

## [Прогрес і амбіції Європейських організацій геологічної служби щодо надання узгоджених даних про надра як основи для інформованої політики переходу до енергетики](#)

Julie Hollis<sup>1\*</sup>, Francesco Pizzocolo<sup>2</sup>, Francesco La Vigna<sup>3</sup>, Kris Piessens<sup>4</sup>, and Jørgen Tulstrup<sup>5</sup>

<sup>1</sup> EuroGeoSurveys

<sup>2</sup> Геологічна служба Нідерландів, TNO

<sup>3</sup> Геологічна служба Італії, ISPRA

<sup>4</sup> Геологічна служба Бельгії

<sup>5</sup> Геологічна служба Данії та Гренландії

Контакт: [julie.hollis@eurogeosurveys.org](mailto:julie.hollis@eurogeosurveys.org)

### Анотація

Геологічна служба Європи неухильно рухається до своїх амбіцій щодо об'єднання різноманітних сфер, де геонаука може підтримувати політику енергетичного переходу: вода, енергія, мінерали, міська та морська інфраструктура тощо. Ця амбіція базується на Європейській інфраструктурі геологічних даних (EGDI), яка об'єднує узгоджені пан'європейські дані про надра, що підтримуються експертними мережами. Такі зусилля вирішують проблему того, що нинішні цифрові близнюки Землі значною мірою ігнорують важливі підповерхневі ресурси та процеси. Ми демонструємо, як дані про надра підтримують реалізацію політики Зеленої угоди за допомогою тематичних досліджень на національному, муніципальному та європейському рівнях. Ці випадки також дозволяють заглянути в минуле в майбутнє та підкреслити важливість цілеспрямованих зусиль спільноти для створення EGDI та Геологічної служби для Європи.

**Цитувати:** Hollis, J., Pizzocolo, F., La Vigna, F., Piessens, K., & Tulstrup, J. (2023). Progress and ambitions of the European Geological Survey Organisations in delivering harmonised subsurface data as the basis for informed energy transition policy. *European Geologist*, 56. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10463568>

Цей твір ліцензовано за [міжнародною ліцензією Creative Commons Attribution 4.0](#)

Цю статтю опубліковано в [European Geologist Journal 56](#) – Геонаука в розробці політики: Минулий досвід, поточна практика та майбутні можливості

### 1. Вступ

Науково обґрунтована політика – це мета, до якої прагнуть як науковці, так і політики. Однак досягнення цієї мети вимагає подолання багатьох викликів як з наукової, так і з політичної сфери. Ці виклики включають наявність: високоякісних, актуальних, узгоджених даних; консультаційні послуги експертів; ефективний переклад наукової інформації, інформації про ризики та невизначеності нетехнічною мовою; своєчасне вжиття заходів; придатні для політики формати та інструменти; і міцні мережі та стосунки [наприклад, 1]. Подолання цих проблем у застосуванні геонауки в політиці є рушійною силою стратегічних амбіцій Європейських національних організацій геологічної служби (NGSO) щодо створення сталої Геологічної служби в Європі.

Завдяки співпраці через EuroGeoSurveys НГС вже багато років працювали над створенням передбачуваної Геологічної служби для Європи. Визнання того, що високоякісні гармонізовані дані про надра є важливими для підтримки реалізації політики ЄС. EuroGeoSurveys створив Європейську інфраструктуру геологічних даних (EGDI) у 2016 році як основу для геонаукових даних, інформації та знань у широкому спектрі геонаукових тематичних областей, що стосуються політики: корисні копалини, енергетика, підземні води, небезпеки, міський розвиток, управління прибережною зоною, розвиток морської інфраструктури, потенціал зберігання вуглецю та водню, хімія ґрунту, а також геологічні карти та моделі, фундаментальні для розуміння всі ці області. Розробка EGDI була прискорена через GeoERA, програму спільного фінансування ERA-NET, яка надала велику кількість нових, узгоджених геонаукових даних для розуміння європейських надр і інформування про політику в сферах геоенергетики, підземних вод, сировини та подальшого розвитку інформаційної платформи (EGDI). Це продовжується в поточному проекті Геологічної служби для Європи (GSEU), 5-річному проекті координації та

підтримки, що фінансується HE, з кінцевою метою створення сталої Геологічної служби для Європи, яка продовжуватиме надавати геонаукові послуги для підтримки політики в майбутнє.

