

RAPORTARE ȘTIINȚIFICĂ

Contract nr. 115/2025 Etapă nr. 1/2025

Titlu proiect: Campusurile educaționale ca promotori pentru districtele cu energie pozitivă

Rezumat executiv al activităților realizate

Etapă anuală 2025 a proiectului „Campusurile educaționale ca promotori pentru districtele cu energie pozitivă”, nr. 115/2025, acronim eduPED a fost dedicată în principal stabilirii bazelor analitice și metodologice necesare pentru tranziția către Districte cu Energie Pozitivă (PED) în jurul campusurilor educaționale. Activitățile s-au concentrat pe trei piloni esențiali: înțelegerea morfologiei urbane, cartografierea constelației de actori (stakeholderi) și elaborarea unei baze de date climatice de referință.

- Prin WP2 (Morfologii PED), a fost elaborat Livrabilul **D2.1. Parametri de morfologie PED**. Acesta definește un set structurat de parametri morfologici care leagă configurația spațială de performanța energetică, potențialul resurselor de energie regenerabilă și adaptarea la schimbările climatice, oferind un instrument fundamental pentru ghidarea intervențiilor de reabilitare.
- În cadrul WP3 (Implicarea stakeholderilor), a fost finalizat Livrabilul **D3.1. Cartografierea constelației și strategiile de implicare a stakeholderilor pentru living labs PED**. Acesta a identificat și cartografiat actorii cheie, elementele tehnice și condițiile de reglementare, oferind un cadru sistematic pentru implicarea stakeholderilor.
- Activitatea din WP5 (Simulări de impact) a dus la realizarea Livrabilului **D5.1. Bază de date climatică practică pentru scenariile de tranziție PED**. Aceasta include fișiere meteorologice de referință (TMY și HWY) pentru condițiile actuale (2020s) și viitoare (2050s) pentru cele cinci locații, esențiale pentru simulările de performanță energetică.

Adițional, s-au demarat activități preliminare esențiale în WP4 și WP6 (cu livrabile la M18):

- WP4: S-a finalizat o revizuire literară detaliată și s-a început definirea unui catalog de măsuri active și pasive pentru reabilitarea clădirilor în vederea eficienței energetice și adaptării climatice.
- WP6: S-a realizat o analiză preliminară cuprinzătoare a cadrului PED din perspectivele tehnică, de reglementare și financiară, ca bază pentru identificarea potențialului local de producere a energiei din surse regenerabile și flexibilitate energetică.

În ansamblu, etapa 2025 a îndeplinit obiectivele propuse (D2.1, D3.1, D5.1, D7.1), stabilind fundamentele analitice și seturile de date necesare, și a demarat activitățile pentru etapa următoare (D4.1, D6.1).

Descrierea științifică, rezultatele etapă anuală și gradul de realizare a obiectivelor

Etapă anuală 2025 a proiectului eduPED a fost una definitorie, având ca scop stabilirea bazelor analitice, contextuale și de date necesare pentru dezvoltarea ulterioară a strategiilor de intervenție și simulare. Progresele realizate în cadrul pachetelor de lucru (WP) se aliniază viziunii de a transforma campusurile educaționale în centre de cunoaștere și implementare pentru PED.

În această etapă, au fost finalizate livrabilele cheie care definesc ce trebuie analizat (WP2), cine trebuie implicat (WP3) și în ce condiții climatice vor fi aplicate soluțiile (WP5).

Simultan, s-a înregistrat un progres semnificativ în definirea soluțiilor tehnice (WP4 și WP6), pregătind terenul pentru simulările detaliate din etapele următoare.

În cele ce urmează se vor prezenta rezultatele științifice obținute pe fiecare pachet de lucru.

WP2 - Morfologii PED pentru regenerare și reabilitare urbană

✓ Grad de realizare a obiectivului etapă: 100% (Livrabil D2.1 finalizat la M12).

Obiectivul principal al acestui pachet de lucru este identificarea relațiilor intrinseci dintre forma urbană, consumul de energie, potențialul de Surse de Energie Regenerabilă (RES) și capacitatea de adaptare la schimbările climatice, elemente esențiale pentru configurarea tranzițiilor PED. Obiectivul specific al etapei M12 a fost atins prin elaborarea livrabilului **D2.1. Parametri de morfologie PED**, care stabilește un set structurat de parametri ce pot fi utilizați pentru a analiza blocurile de clădiri și formele urbane. Cadrul metodologic adoptat este unul multiscalar, abordând morfologia la nivelul clădirii, al blocului urban și al întregului district.

