуванні все більше орієнтуються на екологічність та етичність, заощадження природних ресурсів та принципи сталості (Горохов, 2021). Це добре ілюструють й інновативні проєкти, відзначені на Венеційській ар-



хітектурній бієнале 2021. Тенденції, які найбільше відбиватимуться на проєктуванні публічних просторів, варто розглянути детальніше.

Все частішим явищем стає перехід до природних матеріалів, настільки, наскільки це можливо. Бетонні суміші пробують замінювати глиною, керамзитом, корком, костробетоном, пресованим ґрунтом та іншими природними матеріалами (Biennale Architettura, 2021: 63). Багато експериментують з геть нетиповими для будівництва матеріалами: були проєкти з інтегрування модулів із вовни та тканин у старі будівлі, з переосмислення глиняних плиток (Flocking Tejas, Base studio) та вулканічного базальту у сучасній архітектурі; презентували інноваційний матеріал із скла та вуглецевого волокна (там само: 81, 191, 235 ).

Також можна простежити бажання повернутися до природного середовища. Архітектори створюють проєкти будівель і пропонують організацію людських угруповань і дизайну середовища максимально інтегруючи природу у всіх її проявах. Окрім того, люди прагнуть комунікації та соціальних зв'язків, це гостро почало відчуватися саме після довготривалих карантинних обмежень. Зараз ми бачимо найрізноманітніші проєкти, які охоплюють мультифункціональні публічні простори в жилих та офісних будівлях, відкриті внутрішні структури та взаємини у спільнотах людей (там само: 107, 127, 149, 171, 183). Ці проєкти чудово сприяють економії простору, ресурсів, матеріалів та обґрунтованому використанню приміщень. Цими самими принципами варто послуговуватися при дизайні публічних просторів.

Беручи до уваги описані у цьому розділі стратегії та підходи кругового дизайну, а також інші релевантні тенденції, ми пропонуємо наступний перелік стратегій кругового дизайну публічних просторів з фокусом на використання матеріалів.

## **СТРАТЕГІЇ КРУГОВОГО ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ У ПУБЛІЧНИХ ПРОСТОРАХ**

Отже, на основі розглянутої вище літератури, власного аналізу та досвіду ми пропонуємо наступний перелік стратегій кругового дизайну публічних просторів:

- 1. Зменшуйте обсяги матеріалів**
- 2. Замінюйте матеріали на природоорієнтовані рішення**
- 3. Обирайте безпечні, сталі, кругові та низьковуглецеві матеріали**
- 4. Посильте модульність дизайну**
- 5. Обирайте матеріали, які вже були у вжитку**
- 6. Продовжуйте термін служби**
- 7. Налаштуйте процеси для внутрішніх циклів використання**
- 8. Екологічно виводьте з експлуатації**

Ми рекомендуємо користуватися цими стратегіями як чеклістом на етапі розробки проєкту: коли ви маєте концепт простору, проаналізуйте його щодо того, які з перелічених стратегій можна застосувати.

## СТРАТЕГІЯ 1. ЗМЕНШУЙТЕ ОБСЯГИ МАТЕРІАЛІВ

Зображення 15.

Джерело: (<https://www.digsdigs.com>)



Будь-які, навіть найбільш сталі та кругові матеріали, все одно мають певний негативний вплив на довкілля та зменшують природний ресурс. Тому варто всюди, де це можливо, скорочувати обсяги матеріалів. Особливо це стосується тих матеріалів, які мають найбільший вуглецевий слід. Відповідно, найперше необхідно скорочувати обсяги бетону, потім – металу; зловживати деревиною, хоча вона і має найкращі характеристики, також не варто (Зображення 15).

Це не так складно, як може здаватися на перший погляд. У багатьох випадках можна використати природоорієнтовані рішення (див. наступний пункт). Також часто-густо ми бачимо, що дизайн-рішення у публічному просторі більш матеріаломісткі, ніж це необхідно. А ще – менш сталий та циркулярний матеріал можна замінювати на матеріал з кращими характеристиками (див. Стратегія 3). Повторимо вже згаданий раніше принцип:



**МІНІМІЗУЙТЕ ОБСЯГ МАТЕРІАЛУ ДО НЕОБХІДНОГО  
ДЛЯ ВИКОНАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ  
ОБ'ЄКТА АБО ВИРОБУ**



Розширюємо площу природи, зменшуємо площу інфраструктури, а де вона необхідна – робимо її більш легкою і менш матеріаломісткою.

