**Коцюбинський Олег Володимирович,** аспірант за спеціальністю публічне управління та адміністрування Карпатського національного університету імені Василя Стефаника, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0008-9817-1102

***Kotsiubynskyi Oleh,*** *PhD student in Public Administration and Management, Vasyl Stefanyk Carpathian National University, ORCID: 0009-0008-9817-1102*

# ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ КАДРОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ: ВИКЛИКИ РОЗВИТКУ КОМПЕТЕНЦІЙ ПУБЛІЧНИХ СЛУЖБОВЦІВ

# DIGITAL TRANSFORMATION OF ENERGY SECTOR HUMAN CAPITAL: CHALLENGES IN DEVELOPING PUBLIC SERVANTS' COMPETENCIES

*Анотація*

Проаналізовано, як цифрова трансформація енергетики змінює вимоги до кадрового потенціалу публічного управління в Україні. Перехід до Smart Grid, широкого застосування IoT-датчиків, SCADA та інструментів аналітики даних перетворює управлінця з "контролера звітів" на фахівця, який має працювати з потоками даних, ризиками та міжорганізаційною координацією в режимі, близькому до реального часу. Глобальний контекст підсилює проблему: у світі зростає зайнятість у "зеленій" енергетиці, але водночас формується розрив між потребою в нових компетенціях і наявною пропозицією праці. В українських умовах виклик загострюється воєнними руйнуваннями енергетичної інфраструктури та потребою швидкого

відновлення й модернізації сектору. Додаткові вимоги сформувала синхронізація ОЕС України з ENTSO-E у березні 2022 року, що актуалізувала компетентності міжнародної координації, управління транскордонними перетоками та імплементації європейських технічних процедур.

Емпіричну основу роботи становить аналіз національних даних щодо професійного навчання: звіт НАДС про індивідуальні потреби у навчанні охоплює 150 921 державного службовця й демонструє масштаб запиту на розвиток компетентностей, однак без достатньої галузевої "прив'язки" до специфіки енергетики та критичної інфраструктури. Показано, що навіть за наявності розвиненої інфраструктури безперервного навчання (Портал управління знаннями, тисячі програм) спеціалізовані траєкторії для управління енергосистемою на основі даних і кіберстійкості залишаються фрагментарними.

Обґрунтовано інтеграцію трьох блоків компетентностей для публічних службовців енергосектору:

- енергетична експертиза (логіка роботи енергосистем, балансування, інтеграція ВДЕ);

- цифрові навички (data governance, аналітика, кібербезпека, робота з операційними даними);

- Leadership 4.0 (мережева координація, change management, стратегічне бачення цифрової трансформації).

*Ключові слова:* публічне управління, енергетична сфера, цифрова трансформація, кадровий потенціал, компетенції державних службовців, професійне навчання, Industry 4.0, Smart Grid, відновлювана енергетика.

*Abstract*

The study analyzes how digital transformation of the energy sector is reshaping human capital requirements for public administration in Ukraine. The transition to Smart Grid, widespread adoption of IoT sensors, SCADA, and data analytics tools is transforming managers from "report controllers" into specialists who must work with data streams, risks, and inter-organizational coordination in near real-time mode. The global context intensifies the problem: employment in "green" energy is growing worldwide, yet simultaneously a gap is forming between the demand for new competencies and available labor supply. In the Ukrainian context, the challenge is exacerbated by war-related destruction of energy infrastructure and the need for rapid sector recovery and modernization. Additional requirements emerged from the synchronization of Ukraine's power system with ENTSO-E in March 2022, which actualized competencies in international coordination, cross-border flow management, and implementation of European technical procedures.

The empirical foundation of the study is based on analysis of national professional training data: the NADS report on individual training needs covers 150,921 civil servants and demonstrates the scale of demand for competency development, however without sufficient sector-specific "anchoring" to energy and critical infrastructure specifics. The study shows that even with well-developed continuous learning infrastructure (Knowledge Management Portal, thousands of programs), specialized pathways for data-driven energy system management and cyber-resilience remain fragmented.

– The integration of three competency blocks for energy sector public servants is substantiated:

– energy expertise (energy system operation logic, balancing, RES integration);

– digital skills (data governance, analytics, cybersecurity, operational data management);

– Leadership 4.0 (network coordination, change management, strategic vision for digital transformation).