Acest livrabil definește și standardizează un set de parametri esențiali, incluzând metrici de geometrie spațială (precum raportul suprafață de fațadă/volum și orientarea), indicatori direcți de performanță energetică (influența umbririi și potențialul solar) și criterii de adaptare climatică (de exemplu, coeficientul de suprafață impermeabilă și integrarea spațiilor verzi). Prin aplicarea acestui cadru, a fost realizată o descriere detaliată a condițiilor morfologice curente pentru toate cele cinci Living Labs din Haga (Țările de Jos), Graz (Austria), Torino (Italia), Terrassa (Spania) și Cluj-Napoca (România), furnizând astfel baza analitică fundamentală pentru pașii următori, inclusiv evaluarea climatică (WP5) și selecția intervențiilor de reabilitare (WP4).

În cele ce urmează sunt prezentați succint o serie de parametri pentru Living Lab din Cluj-Napoca.

Construit în anii 1960 și situat în apropierea centrului orașului, campusul Universității Tehnice din Cluj-Napoca (UTCN) și al Primăriei Municipiului Cluj-Napoca (CNM), cu o suprafață de 28 300 m², este în prezent supus unei transformări progresive către sustenabilitate. Ghidat de Planul strategic pentru dezvoltare durabilă 2022-2030, campusul își propune să reducă consumul de energie, să diminueze amprenta de carbon și să modernizeze infrastructura tehnică.

Living Lab cuprinde mai multe situri site-uri și instituții interconectate:

- Facultatea de Inginerie a Instalațiilor (UTCN) – fig. 1 și 2, situată pe Bulevardul 21 Decembrie 1989 nr. 128–130, constituie nucleul Living Lab. Mai degrabă decât un campus închis, acesta constă dintr-un grup de clădiri educaționale integrate în țesutul urban. Facilitățile facultății includ săli de curs, studiouri de proiectare și laboratoare specializate dedicate sistemelor HVAC, instalațiilor sanitare și sistemelor energetice, alături de birouri și spații de cercetare.

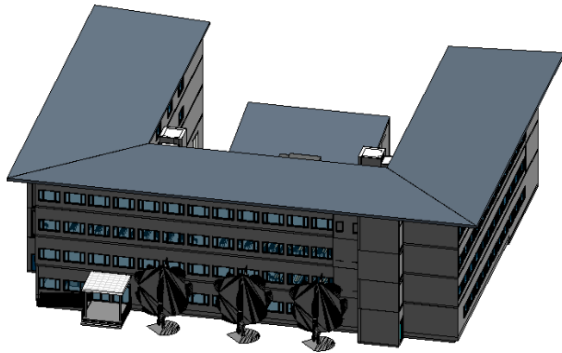


Figura 1 - Model 3D al clădirii UT1, Cluj-Napoca Living Lab.

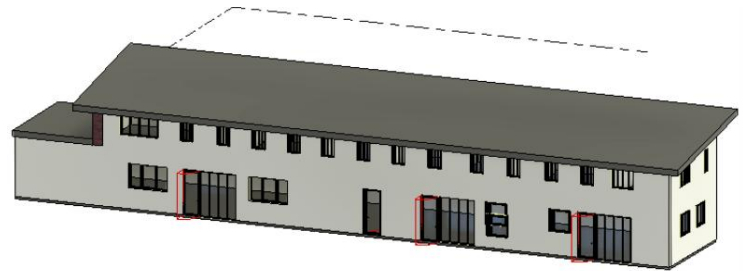


Figura 2 - Model 3D al clădirii UT2, Cluj-Napoca Living Lab.

- Colegiul Tehnic „Anghel Saligny” (CNM) – fig. 3-5, situat la aceeași adresă în cartierul Mărăști din Cluj-Napoca, reprezintă un ansamblu educațional compact integrat într-un context urban dens. Limita sitului cuprinde clădirea principală a școlii, ateliere, bibliotecă și facilități sportive, care susțin în mod colectiv programele de învățământ profesional și tehnic.

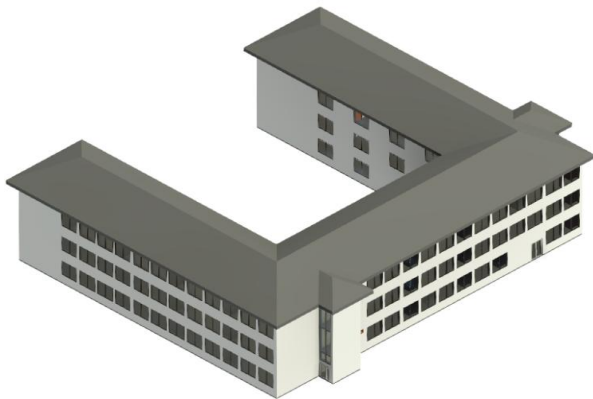


Figura 3 - Model 3D al clădirii A1, Cluj-Napoca Living Lab.