Зображення 16 (1). Приклади природного покриття замість мощення.

Джерело: <https://wow-webmagazine.com>,

Розширення природної зони замість покриття – залишати відкритими ділянки газону/трави



Зображення 16 (2). Приклади природного покриття замість мощення.

Джерело: <https://www.stimsonstudio.com>

У парках і зонах відпочинку залишати немощені доріжки...



Зображення 16 (3). Приклади природного покриття замість мощення.

Джерело: <https://www.pinterest.pt/ohlandstudio/>

...або доріжки з простих природних матеріалів, що є водопроникними



Зображення 17. Приклади лаконічного дизайну.

Джерело: <https://www.pinterest.es/pin/519180663297955400/?d=t&mt=login>

Полегшення конструкцій до суто необхідної для забезпечення тримкості



Зображення 17 (2). Приклади лаконічного дизайну.

Джерело: <https://bollardsecurity.co.uk>

Розробляти дизайн максимально лаконічним – це зменшить обсяг матеріалу, а також полегшить догляд та очищення.



## СТРАТЕГІЯ 2.

# ЗАМІНЯЙТЕ МАТЕРІАЛИ НА ПРИРОДООРІЄНТОВАНІ РІШЕННЯ

Такі рішення можуть виконувати багато задач. Усюди, де функцію може виконати природа, варто використовувати природоорієнтовані рішення замість антропогенних. Одними з найпоширеніших рішень є водовідведення та водопоглинання, які детально описані у «Каталозі природоорієнтованих рішень» (Рябика, М. та ін.). Так, системи водовідведення з бетону та металу можна в деяких випадках замінити на дощові садки та канали (Зображення 18).

У всіх можливих випадках варто замість мощення висаджувати газони та інше природне покриття, створювати міські екокоридори – «ділянки, які з'єднують ключові природні зони міста в єдиний природний простір» (там само, 76). Ідеально, коли для добирання з будь-якої точки А в будь-яку точку Б у місті є альтернатива маршруту природною зоною.

Також можна використовувати зелені насадження та живоплоти як огорожувальні конструкції замість бетонних – наприклад, відмежувати кущами парковку від зон іншого функціонального призначення (Семенова і Доброва, 2021: 61).

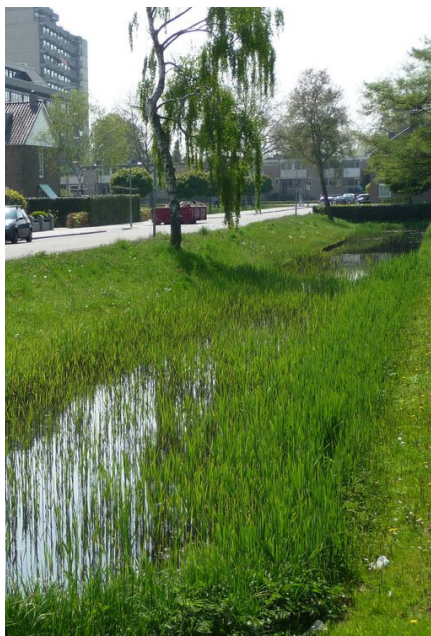


**УСЮДИ, ДЕ ФУНКЦІЮ МОЖЕ ВИКОНАТИ ПРИРОДА,  
ВАРТО ВИКОРИСТОВУВАТИ ПРИРОДООРІЄНТОВАНІ  
РІШЕННЯ ЗАМІСТЬ АНТРОПОГЕННИХ.**



Зображення 18. Приклади дощових садків та каналів.

Джерела: <https://www.pinterest.com/tropko/land-vc-landscape/>



Зображення 19. Приклади природної огорожі.