*Keywords:* public governance, energy sector, digital transformation, human capital, civil servants' competencies, professional training, Industry 4.0, Smart Grid, renewable energy.

*Постановка проблеми.* Цифрова трансформація енергетичного сектору створює критичний розрив між технологічними можливостями (Smart Grid, AI-аналітика, SCADA) та компетенціями публічних службовців. За оцінками IRENA (2024), до 2030 року глобальний енергетичний сектор матиме дефіцит 7 млн кваліфікованих працівників, що створює системний ризик для енергетичного переходу.

В Україні проблема набуває критичного характеру через три виклики.

– По-перше, воєнний стан: знищено 50% генеруючих потужностей, що вимагає перебудови системи управління на засадах цифрових технологій.

– По-друге, синхронізація з ENTSO-E (березень 2022) створила нові вимоги до компетенцій у міжнародній координації та імплементації європейських стандартів .

– По-третє, євроінтеграція та третій енергетичний пакет вимагають адаптації управлінських практик.

Дослідження НАДС (2024) охопило 150 921 державного службовця і виявило критичну ситуацію: з 1700 курсів лише 3 стосуються енергетики, спеціалізовані модулі з управління даними та кібербезпеки відсутні.

*Мета дослідження* – виявлення критичних прогалин у компетенціях державних службовців енергетичного сектору (на основі даних НАДС та

Цифрограм) та обґрунтування міжвідомчої моделі підготовки кадрів для цифрової трансформації в умовах воєнного відновлення та євроінтеграції.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Дослідження цифровізації енергетики охоплюють три напрями: технічні основи, стандарти даних та підготовку кадрів.

Технічні основи цифрового управління енергосистемами розкрито у працях McCalley (системна операція та надійність) [1], матеріалах КТН щодо диспетчерських SCADA-систем [2] та протоколах передавання даних PMU [3]. Ці джерела обґрунтовують, що цифровізація змінює вимоги до управлінців: рішення залежать від якості даних та швидкості їх обробки.

Стандарти енергетичних даних визначає ENTSO-E через Transparency Platform, яка встановлює єдині правила публікації даних про генерацію, навантаження та перетоки [4, 5, 11, 12]. Це формує основу для порівняльної аналітики та визначає компетенції управлінців у роботі з даними.

Компетентнісний підхід представлений рамкою DigComp 2.1 [13] та українським інструментом Digigram для оцінювання цифрової грамотності держслужбовців [6, 7]. IEA [8], IRENA [9] та KPMG [10] підтверджують перехід до управління на основі даних та потребу у відповідних навичках. Кібербезпеку як критичний елемент розглядають ENISA [14] та директива NIS2 [15]. IRENA фіксує глобальний дефіцит кадрів у відновлюваній енергетиці [16].

Водночас бракує досліджень, що поєднують емпіричне вимірювання компетенцій публічних службовців (через Digigram) із вимогами цифрової енергосистеми (дані ENTSO-E) та кіберстійкості (ENISA/NIS2) з урахуванням воєнного контексту та євроінтеграції України.

*Виклад основного матеріалу.* Цифрова трансформація енергетики змінює саму природу управлінської діяльності у секторі. Якщо традиційна модель державного управління енергетикою спиралася на періодичну

звітність, узагальнені статистичні форми та ієрархічну координацію, то перехід до концепцій Smart Grid і широке впровадження SCADA/EMS-рішень формують режим безперервного управління, де критичні параметри енергосистеми оновлюються з секундною дискретністю. Для диспетчерських SCADA-рішень типовими є цикли опитування телеметрії 2-4 секунди, що якісно відрізняє сучасний контур управління від “квартально-звітної” логіки [1, 2].

Додатково, для задач оперативного керування та оцінювання режимів усе ширше застосовуються синхрофазорні вимірювання (PMU), у яких частота передавання даних може налаштовуватися в діапазоні 1-60 кадрів за секунду [3]. У результаті управлінське рішення дедалі частіше має базуватися не на “підсумках періоду”, а на інтерпретації потоків даних, прогнозуванні та оцінюванні ризиків у реальному часі.