Figura 4 - Model 3D al clădirii A2, Cluj-Napoca Living Lab.

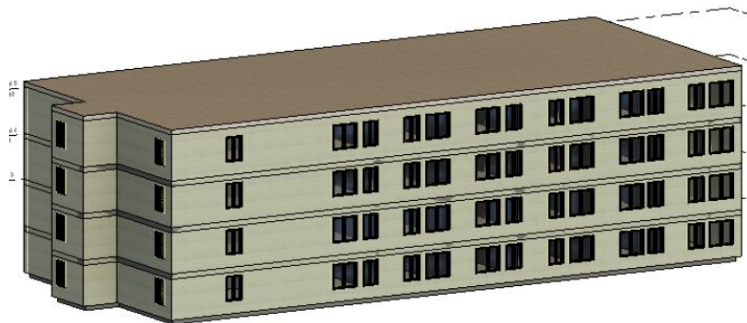


Figura 5 - Model 3D al clădirii A3, Cluj-Napoca Living Lab.

- Sediul UTCN din strada Dorobanților nr. 71-73 (fig. 6-9) constituie un cluster mai mic, dar strategic relevant, găzduind facilități ale departamentelor de Electronică, Telecomunicații și Automatizări. Acest complex include laboratoare, săli de curs, hub-ul Atelierul Digital și unități de cercetare. Din punct de vedere funcțional, acesta operează ca un spațiu mixt academic, de cercetare și de outreach, încorporat într-un mediu predominant rezidențial.

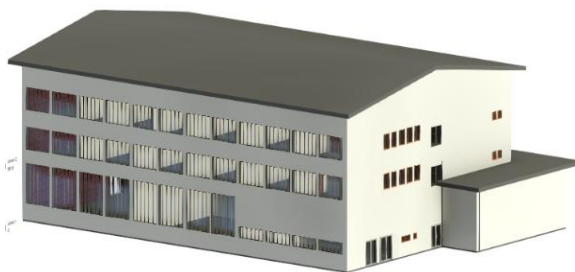


Figura 6 - Model 3D al clădirii UT3, Cluj-Napoca Living Lab.



Figura 7 - Model 3D al clădirii UT4, Cluj-Napoca Living Lab.

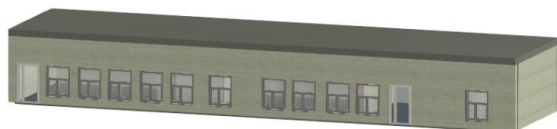


Figura 8 - Model 3D al clădirii UT5, Cluj-Napoca Living Lab.

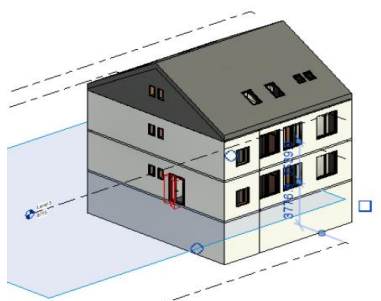


Figura 9 - Model 3D al clădirii UT6, Cluj-Napoca Living Lab.

Living Lab Cluj-Napoca (fig. 10) ocupă un cluster urban compact și eterogen situat în cartierul Mărăști din Cluj-Napoca, între bulevardul 21 Decembrie 1989 și strada Calea Dorobanților. Perimetrul definit include nouă clădiri (UT1–UT6 și A1–A3), care cuprind atât facilități universitare, cât și facilități de învățământ tehnic. Limita totală a campusului măsoară aproximativ 1.319 metri, delimitând o serie de parcele cu perimetre variate, care reflectă diversitatea scărilor și tipologiilor clădirilor din cadrul sitului. Cele mai mari clădiri, precum UT1 (360,34 m) și A1 (246,14 m), corespund principalelor blocuri educaționale și de cercetare, în timp ce unitățile mai mici (de exemplu, UT6, 52,98 m) includ anexe de servicii sau laboratoare. Această configurație creează un ansamblu urban fragmentat, dar coeziv, în care funcțiile educaționale, de cercetare și profesionale coexistă într-o graniță clar definită, integrată în țesutul urban dens al cartierului Mărăști.