Джерела: <https://www.pinterest.com/pin/68117013103356181/>, [https://www.pinterest.com/linnstevensson/\\_saved/](https://www.pinterest.com/linnstevensson/_saved/).



## СТРАТЕГІЯ 3.

# ОБИРАЙТЕ БЕЗПЕЧНІ, СТАЛІ, КРУГОВІ ТА НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВІ МАТЕРІАЛИ

Це дослідження у цілому присвячено вибору матеріалів з цими якостями, що детальніше описано в розділі «Що таке сталі та циркулярні будівельні матеріали» та в інших розділах. Тут ще раз стисло підсумуємо критерії сталості матеріалів для дизайну громадських просторів, а саме для бетону, металу та дерева. Загалом, радимо таку пріоритетність у виборі матеріалів:

### ПЕРЕРОБЛЕНІ МАТЕРІАЛИ >

*будь-який матеріал варто замінювати його аналогом, який був у вжитку*

### ДЕРЕВИНА >

*легального й екологічного походження*

### МЕТАЛ >

*у мінімально необхідних кількостях*

### БЕТОН

*у мінімально необхідних кількостях*

Коли ж ви обрали один з цих матеріалів, а можливостей його заміни не було знайдено, то звертайте увагу на такі критерії вибору виду цього матеріалу:

## БЕТОН

- Обирайте бетон, який має вищу міцність та зносостійкість та менший вуглецевий слід.
- Не додавайте у суміш бетону інші матеріали та компоненти, які можуть ускладнити ремонт, перевикористання чи переробку цих об'єктів у майбутньому.
- Відмовтеся від покриття виробів з бетону будь-якими лакофарбовими матеріалами. Натомість можна додавати пігмент одразу у бетонну суміш.

## МЕТАЛ

- Використовувати більш сталі та довговічні метали – наприклад, нержавіючу сталь.
- Відмовитися або обмежити застосування лакофарбових покриттів, адже вони знижують циркулярний потенціал для наступних циклів використання.
- Замість листового металу використовуйте профіль або кутник, бо це зменшує необхідну кількість матеріалу.

## ДЕРЕВИНА

- Пересвідчіться, що матеріал куплено в сертифікованих та екологічних підприємств, котрі виготовляють деревину неекстенсивним шляхом.
- Надавайте перевагу локально виготовленій деревині.
- Уникайте використання неекологічних покрівельних матеріалів, краще обирати органічні олії та воски, або обробляти деревину лише антисептичними засобами (Зображення 20).
- Використовуйте деревину, яка потребує найменше обробки, наприклад, брус, колода (Зображення 20).

Зображення 20. Приклади екологічної обробки деревини.

Джерела: <https://www.pinterest.com>, <https://thomas-roesler.com>



## СТРАТЕГІЯ 4. ПОСИЛЬТЕ МОДУЛЬНІСТЬ ДИЗАЙНУ

«Модульна конструкція полегшує ремонт, перезбирання та оновлення продукції» (Мартиненко, 2021: 17), а також надає можливість зменшити обсяги використаних матеріалів. Окрім того, збірні конструкції легко транспортувати, не потрібно перевозити у майстерню для того, щоб полагодити. Їх легко монтувати та демонтувати, замінювати окремі деталі зі збереженням цілісності інших елементів конструкції.

Отже, модульність суттєво продовжує життєвий цикл виробу. Тому на етапі проєктування рекомендується включати модульність як одне із завдань на проєктування інфраструктурних об'єктів у місті.



Зображення 21. Приклади модульних об'єктів у місті.

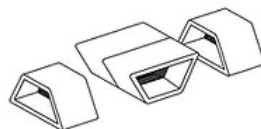
Джерела: <https://deriemaeker.be/projecten/>, <https://www.metalab.space/css-19-workshops-results-ua>



Ослінчик



Диванчик



Бенкет для двох



Шезлонг

## СТРАТЕГІЯ 5.

### ОБИРАЙТЕ МАТЕРІАЛИ, ЯКІ ВЖЕ БУЛИ У ВЖИТКУ

Варто повторно використовувати як матеріали, які вже були у «внутрішньому циклі» – тобто, були у комунальній власності та використовувалися для обслуговування міської інфраструктури, так і матеріали, отримані зі «зовнішніх циклів» – такі, що використовувалися в іншій функції та в інших контекстах. Перевикористання матеріалів має низку переваг. По-перше, ціна на ринку суттєво нижча, ніж на нові матеріали. По-друге, це екологічне продовження життєвого циклу матеріалу, що до того ж зменшує кількість будівельного сміття. По-третє, запускаючи новий життєвий цикл матеріалу ми свого роду документуємо минуле, даючи нове життя у майбутньому.