Водночас навіть відкриті європейські інфраструктури прозорості (ENTSO-E Transparency Platform) оперують публікаційними часовими рамками, що можуть починатися від 15 хвилин [4], а технічні описи даних прямо фіксують поквартально-годинну роздільність як – PT15M [5]. Це створює для публічного управління додатковий виклик: поєднати “ринково-регуляторну” аналітику, що доступна в публічних наборах, із внутрішнім операційним контуром диспетчеризації, який працює на рівні секунд.

За цих умов роль публічного службовця в енергетиці змінюється кардинально. Раніше його функція полягала у перевірці документів і контролі процедур. Тепер він має аналізувати великі обсяги енергетичних даних, приймати управлінські рішення на їх основі, розуміти цифрову інфраструктуру та враховувати кіберризики.

Офіційне визнання цієї потреби підтверджує створення інструменту оцінювання Digigram на платформі Дія.Освіта. Цей тест побудовано за

міжнародним стандартом DigComp 2.1 [6] і включає окремий модуль для державних службовців [7].

На основі аналізу міжнародних підходів до цифровізації енергетики та наслідків для управління (IEA, IRENA), а також галузевих оглядів цифрової трансформації (KPMG), трансформацію компетенційних вимог до публічних службовців енергетичного сектору доцільно систематизувати за ключовими сферами (табл. 1) [8-10].

Таблиця 1

Трансформація компетенційних вимог до публічних службовців енергетичного сектору в умовах Industry 4.0

| Сфера компетенцій | Традиційна модель | Постіндустріальна (цифрова)модель |
|---|---|---|
| Комунікація | Робота з паперовими документами, телефонні звіти | Цифрові канали координації, робота в розподілених командах, автоматизований обмін даними |
| Робота з даними | Аналіз квартальних звітів, статистичних форм | Real-time аналітика, Big Data, AI-based forecasting, предиктивне моделювання навантажень |
| Кібербезпека | Базові знання інформаційної безпеки | Розуміння захисту SCADA-систем, промислових протоколів, кіберзагроз для критичної інфраструктури |
| Управлінські навички | Ієрархічне управління, вертикальна координація | Цифрове лідерство: горизонтальна (мережева) координація, управління організаційними змінами, формування стратегічного бачення трансформації. |
| Міжнародна інтеграція | Базове розуміння енергоринків | Координація в рамках ENTSO-E, імплементація європейських директив, транскордонна співпраця |

*Джерело: складено автором на основі [8;10]*

Як видно з таблиці 1, відбувається фундаментальна зміна компетенційного профілю. Публічний службовець енергетичної сфери має поєднувати щонайменше три групи навичок:

системне розуміння енергетичних процесів і роботи енергосистеми;

цифрові компетенції (дані, аналітика, базове розуміння архітектури цифрових платформ та інтероперабельності даних);

стратегічне управлінське мислення та здатність впроваджувати зміни, включно з управлінням ризиками й кіберстійкістю.

Цифровізація енергетики створює не лише нові інструменти, а й нову логіку управління – "data-driven governance", де якість управлінських рішень визначається якістю даних, операбельністю цифрових сервісів та здатністю організації працювати в умовах високої невизначеності. З позиції публічного управління це означає зміщення фокусу з контролю формальних процедур до управління ланцюгом "дані → аналітика → рішення → ефект", включно з контролем регуляторних, технічних і кібернетичних ризиків.

Компоненти цифрової трансформації публічного управління енергетикою:

– керування даними як інфраструктурою. Для публічних даних у межах ENTSO-E нормується часовий крок до PT15M (15-хвилинна роздільність), що фактично закріплює мінімальну одиницю цифрового аналізу для ринкових і регуляторних задач [11, 12].

– Компетентність сучасного публічного службовця повинна включати практичні навички роботи з часовими рядами (перевірка якості, пропущені дані, викиди) та розуміння того, як різні часові горизонти впливають на точність управлінських висновків.