Figura 10 - Planul Living Lab Cluj-Napoca, cu indicarea amplasării clădirilor.

Districtul din jurul Living Lab Cluj-Napoca (fig. 11) este situat în cartierul Mărăști și este delimitat de strada Petőfi Sándor la vest, Bulevardul 21 Decembrie 1989 la nord, strada Alea Bibliotecii la est și strada Calea Dorobanților la sud. Aceste străzi delimitează un sector urban patrunter care integrează o combinație de funcții educaționale, rezidențiale, comerciale și de servicii. Zona reflectă morfologia urbană tipică a cartierului Mărăști, combinând blocuri de locuințe și clădiri instituționale din mijlocul secolului al XX-lea cu intervenții mai recente, rezultând într-un țesut urban divers și compact, strâns legat de zona centrală a orașului.

Din punct de vedere rezidențial, cartierul este compus în principal din blocuri de apartamente cu densitate medie și mare. Aceste clădiri rezidențiale, cu o înălțime cuprinsă între patru și zece etaje, reflectă tipologiile și materialele de construcție tipice urbanismului românesc socialist. În ultimii ani, majoritatea au fost supuse unor lucrări de reabilitare energetică, inclusiv izolarea fațadelor și înlocuirea ferestrelor, îmbunătățind atât confortul termic, cât și aspectul urban. Componenta rezidențială, care acoperă aproximativ 19.734 m², este susținută de o rețea de spații comerciale la parter care furnizează bunuri și servicii esențiale, consolidând funcția cartierului ca mediu locuit și activ din punct de vedere social.

Sectoarele comercial și de birouri, cu o suprafață de 14.885 m² și, respectiv, 1.740 m², sunt concentrate de-a lungul Bulevardului 21 Decembrie 1989, unde o fațadă urbană liniară găzduiește

magazine de vânzare cu amănuntul, birouri administrative și activități de servicii. Acest coridor joacă un rol semnificativ în modelarea vitalității economice și a identității urbane a cartierului. Grupuri mai mici de clădiri industriale (6.878 m²) persistă în partea de sud a districtului, reflectând rolul istoric al zonei ca zonă de producție ușoară și servicii, deși multe dintre aceste structuri sunt în prezent adaptate pentru utilizări mixte sau în scopuri educaționale.

Funcția educațională este o caracteristică definitorie a cartierului, cu o suprafață totală de 8.894 m² dedicată instituțiilor universitare și preuniversitare. Acestea includ facultățile UTCN și Colegiul Tehnic „Anghel Saligny”, care împreună creează un peisaj educațional continuu, de la învățământul preșcolar până la învățământul superior. Acestea sunt completate de Facultățile de Psihologie și Facultatea de Sociologie și Asistență Socială ale Universității Babeș-Bolyai, care adaugă diversitate și densitate academică cartierului. În cele din urmă, prezența facilităților sociale (1.978 m²), precum serviciile comunitare și centrele de îngrijire a copiilor, consolidează rolul cartierului ca zonă urbană multifuncțională, integrată social, care combină educația, locuințele și viața de zi cu zi într-un cadru compact și accesibil



Figura 11 – Districtul din cartierul Măraști, cu clădiri diferențiate funcțional prin culori.

Deși parametrii morfologici descriu relațiile spațiale și caracteristicile fizice, aceștia nu exprimă în mod inerent dimensiunile instituționale și de guvernare care sunt adesea decisive pentru fezabilitatea practică a implementării PED.

Morfologia trebuie înțeleasă ca sprijinind tranzițiile PED prin clarificarea logicii spațiale și a constrângerilor legate de formă care modelează comportamentul energetic, dar trebuie completată cu analize care abordează sistemele energetice, rețelele de mobilitate, factorii socio-economici și guvernanta instituțională. Prin integrarea acestor dimensiuni, cunoștințele morfologice pot fi transformate în strategii eficiente, sensibile la context și scalabile pentru realizarea PED în campusurile universitare.