*Зображення 22. Спуск-рампа на Озері з лебедем.*

*Джерело: (власне фото, METALAB)*

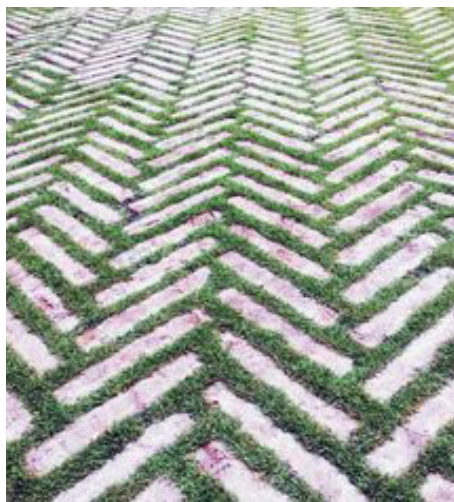
*У цьому об'єкті каркас виготовили з металевих кутників, які раніше слугували конструктивом у старій промисловій будівлі.*



*Зображення 23. Мощення з цегли у парку.*

*Джерело: <https://www.pinterest.com/yukizusa/>*

*Багато вжитої цегли залишається після демонтажу старих будівель. Це якісний і дорогий матеріал, який чудово працює як екологічне мощення у парках і зелених зонах.*



## СТРАТЕГІЯ 6. ПРОДОВЖУЙТЕ ТЕРМІН СЛУЖБИ

Термін придатності матеріалу можна продовжити через використання довговічних матеріалів і конструкцій, вчасні ремонт та реконструкцію, повторне використання матеріалу в тому ж або іншому об'єкті і функції.

Вже на етапі розробки самого простору або об'єкта для публічного простору, варто створювати такий дизайн, який би уможлиблював легке обслуговування та ремонтні роботи. Саме тому важлива модульність (див. Стратегія 4). Варто використовувати такі кріплення і способи монтажу, які можна розбирати і збирати на місці без додаткової техніки.

Коли матеріал чи об'єкт вже зносився і його не можна використовувати у тій самій функції, його ще можна використати повторно або переробити. Влучним прикладом повторного використання буде бруківка, або мощення: плитки, які не було пошкоджено, викладають у той самий об'єкт після ремонту, чи використовують на іншому об'єкті.

У контексті переробки варто використовувати даунсайклінг (downcycling) – матеріали, що вийшли з ужитку і втратили свої якості, можна переробити у простіші матеріали. Наприклад, деревину переробити на нарізку/стружку для покриття стежок – таке рішення ще й є ефективним для водопоглинання та зменшення нагрівання поверхні. Бетонні продукти можна переробити на бетонну крихту, яка є принагідною для створення доріжок і фундаментів.

Зображення 24. Доріжка з дерев'яної нарізки.

Джерело: <https://www.architectmagazine.com/project-gallery/wonder-wood-playgroun>



## СТРАТЕГІЯ 7.

### НАЛАШТУЙТЕ ПРОЦЕСИ ДЛЯ ВНУТРІШНІХ ЦИКЛІВ ВИКОРИСТАННЯ

Щоб ефективно продовжувати термін служби, потрібно налаштувати відповідні процеси. Починаючи з лаконічного дизайну, який легко піддається ремонту, модульності об'єктів, яка уможливляє заміну елементів та їх повторне використання. На балансі має бути обладнання потрібне для ремонту і відновлення об'єктів, а також добре організовані склади для зберігання матеріалів, елементів і модулів. Потрібні потужності для даунсайклінгу. Дуже важливою є компетентна команда комунальних працівників і працівниць та адекватний графік інспекції та ремонту об'єктів.