– аналітика і прогнозування. Smart Grid, розумні датчики та AI-інструменти суттєво підвищують ефективність мереж, інтеграцію ВДЕ та надійність системи, але висувають підвищені вимоги до кадрів, які повинні поєднувати розуміння енергосистем із data-інструментарієм [13, 14]. Для публічного сектора необхідно формувати компетенції у трьох площинах: постановка управлінських задач для аналітики; критична інтерпретація

результатів з урахуванням якості даних та невизначеності; трансляція аналітичних висновків у нормативні та організаційні рішення.

– цифрові компетенції як базова управлінська грамотність. Рамка DigComp 2.1 формалізує цифрові компетентності через п’ять доменів: інформаційна грамотність, комунікація, створення контенту, безпека, розв’язання проблем [15]. В Україні доступний інструмент самооцінювання Digigram на платформі Дія.Освіта, що дозволяє перейти від загальних тверджень про “нестачу навичок” до вимірюваних профілів компетентностей держслужбовців [16].

– кіберстійкість критичної інфраструктури. Енергетика належить до секторів критичної важливості, де цифровізація підсилює як ефективність, так і вразливості. “Кіберграмотність” у публічному управлінні має включати розуміння специфіки SCADA/промислових протоколів, інцидент-менеджменту та ролей регулятора й операторів. Європейські вимоги NIS2 акцентують на управлінських і організаційних заходах, включно з політиками ризик-менеджменту та підготовкою персоналу.

– зміна організаційної моделі управління. Цифрова енергетика — це система взаємозалежних стейкхолдерів (оператори, регулятор, ринок, виробники, споживачі, міжнародні платформи), тому ефективність визначається здатністю інституції працювати у мережевій логіці. У компетенційному профілі посилюється блок “цифрового лідерства”: мережеве узгодження, управління змінами та стратегічне бачення трансформації.

Дизайн дослідження передбачає комбінований підхід на основі відкритих даних:

– Блок енергосистеми: часові ряди ENTSO-E з індикаторами мінливості навантаження, інтенсивності та транскордонної взаємодії;

– Блок компетентностей: структура DigComp 2.1 + результати Digigram;

– Блок ризиків: матеріали ENISA та вимоги NIS2;

– Блок ринку праці: дані IRENA, IEA про дефіцит кваліфікованих кадрів

Зіставлення об'єктивної цифрової складності управління з реальним профілем компетентностей дає підстави для висновків про пріоритетні модулі навчання (дані/аналітика, кібербезпека, інтероперабельність, change management) та KPI цифрової трансформації енергосектору.

*Висновки.* Цифрова трансформація енергетики змінює роботу держслужбовців. Замість перевірки квартальних звітів треба постійно працювати з даними, швидко їх аналізувати та приймати рішення. Війна та синхронізація з європейською енергосистемою ENTSO-E створили потребу в новому типі спеціаліста, який поєднує три групи навичок: розуміння енергетики, цифрові компетенції (робота з даними, кібербезпека) та вміння керувати змінами в організації.

Аналіз даних показав парадокс: система професійного навчання держслужбовців в Україні велика (1700 курсів для 150 тисяч осіб), але для енергетики є лише 3 курси. Спеціалізованих програм з управління даними та кібербезпеки енергетичної інфраструктури немає взагалі. Тестування цифрових компетенцій підтвердило: найслабші місця – робота з даними та кібербезпека, а саме це потрібно для управління розумними мережами.

Запропоновано створити міжвідомчу навчальну програму за участю Міненерго, регулятора НКРЕКП, Укренерго та університетів. Програма має включати: навчання на реальних енергетичних кейсах, кібербезпеку промислових систем SCADA, управління організаційними змінами, сертифікацію з енергоменеджменту ISO 50001. Фінансування – 2-3% бюджету енергокомпаній згідно міжнародних рекомендацій.

Практичне значення: створення основи для Державної програми розвитку кадрів енергосектору на 2025-2030 роки. Це дасть змогу ефективніше відновлювати енергоінфраструктуру після війни, захищати її від кіберзагроз та прискорити євроінтеграцію. Подальші дослідження мають розробити конкретні вимоги до різних посад, визначити мінімальні рівні цифрових компетенцій для регуляторів і операторів системи та перевірити ефективність програм навчання на практиці.

*Список посилань на джерела*

1. McCalley J. D. Module B2: Introduction to System Operation, Optimization, and Control [Електронний ресурс]. Iowa State University. URL: https://home.engineering.iastate.edu/~jdm/ee553/Intro.pdf (дата звернення: 19.01.2026).