WP3 - Implicarea părților interesate, evaluarea juridico-economică și sinteza celor mai bune practici

✓ **Grad de realizare a obiectivului etapă: 100% (Livrabil D3.1 finalizat la M12).**

Pachetul de lucru WP3 vizează accelerarea tranzițiilor PED prin implicarea eficientă a stakeholderilor, iar obiectivul etapei M12 a fost îndeplinit prin finalizarea **D3.1. Cartografierea constelației și strategiile de implicare a stakeholderilor pentru Living Labs PED**. Abordarea științifică centrală a fost Analiza Constelației (CA), o tehnică versatilă prin care un grup de participanți multi- sau transdisciplinari explorează un sistem socio-tehnic sau o problemă specifică din cadrul acestui sistem. CA a fost utilizată pentru a identifica și cartografia relațiile complexe de co-producție între cele patru domenii cheie: actorii (umani și organizaționali), elementele tehnice (infrastructură, sisteme energetice), condițiile de mediu și condițiile de cadrul de reglementare/guvernanta. Lucrând la întrebarea „Ce constelație de actori, reglementări/principii, tehnologii/infrastructuri și condiții climatice locale sunt relevante pentru tranziția campusului către un PED?”, experții participanți au realizat trei lucruri. În primul rând, au dezvoltat o înțelegere comună a sistemului socio-tehnic existent în fiecare Living Lab. În al doilea rând, au creat împreună o reprezentare vizuală a sistemului socio-tehnic care poate fi utilizată în continuare în cadrul proiectului eduPED pentru a identifica potențialii actori interesați și pentru a explora modelele și particularitățile din cadrul Living Lab eduPED. În al treilea rând, au acumulat experiență lucrând împreună ca grup pentru atingerea unui obiectiv comun, și anume transformarea Living Lab într-un PED: acest lucru înseamnă, la rândul său, că proiectul eduPED s-ar putea baza pe sprijinul lor în cadrul activităților de implicare viitoare.

Această analiză a fost realizată prin 5 ateliere (câte unul pentru fiecare Living Lab), rezultând diagrame detaliate de cartografiere a domeniului de putere, ilustrând forțele motrice, relațiile de putere și constrângerile specifice fiecărui campus.

În Cluj-Napoca, workshop-ul CA a avut loc la sediul Facultății de Inginerie a Instalațiilor. Tania Rus (coordonatoarea UTCN) a moderat sesiunea, prezentând agenda participanților. Printre participanți s-au numărat membrii proiectului eduPED, alături de invitați recunoscuți pentru expertiza lor în domeniul energiei și sustenabilității. Harta rezultată în urma atelierului CA la fața locului poate fi vizualizată în figura 12.