Амбіції NGSO та EuroGeoSurveys схожі на політичні зміни в Європі за останнє десятиліття, які дедалі більше вимагають спеціальної геологічної служби. Численні сфери політики ЄС, які потребують даних і знань, наприклад, про ґрунти, підземні води, енергетику, мінерали, безпеки та космос, об'єдналися та досягли кульмінації в Європейській новій зеленій угоді [2–7] із посиленням координації між Генеральними директоратами Європейської Комісії. Історично обмежене визнання, серед політиків та широкої громадськості, ключової ролі, яку знання надр відіграє в ефективній реалізації цих політик, здається, змінюється, принаймні частково через такі проекти, як GeoERA та GSEU, а також постійне представництво експертів EuroGeoSurveys на Консультативні ради та групи експертів ЄС. Кульмінаційним моментом цього процесу є те, що в 2023 році – вперше – геологічні дослідження Європи були визнані поіменно в Акті ЄС про критичну сировину (CRM) [3] щодо їхньої ролі в наданні гармонізованих даних та експертних порад для підвищення знань. потенціалу CRM Європи.

У цьому дописі ми представляємо три короткі тематичні дослідження за участю EuroGeoSurveys та її членів NGSO, які висвітлюють застосування геонауки для розробки політики на муніципальному, національному та європейському рівнях, дивлячись з минулого, через сьогодення та в майбутнє. Усі три покладаються на надання високоякісних, ЧЕСНИХ, узгоджених даних і експертних порад, у тому числі через EGD1 – основний елемент геологічної служби Європи.

## **2. Створене національне сховище геонаукових даних для підтримки політики: голландський ключовий реєстр для надр**

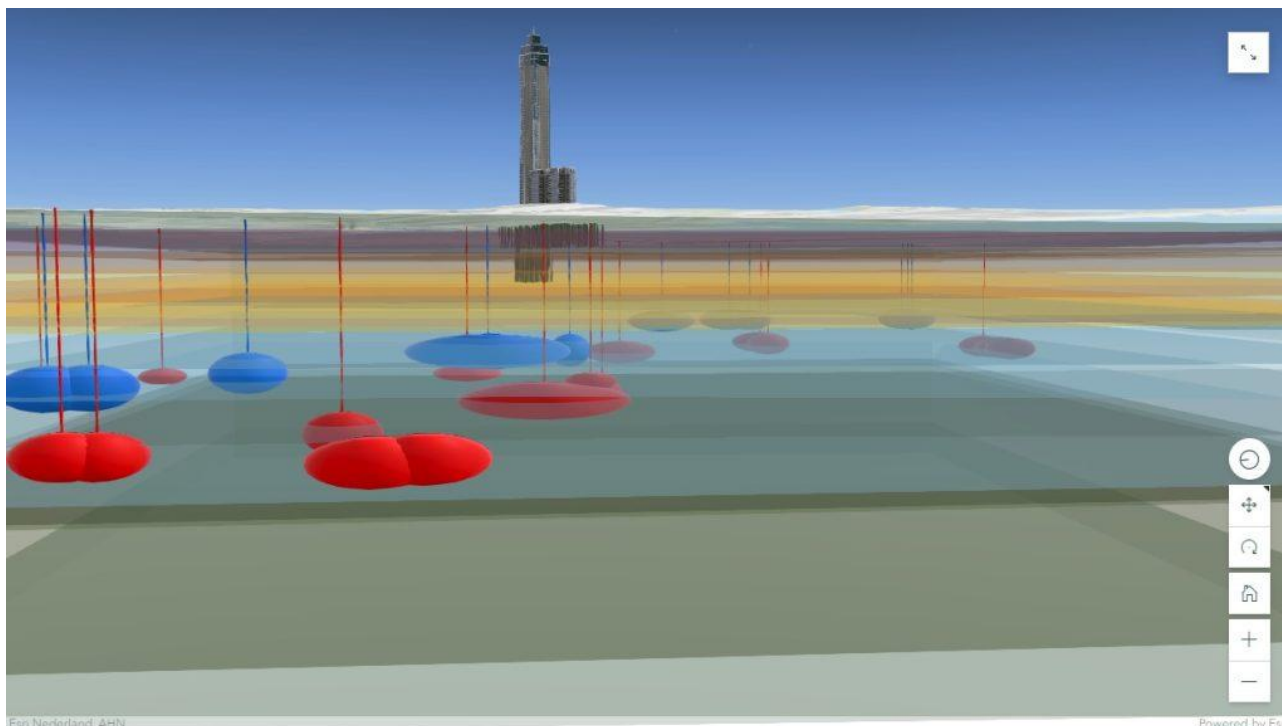
У вересні 2015 року парламент Нідерландів схвалив Основний закон про реєстрацію надр (BRO), законодавчу основу для створення уніфікованого, цифрового та детального сховища даних про ґрунти та надра. Закон мав на меті значно покращити управління надрами Нідерландів шляхом централізації зіставлення даних про надра та перевірки, узгодження та демократизації цих даних, таким чином запобігаючи невдачам під час розкопок, високим витратам, небезпеці для працівників і мешканців, а також затримкам будівництва через недоліки, неадекватні або недоступні дані. Раніше відповідальність за дані про надра була розподілена між різними організаціями. Тепер TNO є центром, відповідальним за реалізацію та оперативне управління BRO.