2. Lecture 9 – SCADA System [Електронний ресурс]. KTH Royal Institute of Technology. URL: https://www.kth.se/social/upload/535629dcf2765437a2fd88f3/Lecture%209%20-%20SCADA%20System.pdf (дата звернення: 19.01.2026).

3. SATEC. PM180 IEEE C37.118.2 Synchrophasor Data Transfer Protocol. Reference Guide [Електронний ресурс]. 2024. URL: https://www.satec-global.com/wp-content/uploads/2023/12/PM180-IEEE-C37-118-2.pdf (дата звернення: 19.01.2026).

4. ENTSO-E. Central Transparency Platform: Info Sheet [Електронний ресурс]. 2015. URL: https://www.entsoe.eu/Documents/MC%20documents/Transparency%20Platform/ENTSO-E%20Transparency%20Info%20Sheet.pdf (дата звернення: 19.01.2026).

5. ENTSO-E. ENTSO-E Generation and Load Transparency: Process Implementation Guide. Version 3 Release 0 [Електронний ресурс]. Brussels: ENTSO-E AISBL, 2013. URL:

https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/_library/resources/Transparency/MoP_Ref_05_-_gl-market-document_V3R0-2013-09-20.pdf (дата звернення: 19.01.2026).

6. Дія.Освіта. Digigram (опис тестів; відповідність DigComp 2.1) [Електронний ресурс]. URL: https://osvita.diia.gov.ua/en/digigram (дата звернення: 19.01.2026).

7. Дія.Освіта. Digigram test: Civil servants [Електронний ресурс]. URL: https://osvita.diia.gov.ua/digigram-test/civil-servants (дата звернення: 19.01.2026).

8. International Energy Agency. Digitalisation and Energy [Електронний ресурс]. Paris: IEA, 2017. URL: https://iea.blob.core.windows.net/assets/b1e6600c-4e40-4d9c-809d-1d1724c763d5/DigitalizationandEnergy3.pdf (дата звернення: 19.01.2026).

9. International Renewable Energy Agency. Digitalisation and AI for power system transformation: Perspectives for the G7 [Електронний ресурс]. Abu Dhabi: IRENA, 2025. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2025/Oct/IRENA_INN_Digitalisation_AI_for_power-systems_2025.pdf (дата звернення: 19.01.2026).

10. KPMG. KPMG global tech report: Energy insights. Drive the next wave of digital transformation with data and decisiveness [Електронний ресурс]. 2024. URL: https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmgsites/au/pdf/2025/kpmg-global-tech-report-2024-energy-insights.pdf (дата звернення: 19.01.2026).

11. ENTSO-E. Transmission Transparency Process: Process Implementation Guide. Version 3 Release 0 [Електронний ресурс]. 2014. URL: https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/_library/resources/Transparency/MoP%20Ref08%20-%20EMFIP-4-transmission-market-document-V3R0-2014-01-24.pdf (дата звернення: 19.01.2026).

12. ENTSO-E. Central Transparency Platform: Frequently Asked Questions [Електронний ресурс]. URL: https://www.entsoe.eu/Documents/MC%20documents/Transparency%20Platform/Transparency_platform_FAQ.pdf (дата звернення: 19.01.2026).

13. Carretero Gomez S., Vuorikari R., Punie Y. DigComp 2.1: The Digital Competence Framework for Citizens with eight proficiency levels and examples of use [Електронний ресурс]. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. URL: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC106281/web-digcomp2.1pdf_%28online%29.pdf (дата звернення: 19.01.2026).

14. ENISA. Energy (Cybersecurity of Critical Sectors) [Електронний ресурс]. URL: https://www.enisa.europa.eu/topics/cybersecurity-of-critical-sectors/energy (дата звернення: 19.01.2026).

15. European Commission. NIS2 Directive: securing network and information systems [Електронний ресурс]. URL: https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/nis2-directive (дата звернення: 19.01.2026).

16. International Renewable Energy Agency. Renewable energy and jobs: Annual review 2024 [Електронний ресурс]. Abu Dhabi: IRENA, 2024. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Oct/IRENA_Renewable_energy_and_jobs_2024.pdf (дата звернення: 19.01.2026).