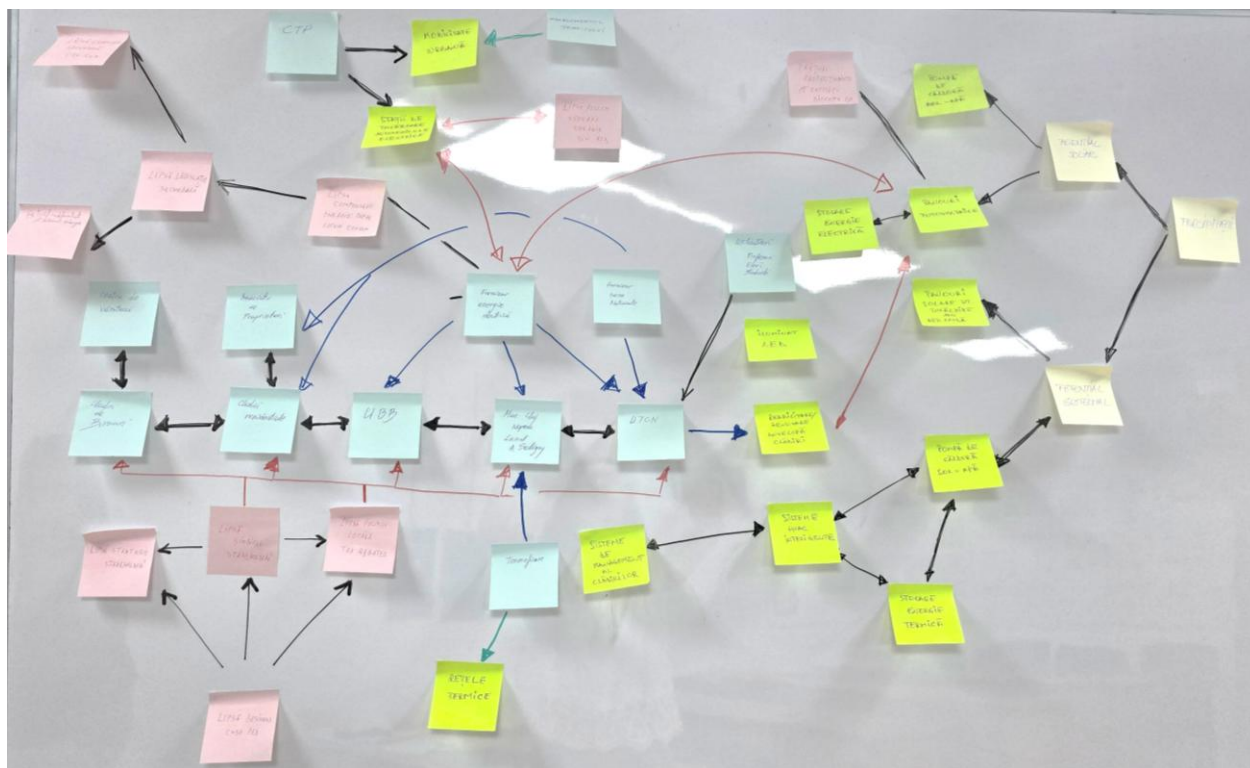


Figura 12 – Imaginea creării hărții CA

Diagrama de analiză a constelației (fig. 13) ilustrează relațiile complexe și barierele din cadrul Living Lab Cluj-Napoca, clasificate în funcție de culoarea formei: actori (galben), tehnologie și infrastructură (albastru), condiții geografice și climatice locale (verde) și reglementare și inițiativă (portocaliu). Culoarea liniilor definesc tipul conexiunii: negru (legat de), verde (este proprietarul), albastru (este în posesia) și roșu (este în conflict cu).

Actorii (galben) constituie fundamentul instituțional al Living Lab. Acest grup include entități cheie precum Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca (UTCN), Primăria Municipiului Cluj-Napoca (CNM), proprietarul Colegiului Tehnic Anghel Saligny. Alte părți interesate din mediul academic și civic din district sunt Universitatea Babeș-Bolyai (UBB), asociațiile de proprietari ai clădirilor rezidențiale, centrul pentru seniori și clădirile de birouri. Concentrația densă de linii albastre care le leagă de furnizorul de energie electrică, furnizorul de gaze naturale și proprietarul sistemului de încălzire centralizată indică faptul că acestea beneficiază de aceste servicii esențiale de utilități. Acest lucru subliniază dependența lor de infrastructura energetică existentă și rolul crucial pe care îl joacă în calitate de consumatori în cadrul acesteia.