[База даних BRO](#) поступово розширювалася, починаючи з 2018 року з підземних вод і геотехнічних буріння, щоб пізніше включити зразки ґрунту, геофізичні вимірювання, геологічні описи та вимірювання підземних вод. Протягом 2024 року завершальний етап включатиме розширення, щоб включити дані про навколишнє середовище та забруднення.

На додаток до початкової мети запобігання витратам і нещасним випадкам, додаткова цінність національної централізації та гармонізації даних, яку надає BRO, вже стала очевидною на прикладі Zalmhaventoren у Роттердамі, який є прикладом того, як геонауковий аналіз і візуалізація можуть подолати складні підповерхневі виклики, у цьому випадку вплив річки Маас на динаміку ґрунтових вод.

У 2018 році розпочато будівництво монументального проекту Zalmhaven Tower – трійки з'єднаних між собою житлових хмарочосів у центрі Роттердама, які охоплюють загальну площу 15 541 м<sup>2</sup>. Під час проектування та будівництва вежі розуміння ґрунту та надр стало ключовим для енергетичних систем, фундаментів, уже існуючих підземних елементів та загальної інфраструктури. Проект об'єднав комерційні структури, місцеві муніципалітети та національні державні органи, які об'єдналися у спільному просторовому плануванні, управлінні та нагляді за міським ландшафтом. Проект також інтегрував різноманітні стандарти даних для ГІС (cityGML, I3S, SGY, XML), BIM (IFC, AutoCad) та інших 3D-даних (таких як OBJ) із різних областей, що потребує складного поєднання технологій.

Помітним прагненням Zalmhaventoren було використання підповерхневої енергії для опалення та охолодження комплексу за допомогою зберігання тепла та холоду в нижніх водоносних горизонтах. Це стало можливим за допомогою 3D-візуалізації за допомогою моделі REGIS II BRO. REGIS II — це комплексна 3D-модель, за допомогою якої можна візуалізувати надра Нідерландів на глибині приблизно 500 м і в блоках 100 x 100 м, включаючи гідрогеологічні одиниці, що дозволяє розпізнавати проникні та менш проникні пласти. Ці гідрогеологічні одиниці мають відносно уніфіковані гідравлічні властивості, що дозволяє проводити детальний аналіз, а також узгоджені з літостратиграфічними одиницями, визначеними на цифровій геологічній карті (DGM), або є невід'ємними від них. Модель надає дані про проникність майже для кожного блоку, дозволяючи приймати ефективні рішення щодо управління підземними водами та створюючи основу для подальших гідрогеологічних досліджень. Модель також формує основу для розробки національних і регіональних моделей підземних вод, що забезпечує цілісне розуміння гідрогеологічної динаміки.



Малюнок 1: Спрощена візуалізація сфер впливу накопичення тепла та холоду в надрах під Залмхавентореном, з <https://storymaps.arcgis.com/stories/c872fa2b6d504ded8dcd29a8f819ca58>

### 3. Поточне застосування геонауки в політиці на муніципальному рівні: проект Urban Geo-climate Footprint

За даними Організації Об'єднаних Націй [8], незабаром міста стануть місцями проживання більше половини населення світу. Таким чином, підвищення стійкості міст є важливою темою порядку денного урядів і неурядових організацій. Першим заходом для підвищення стійкості міст є робота над обізнаністю їхніх мешканців та осіб, які приймають рішення, про всі можливі небезпеки та проблеми, наявні в районі міста, а також залучення громадян до цього процесу за допомогою інструментів поширення інформації та заходів [9]. Тут важливу роль відіграє геологія.