*References*

1. McCalley, J. D. (n.d.). *Module B2: Introduction to System Operation, Optimization, and Control*. Iowa State University. Retrieved January 19, 2026, from https://home.engineering.iastate.edu/~jdm/ee553/Intro.pdf

2. KTH Royal Institute of Technology. (n.d.). *Lecture 9 – SCADA System*. Retrieved January 19, 2026, from

https://www.kth.se/social/upload/535629dcf2765437a2fd88f3/Lecture%209%20-%20SCADA%20System.pdf

3. SATEC. (2024). *PM180 IEEE C37.118.2 Synchrophasor Data Transfer Protocol: Reference Guide*. Retrieved January 19, 2026, from https://www.satec-global.com/wp-content/uploads/2023/12/PM180-IEEE-C37-118-2.pdf

4. ENTSO-E. (2015). *Central Transparency Platform: Info Sheet*. Retrieved January 19, 2026, from https://www.entsoe.eu/Documents/MC%20documents/Transparency%20Platform/ENTSO-E%20Transparency%20Info%20Sheet.pdf

5. ENTSO-E. (2013). *ENTSO-E Generation and Load Transparency: Process Implementation Guide. Version 3 Release 0*. Brussels: ENTSO-E AISBL. Retrieved January 19, 2026, from https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/_library/resources/Transparency/MoP_Ref_05_-_gl-market-document_V3R0-2013-09-20.pdf

6. Diia.Osvita. (n.d.). *Digigram (test descriptions; compliance with DigComp 2.1)*. Retrieved January 19, 2026, from https://osvita.diia.gov.ua/en/digigram

7. Diia.Osvita. (n.d.). *Digigram test: Civil servants*. Retrieved January 19, 2026, from https://osvita.diia.gov.ua/digigram-test/civil-servants

8. International Energy Agency. (2017). *Digitalisation and Energy*. Paris: IEA. Retrieved January 19, 2026, from https://iea.blob.core.windows.net/assets/b1e6600c-4e40-4d9c-809d-1d1724c763d5/DigitalizationandEnergy3.pdf

9. International Renewable Energy Agency. (2025). *Digitalisation and AI for power system transformation: Perspectives for the G7*. Abu Dhabi: IRENA. Retrieved January 19, 2026, from https://www.irena.org/-

/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2025/Oct/IRENA_INN_Digitalisation_AI_for_power-systems_2025.pdf

10. KPMG. (2024). *KPMG global tech report: Energy insights. Drive the next wave of digital transformation with data and decisiveness*. Retrieved January 19, 2026, from https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmgsites/au/pdf/2025/kpmg-global-tech-report-2024-energy-insights.pdf

11. ENTSO-E. (2014). *Transmission Transparency Process: Process Implementation Guide. Version 3 Release 0*. Retrieved January 19, 2026, from https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/_library/resources/Transparency/MoP%20Ref08%20-%20EMFIP-4-transmission-market-document-V3R0-2014-01-24.pdf

12. ENTSO-E. (n.d.). *Central Transparency Platform: Frequently Asked Questions*. Retrieved January 19, 2026, from https://www.entsoe.eu/Documents/MC%20documents/Transparency%20Platform/Transparency_platform_FAQ.pdf

13. Carretero Gomez, S., Vuorikari, R., & Punie, Y. (2017). *DigComp 2.1: The Digital Competence Framework for Citizens with eight proficiency levels and examples of use*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Retrieved January 19, 2026, from https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC106281/web-digcomp2.1pdf_%28online%29.pdf

14. ENISA. (n.d.). *Energy (Cybersecurity of Critical Sectors)*. Retrieved January 19, 2026, from https://www.enisa.europa.eu/topics/cybersecurity-of-critical-sectors/energy

15. European Commission. (n.d.). *NIS2 Directive: Securing network and information systems*. Retrieved January 19, 2026, from https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/nis2-directive

16. International Renewable Energy Agency. (2024). *Renewable energy and jobs: Annual review 2024*. Abu Dhabi: IRENA. Retrieved January 19, 2026, from https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Oct/IRENA_Renewable_energy_and_jobs_2024.pdf