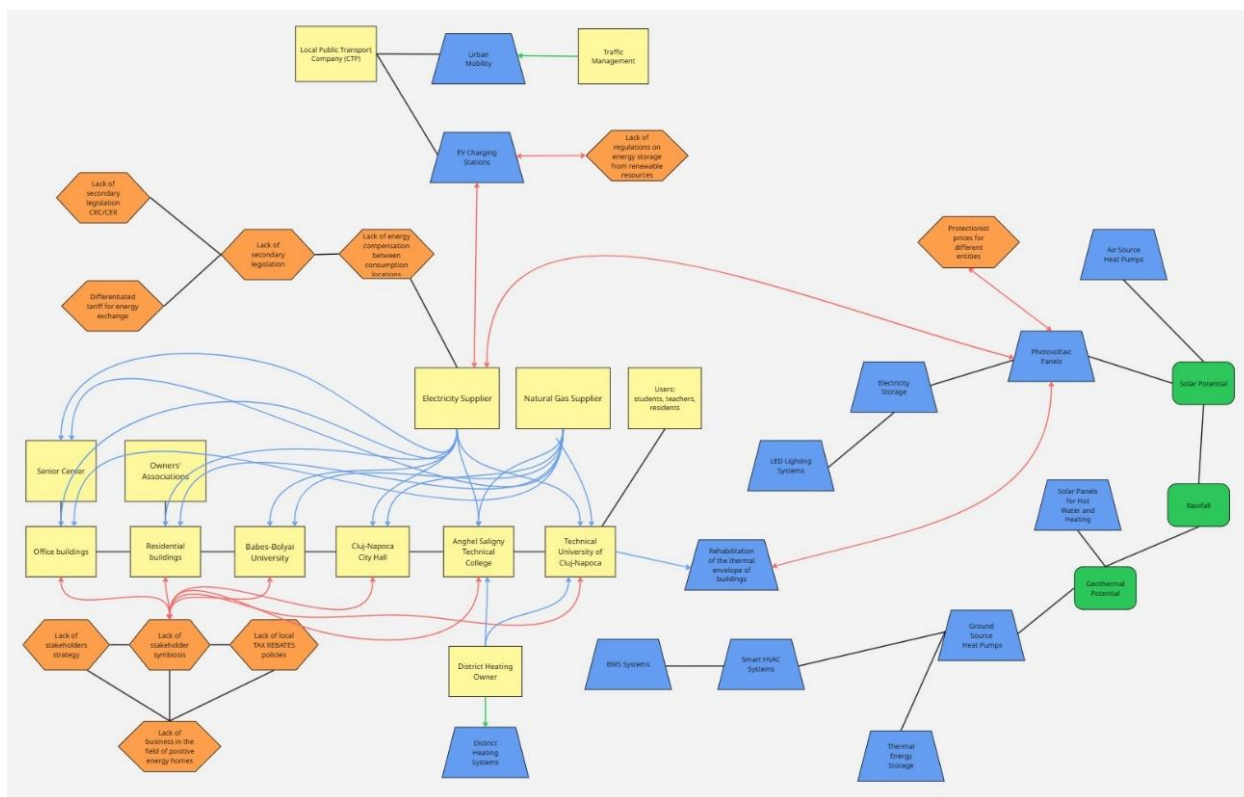


Fig. 13 – Analiza constelației Living Lab Cluj-Napoca

Condițiile geografice și climatice locale (verde) stabilesc resursele regenerabile disponibile. Clima din Cluj-Napoca necesită soluții care să răspundă nevoilor semnificative de încălzire în timpul iernii și cererii crescânde de răcire în timpul verii. Analiza identifică un potențial solar bun, care susține direct sistemele de generare, cum ar fi panourile fotovoltaice și pompele de căldură. În mod similar, potențialul geotermal, influențat de factori precum precipitațiile, este legat de pompele de căldură geotermale. Aceste elemente constituie baza de resurse fundamentală pe care componentele tehnologice și de infrastructură sunt proiectate să o exploateze.

Elementele de tehnologie și infrastructură (albastru) se concentrează pe modernizarea utilizării și furnizării energiei. Acestea includ sisteme inteligente de gestionare, precum sistemele BMS și sistemele inteligente HVAC, care sunt direct legate de optimizarea consumului de căldură. În plus, componentele cheie pentru eficiență și integrarea energiilor regenerabile includ panouri fotovoltaice, stocarea energiei electrice și măsuri de economisire a energiei. Viziunea PED se bazează în mod specific pe renovări extinse ale clădirilor, sisteme HVAC eficiente din punct de vedere energetic și generarea de energie regenerabilă la fața locului (PV, geotermală).

Cea mai importantă constatare din diagramă este fricțiunea semnificativă cauzată de casele „Reglementare” și „Guvernanța” (portocaliu), care reprezintă bariere sistemice. Aceste entități sunt frecvent în conflict (linii roșii) cu actorii și furnizorii principali. De exemplu, atât furnizorul de energie electrică, cât și furnizorul de gaze naturale sunt în conflict cu lipsa

compensării energetice pentru consumul de resurse regenerabile. Această lacună legislativă reprezintă un factor descurajator major pentru autoproducția distribuită și eficiența resurselor. De asemenea, o cerință politică crucială este stabilirea cadrelor juridice pentru comunitățile energetice și schimbul de date. Cadrul legislativ românesc mai larg prezintă obstacole suplimentare, evidențiate de conflictele cu lipsa politicilor locale de impozitare/rabaturi, lipsa legislației subsidiare și lipsa afacerilor în sectorul energiei rezidențiale. Aceste conflicte subliniază nevoia substanțială de un cadru juridic și financiar favorabil pentru a permite investiții durabile. Dincolo de problemele legislative, problemele sistemice, cum ar fi lipsa unei strategii a părților interesate și accesul diferențiat la date/schimbul de date, acționează ca conflicte strategice care inhibă acțiunea unificată și luarea deciziilor bazate pe date în întregul ecosistem.

În concluzie, deși Living Lab Cluj-Napoca dispune de o rețea solidă de actori implicați și de un potențial tehnologic și geografic semnificativ, eficacitatea sa este grav afectată de o serie de conflicte de natură reglementară, legislativă și strategică. Colaborarea între toate părțile interesate este esențială pentru a asigura alinierea și implementarea cu succes, iar eliminarea acestor bariere este esențială pentru realizarea cu succes a obiectivelor laboratorului în materie de energie și mobilitate durabile.