Міста постійно взаємодіють зі своїми геологічними умовами, але ці характеристики часто приховані і, отже, «поза очима, поза увагою» для громадян і осіб, які приймають рішення. Проект Urban Geo-Climature Footprint (UGF) [10,11], розроблений у рамках Експертної групи міської геології EuroGeoSurveys, є першим прикладом цілісного попереднього аналізу геологічного та пов'язаного з надрами впливу клімату на міські території через до місцевої геологічної обстановки, глибинних процесів, поверхневих процесів, екзогенних процесів і антропоного тиску на надра. Метою UGF було розробити та поширити інструмент, здатний створити цілісне представлення всіх геологічних і пов'язаних з надрами кліматичних впливів на місто. Дані, взяті з доступних сховищ (наприклад, карта глобальної сейсмічної небезпеки), були проіндексовані та переведені в бали та об'єднані для досягнення загального значення для аналізованого міста.

Основне припущення проекту UGF полягає в тому, що міста зі схожими геолого-географічними умовами мають подібні виклики для управління як через загальні геологічні проблеми, так і через вплив зміни клімату на поверхню та під поверхню. Інструмент UGF створює корисний і зручний для користувача результат, який складається з напівавтоматичної «географічної таблиці міста» (рис. 2), специфічної для розглянутого міста, і визначає так званий «індекс оцінки UGF», який є кількісним визначенням його геологічної характеристики. складність. Це дозволяє проводити пряме порівняння між містами та обмінюватись найкращими практиками, а також підвищувати обізнаність мешканців та осіб, які приймають рішення, про геологічне середовище та зв'язок із кліматичними явищами, які зберігаються в міських районах. Інструмент наразі розроблений і використовується лише на європейському рівні, але найближчим часом він стане доступним у всьому світі, що дозволить індексувати та кластеризувати міста по всьому світу.