За таких умов матеріал залишається у внутрішньому циклі використання комунального підприємства і кілька циклів використовується для облаштування публічних просторів, без потреби викидати його або передавати на ресайклінг іншій компанії.



## СТРАТЕГІЯ 8. ЕКОЛОГІЧНО ВИВОДЬТЕ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Рано чи пізно матеріал виснажується та псується, тому настає час його утилізувати. Перед утилізацією варто ще раз проаналізувати, чи можна використати його повторно у внутрішньому чи зовнішньому циклах, або застосувати до нього один з видів перероблення.

Нагадаємо, що перероблення буває трьох видів. Апсайклінг (upcycling) – трансформація об'єкта або матеріалу у щось з більшою цінністю (Pires та ін., 2019: 49). Ресайклінг (recycling), або ж закритий цикл переробки, – такий процес трансформації відходів, який зберігає цінність об'єкта крізь багато циклів використання (там само: 50). Даунсайклінг (downcycling), або ж відкритий цикл переробки, – такий процес, у якому об'єкт перетворюється на щось з меншою цінністю (там само: 51).

У контексті благоустрою громадських просторів завжди опцією залишається як мінімум даунсайклінг: перероблення бетону на крихту, дерева – на стружку, яку можна використати замість мощення доріжок і деяких просторів тощо. Добре, коли потужності для перероблення є у самого комунального підприємства – це спрощує повторне використання у закритих циклах, робить всю систему благоустрою більш циркулярною. Якщо таких потужностей немає, то варто розглянути можливість передачі або продажу ще корисних твердих відходів іншим підприємствам.



Коли можливості перероблення вичерпані та матеріал або об'єкт залишається тільки утилізувати, варто подумати про наступне:

- Які є шляхи уникнення звалища для утилізації цього матеріалу або об'єкта?
- Чи можуть ці відходи бути корисними комусь в якомусь іншому контексті?
- Чи можна виріб повернути виробникам, які можуть компетентно та ефективно його утилізувати?
- Чи можна розібрати виріб на «чисті» матеріали та здати відповідним підприємствам з утилізації?
- Чи піддається матеріал повному знищенню без шкоди для довкілля або з користю для міста? Наприклад, можливо, в місті є сміттеперероблюваний завод, який виробляє енергію, чи дерево можна компостувати для гниття тощо?
- Чи можна зменшити обсяг і об'єми твердих відходів, щоб він займав менше місця на звалищі?

І завжди варто прагнути продукувати абсолютний мінімум твердих відходів, які не піддаються переробленню, бути свідомими динаміки продукування сміття і аналізувати можливості покращення цього показника.

# ДЖЕРЕЛА

Aboulnaga M. Timber as a Sustainable Building Material from Old to Contemporary Experiences: Review and Assessment of Global and Egypt's Examples [Електронний ресурс] / М. Aboulnaga, М. Elsharkawy // Springer, Cham. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-71700-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-71700-1_4)

17th International Architecture Exhibition. How will we live together? – Venezia: La Biennale di Venezia, 2021. – 460 с.

The concrete conundrum [Електронний ресурс] // Chemistry World. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.rsc.org/images/Construction\\_tcm18-114530.pdf](https://www.rsc.org/images/Construction_tcm18-114530.pdf).

EEA - European Environment Agency. Nature-based solutions in Europe: Policy, knowledge and practice for

climate change adaptation and disaster risk reduction [Електронний ресурс] / EEA - European Environment Agency // Luxembourg: Publications Office of the European Union. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.eea.europa.eu/publications/nature-based-solutions-in-europe>.

Gagg C. R. Cement and concrete as an engineering material: An historic appraisal and case study analysis / C.R. Gagg. // Engineering Failure Analysis. – 2014. – Volume 40.

Горохов М. Архітектурні підсумки року: Головні будівлі та тренди 2021-го [Електронний ресурс] / М. Горохов // Bird in Flight. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://birdinflight.com/uk/architectura-uk/20211228-2021-in-architecture.html>.