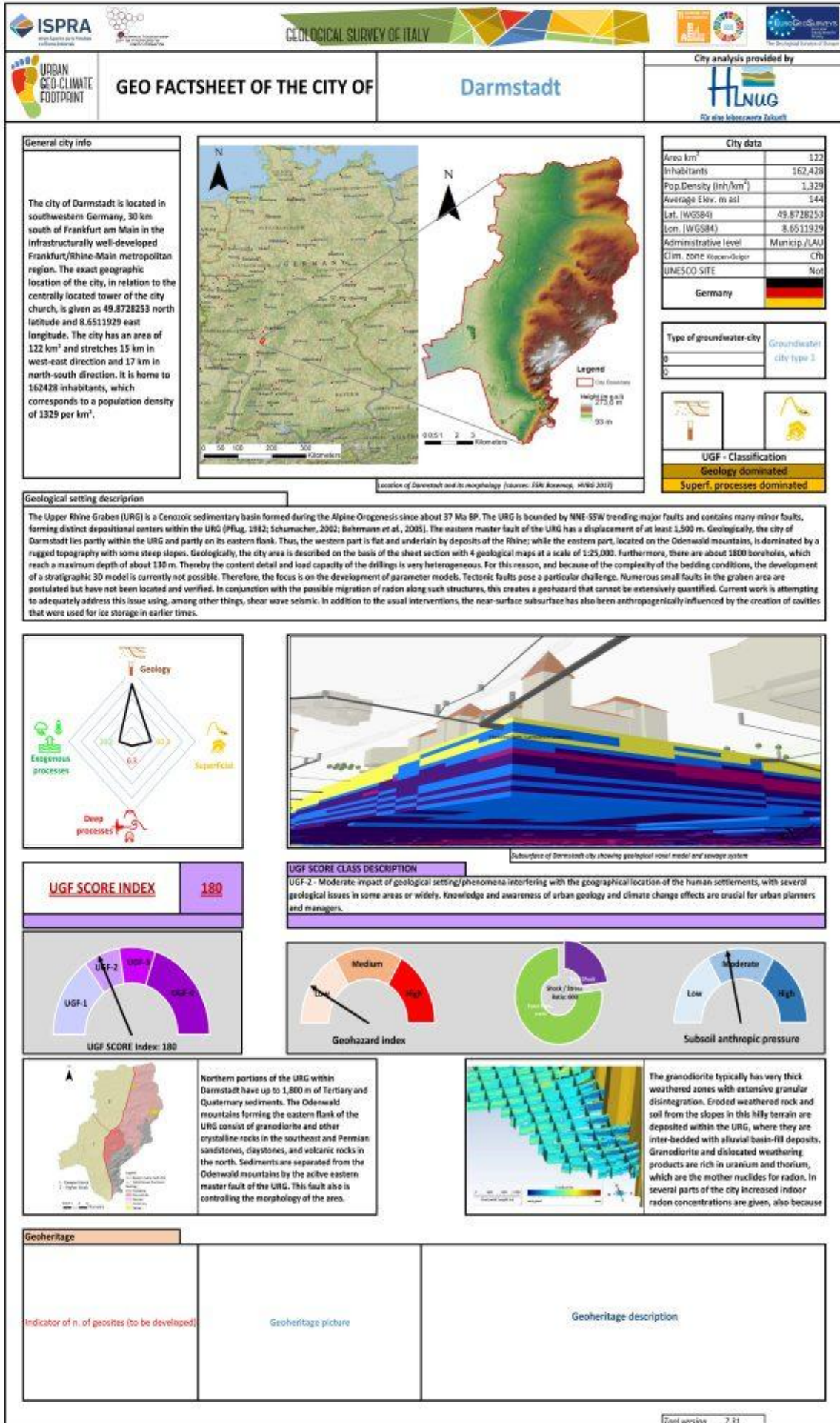


Рисунок 2: Геофактологічна таблиця міста Дармштадт, створена в рамках проекту Urban GeoFootprint.

#### 4. Майбутнє застосування геонауки до політики на рівні ЄС: Закон про критичну сировину

Нещодавні законодавчі дії ЄС щодо підвищення стійкості ланцюга постачання сировини беруть свій початок у Ініціативі щодо сировини 2008 року. Відтоді ЄС лише посилює законодавчі розробки, пов'язані з роллю сировини в зеленому переході, включаючи політику, яка все більше перетинається під прапором Європейського зеленого нового курсу [наприклад, 2, 3, 7, 12–19] та такі ініціативи, як Global Gateway та InvestEU. Ці законодавчі дії є наслідком визнання нинішньої слабкої позиції Європи в ланцюжку поставок, що ще більше виявилось через триваючий вплив на енергетичний сектор ЄС війни проти України [наприклад, 20–22]. Це спонукало до прискорення амбіцій ЄС щодо підвищення енергетичної стійкості через план REPower EU [17], який конкретно визначив ключову роль критичної сировини (наприклад, літій, кобальт та рідкоземельних елементів), необхідної для технологій відновлюваної енергії.

Тепер, вперше, європейські НГС названі в законодавстві ЄС як частина Акту CRM [3], що є ключовим визнанням ролі геонауки у фінансованих ЄС сировинних проектах (наприклад, ProSUM, Minerals4EU, MICA, ORAMA), Латиноамериканське партнерство ЄС із сировини, SCRREEN, GeoERA, Futuram, EIS, GSEU) та інші ініціативи. Згідно зі статтею 35 Закону, «підгрупа, яка об'єднує національні геологічні інститути або дослідження» сприятиме «координації національних програм розвідки...» Ця вимога щодо надання національних даних та експертних знань на рівні ЄС, дотримуючись стандартів РКООН та спираючись на існуючі спільні зусилля неурядових організацій та EuroGeoSurveys через, наприклад, GSEU – особливо за підтримки майбутньої Геологічної служби Європи та EGDІ – посилять Перспективи ЄС щодо підвищення стійкості внутрішнього постачання сировини.

#### 5. Висновки

Складність взаємодій людини і Землі, які впливають на кліматичну кризу – наприклад, вплив людини на якість ґрунту, якість і кількість підземних вод, стабільність прибережної зони, викиди CO<sub>2</sub> та конкуруючі види використання надр для видобутку та зберігання ресурсів – вимагають, щоб політика, що стосується клімату твердо ґрунтується на надійних геонаукових порадах, що базуються на актуальних високоякісних даних про надра та досвіді. Актуальність використання потенціалу чистої енергії надр лише зростає. Три тематичні дослідження, представлені тут, на муніципальному (Міський геокліматичний слід), національному (Голландський BRO) та на рівні ЄС (Закон про критичні сировинні матеріали), демонструють докази значних покращень у сталому використанні та управлінні європейськими надрами через застосування даних і знань про надра для реалізації політики. Ці три випадки також демонструють ключові аспекти, які необхідно включити в майбутні, обов'язково більш амбітні, ініціативи з використання даних і знань про надра для досягнення енергетичного переходу, а саме: законодавча база для управління даними про надра (наприклад, BRO), надання національних геонаук. дані, узгоджені на рівні ЄС (наприклад, Закон про CRM), і побудова співпраці між геонауковою спільнотою та державним управлінням (наприклад, проект UGF). Такі дії можуть ефективно забезпечувати доставку високоякісних, узгоджених даних про надра, інформації та знань у сферу формування політики [наприклад, 17]. Посилання на фундаментальну інфраструктуру даних FAIR 3D, таку як EGDІ, очевидна.

Певною мірою цю потребу вже визнають на рівні ЄС і національних рівнях. Наприклад, через Digital Europe ЄС інвестував у простір даних Green Deal, щоб підтримати Європейську зелену угоду. Простір даних Green Deal буде інфраструктурою, яка підтримує відкритий обмін даними від міждисциплінарних провайдерів та ініціатив, включаючи геонаукові дані. Цифрова Європа також підтримує ініціативу Destination Earth, яка спрямована на створення високоточних цифрових двійників або моделей для моніторингу та моделювання природних явищ, небезпек і пов'язаної з ними людської діяльності. Спочатку зосереджуючись на зміні погоди та клімату, майбутні компоненти цифрових близнюків (розроблені після 2024 року) включатимуть геофізичні дані.

#### 6. Майбутні шляхи

Кінцева мета повної цифрової копії Землі, як передбачається до 2030 року, обов'язково повинна включати геонаукові типи даних, які ще не планувалися. Це вказує на все ще велику прогалину, яку геонаука має подолати, щоб ефективно інформувати політику. Наприклад, поточний Порядок денний ЄС у містах зосереджується на таких темах, як адаптація до клімату, енергетичний перехід, стале використання землі та рішення, засновані на природі, але в політиці немає визнання ключової ролі, яку відіграватиме стале управління міськими надрами в усьому. Ці сфери, наприклад, управління міськими підземними водами, осідання, геотермальна енергія або міські підземні сховища (для інфраструктури, палива, тепла та холоду).

Проте потреба в обґрунтованій геонауці для формування політики широко визнається серед геонаукової спільноти. Успіх голландського реєстру ключів і бачення ЄС цифрової трансформації дозволяють сформулювати бачення майбутньої багатомасштабної 3/4D-інфраструктури реєстру ключів/даних ЄС, подальшого розвитку EGDI. Така 3/4D інфраструктура даних може підтримувати моделювання різних наборів даних, які представляють особливості та процеси, що взаємодіють у земній поверхні (наприклад, ґрунтові води, тепло, розломи, поровий простір тощо). Це обов'язково вимагатиме застосування технологій машинного навчання для роботи з надзвичайно складним 3D- і 4D-моделюванням, необхідним для прогнозного моделювання багатьох наборів і типів даних про надр, і може значно підвищити нашу здатність сталого використання та управління європейськими надрами. Необхідно вирішити гетерогенний розподіл негармонізованих даних по Європі, але місцеві та в деяких випадках регіональні моделі вже доступні та мають доведену цінність. Абсолютною вимогою є – як у випадку з Нідерландами – дозвіл повторного використання даних про надр. Ця безперервна подорож до надання все більш досконалих, узгоджених 3D і 4D даних через портали відкритого доступу, мабуть, найкраще відображає напрямок руху для спільної європейської геонауки для суспільства.