Embodied Carbon - The ICE Database [Електронний ресурс]

// Circular ecology. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://circularecology.com/embodied-carbon-footprint-database.html>.

LETI Climate Emergency Design Guide. How new buildings can meet UK climate change targets [Електронний ресурс] // LETI - London Energy Transformation Initiative. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: [https://b80d7a04-1c28-45e2-b904-e0715cface93.filesusr.com/ugd/252d09\\_3b0f2acf2bb24c019f5ed9173fc5d9f4.pdf](https://b80d7a04-1c28-45e2-b904-e0715cface93.filesusr.com/ugd/252d09_3b0f2acf2bb24c019f5ed9173fc5d9f4.pdf).

What we do [Електронний ресурс] // MacArthur Foundation. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://ellenmacarthurfoundation.org/about-us/what-we-do>.

Butterfly diagram [Електронний ресурс] // MacArthur Foundation. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>

Recycling and the circular economy: what's the difference? [Електронний ресурс] // MacArthur Foundation. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://ellenmacarthurfoundation.org/articles/recycling-and-the-circular-economy-whats-the-difference>

What is circular economy? [Електронний ресурс] // MacArthur Foundation. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>

Пашинська А. Аналіз матеріа-

лів у публічних просторах Івано-Франківська [Електронний ресурс] / А. Пашинська, К. Семенова, М. Баран // ГО «Металаб». – 2021. – Режим доступу до ресурсу: [https://issuu.com/metalab.if/docs/\\_-](https://issuu.com/metalab.if/docs/_-).

Milestone. Encouraging councils and governments around the world to adopt timber-first policies: A systematic literature review / S. Milestone, P. Kremer. // Mass Timber Construction Journal. – 2019. – С. 8–14.

Miller. S. Readily implementable techniques can cut annual CO2 emissions from the production of concrete by over 20% [Електронний ресурс] / Miller, Horvath, Monteiro // Environmental Research Letters. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.researchgate.net/publication/305645264\\_Readily\\_implementable\\_techniques\\_can\\_cut\\_annual\\_CO\\_2\\_emissions\\_from\\_the\\_production\\_of\\_concrete\\_by\\_over\\_20](https://www.researchgate.net/publication/305645264_Readily_implementable_techniques_can_cut_annual_CO_2_emissions_from_the_production_of_concrete_by_over_20).

Мартиненко А. Основи кругового дизайну [Електронний ресурс] / А. Мартиненко // Агенція економічного розвитку PPV Knowledge Networks. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.ppv.net.ua/uploads/work\\_attachments/The\\_Circular\\_Design\\_Basics\\_Guide\\_PPV\\_2021\\_UA.pdf](https://www.ppv.net.ua/uploads/work_attachments/The_Circular_Design_Basics_Guide_PPV_2021_UA.pdf).

Каталог природоорієнтованих рішень [Електронний ресурс] / М.Рябика, О. Гусакова, А. Зозуля, А. Бушовська // Українська Кліматична Мережа. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://plato.lviv.ua/wp-content/uploads/2021/12/katalog-por-1>.

[pdf?fbclid=IwAR0YqRa4VbRwqyvKmC6wAii0EqZTg\\_x6y8b-U83L5pxScnpgltdJuWczYRA](https://plato.lviv.ua/wp-content/uploads/2021/12/katalog-por-1.pdf?fbclid=IwAR0YqRa4VbRwqyvKmC6wAii0EqZTg_x6y8b-U83L5pxScnpgltdJuWczYRA).

World Cement Association Urges Climate Action [Електронний ресурс] // UNCC - United Nations Climate Change. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://unfccc.int/news/world-cement-association-urges-climate-action>.

Pires, A., Martinho, G., Rodrigues, G., Gomes, M. I. Sustainable Solid Waste Collection and Management. Springer. - 2019.

Promoting sustainable building materials and the implications on the use of wood in buildings [Електронний ресурс] // UNECE - United Nations Economic Commission for Europe; FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://unece.org/fileadmin/DAM/timber/publications/SP-38.pdf>.





2022