**Конфлікт інтересів:** автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

### Список літератури

1. European Commission, 2022. Commission Staff Working Document. Supporting and connecting policy making in the Member States with scientific research. SWD (2022) 346 final.
2. European Commission, 2023. Proposal for a Regulation of The European Parliament and of on establishing a framework of measures for strengthening Europe's net-zero technology products manufacturing ecosystem (Net Zero Industry Act). COM(2023) 62 final, 2023/0081 (COD).
3. European Commission, 2023. Proposal for a Regulation of The European Parliament and of on establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials and amending Regulations (EU) 168/2013, (EU) 2018/858, 2018/1724 and (EU) 2019/1020. COM (2023) 160 final, 2023/0079 (COD).
4. European Union, 2000. Directive 2000/60/EC of The European Parliament and of The Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities.
5. European Union, 2006. Directive 2006/118/EC of The European Parliament and of The Council of 12 December 2006 on the protection of groundwater against pollution and deterioration. Official Journal of the European Union.
6. European Union, 2009. Directive 2009/31/EC of The European Parliament and of The Council of 23 April 2009 on the geological storage of carbon dioxide and amending Council Directive 85/337/EEC, European Parliament and Council Directives 2000/60/EC, 2001/80/EC, 2004/35/EC, 2006/12/EC, 2008/1/EC and Regulation (EC) No 1013/2006. Official Journal of the European Union.
7. European Union, 2021. Regulation (EU) 2021/1119 of The European Parliament and of The Council of 18 June 2020 on establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law'). Official Journal of the European Union.
8. United Nations – Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Population Prospects 2022: Summary of Results. UN DESA/POP/2022/TR/NO.
9. Wachinger, G., Renn, O., Begg, C., Kuhlicke, C. The risk perception paradox—implications for governance and communication of natural hazards. Risk analysis, 2013, 33(6), 1049–1065.
10. Lentini, A., Benjumea-Moreno, B., Bricker, S. H., Chiessi, V., Devleeschouwer, X., Galve, J. P., Giordano, G., Guarino, P.M., Kearsley, T., Leoni, G., Pizzino, L., Puzilli, L.M., La Vigna, F. Clustering urban areas by a geological point of view: The Urban Geo Footprint tool, 2022. In EGU General Assembly Conference Abstracts, EGU22–12453.
11. Lentini, A., Galve, J. P., Benjumea-Moreno, B., Bricker, S.H., Chiessi, V., Devleeschouwer, X., Fraccica, A., Guarino, P.M., Kearsley, T., Leoni, G., Puzilli, L.M., Romeo, S., Venvik, G., La Vigna, F. Classifying cities by geo-climate features and climatic point of view: The Urban Geo-climate Footprint tool. Science of the Total Environment, under review.
12. European Union, 2020. Regulation (EU) 2020/852 of The European Parliament and of The Council of 18 June 2020 on the establishment of a framework to facilitate sustainable investment, and amending Regulation (EU) 2019/2088. Official Journal of the European Union.
13. European Union, 2022. Regulation (EU) 2022/2464 of The European Parliament and of The Council of 14 December 2022 amending Regulation (EU) No 537/2014, Directive 2004/109/EC, Directive 2006/43/EC and Directive 2013/34/EU, as regards corporate sustainability reporting. Official Journal of the European Union.
14. European Union, 2023. Regulation (EU) 2023/956 of The European Parliament and of The Council of 10 May 2023 establishing a carbon border adjustment mechanism. Official Journal of the European Union.

15. European Commission, 2020. Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A new circular economy action plan for a cleaner and more competitive Europe. COM (2020) 98 final.
  16. European Commission, 2020. Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A new Industrial Strategy for Europe. COM(2020) 102 final.
  17. European Commission, 2022a. Communication from the Commission to The European Parliament, The European Council, The Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. REPower EU Plan. COM(2022) 230 final.
  18. European Commission, 2022. Communication from the Commission to The European Parliament, The European Council, The Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A Chips Act for Europe. COM(2022) 45 final.
  19. European Commission, 2023. Communication from the Commission to The European Parliament, The European Council, The Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A Green Deal Industrial Plan for the Net-Zero Age. COM (2022) 62 final.
  20. Lau, S., Aarup, S.A. EU leaders signal alarm over Chinese magnesium crunch. Politico, 2021, <https://www.politico.eu/article/eu-leaders-alarm-china-magnesium-crunch/> (Accessed on 31<sup>st</sup> July 2023)
  21. Harper, G.D. How China's gallium and germanium bans will play out. Asia Times, 2023, <https://asiatimes.com/2023/07/how-chinas-gallium-and-germanium-bans-will-play-out/> (Accessed on 31<sup>st</sup> July 2023)
  22. Savacenko, K.. The energy crisis: a change in the zeitgeist. S&P Global Commodity Insights, 2023. <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/blogs/energy-transition/072723-europe-energy-crisis-gas-gazprom-power-lng-price> (Accessed on 31st July 2023).
- 

*Цю статтю опубліковано в [European Geologist Journal 56](#) – Геонаука в розробці політики: Минулий досвід, поточна практика та майбутні можливості*

Джерело: [European Geologist Journal 56](#)