WP4 – Eficiență energetică prin renovare și adaptare la schimbările climatice

✓ **Grad de realizare a obiectivului etapă: în curs de realizare (D4.1 aprox 60%).**

WP4 urmărește identificarea holistică a intervențiilor de reabilitare active și pasive, având ca livrabil major **D4.1. Un set de măsuri active și pasive pentru eficiența energetică și adaptarea la schimbările climatice în PED-uri**, cu termen de finalizare M18. Progresul științific înregistrat în etapa M1-M12 a stabilit fundamentul necesar pentru acest catalog. S-a realizat o revizuire literară sistematică aprofundată a măsurilor de reabilitare. Această revizuire a clasificat soluțiile nu doar în funcție de caracterul lor (pasiv vs. activ), ci și de capacitatea lor de a îmbunătăți eficiența energetică și adaptarea climatică (răspunsul la efectul de insulă termică urbană și valurile de căldură).

Măsurile au fost evaluate pe baza unor indicatori de performanță cheie (KPI), care acoperă impactul asupra consumului de energie, emisiilor de CO₂, costurilor financiare (CAPEX/OPEX) și duratei de viață. Din această analiză a rezultat un catalog preliminar (Draft D4.1) de soluții potențiale, incluzând măsuri pasive (precum acoperișurile verzi și materialele cu schimbare de fază - PCM), măsuri active (sisteme HVAC de înaltă eficiență, pompe de căldură) și măsuri de adaptare (ex. fațade verzi, nature-based solutions).

WP5 - Simulări de impact pentru scenarii climatice, performanță energetică și confortul utilizatorilor

✓ Grad de realizare a obiectivului etapă: 100% (Livrabil D5.1 finalizat la M12).

Obiectivul WP5 este de a evalua performanța energetică și reziliența PED-urilor sub schimbări climatice, iar livrabilul **D5.1. Bază de date climatică practică pentru scenariile de tranziție PED** a fost finalizat la M12 pentru a servi ca sursă de date meteorologice consistentă. Metodologia de generare a acestor fișiere a utilizat proiecțiile climatice din modelele regionale (EURO-CORDEX) și a aplicat metode de corecție a bias-ului pentru a asigura precizia necesară simulărilor de performanță a clădirilor.

Baza de date cuprinde fișiere în format standardizat (EPW) pentru cele cinci locații, acoperind două perioade cheie de timp: 2020s (condiții curente) și 2050s (condiții viitoare pe termen mediu). Pentru fiecare perioadă au fost generate două tipuri de fișiere meteorologice esențiale: Ani Meteorologici Tipici (TMY), și Ani cu Valuri de Căldură (HWY).

TMY sunt fișiere meteorologice anuale pe ore, elaborate pentru a evalua cererea de energie pentru încălzirea și răcirea clădirilor. TMY-urile reprezintă condițiile climatice medii ale unui amplasament, pe baza analizei statistice a datelor istorice de observare provenite de la stațiile meteorologice locale (ultimii 20 de ani). Fișierele meteorologice TMY sunt utilizate pentru a efectua simulări energetice ale clădirilor, în vederea calculării cererii de energie și a condițiilor termice interioare ale clădirilor, ținând seama de condițiile climatice tipice. TMY-urile nu sunt reprezentative pentru condiții climatice extreme, cum ar fi valurile de căldură. Generarea HWY este critică, deoarece permite testarea directă a rezilienței clădirilor la fenomenele climatice extreme și cuantificarea cererii suplimentare de răcire sub climatul viitor.

Seturile de date generate în proiectul eduPED includ fișiere climatice pentru orașele în care se află cele cinci Living Lab: Cluj-Napoca, Graz, Terrassa, Torino și Haga. Pentru fiecare oraș, au fost produse seturi de date meteorologice privind condițiile meteorologice tipice și extreme, reprezentând atât situația actuală (anii 2020), cât și condițiile pe termen mediu (anii 2050). Tabelul 1 prezintă valorile medii și schimbările prognozate în raport cu condițiile actuale pentru principalele variabile climatice pe perioade de 20 de ani pentru Cluj-Napoca.

Tabelul 1. Valori medii și schimbări prognozate pentru condițiile actuale din anii 2020 (2006-2025) și condițiile viitoare pe termen mediu din anii 2050 (2041-2060).

	Temperatura aerului (°C)		Umiditatea relativă (%)		Radiație solară globală (W/m ²)		Viteza vântului (m/s)	
	2020s	2050s	2020s	2050s	2020s	2050s	2020s	2050s
Cluj-Napoca								
Media	10.73	11.66	74.76	75.33	156.32	150.28	2.27	2.26
Modificare		0.93		0.57		-6.04		-0.01

Pentru a analiza aceste variații în detaliu, figura 13 și 14 ilustrează evoluția anuală a temperaturii medii a aerului și a radiației solare medii, precum și diferențele absolute între cele două scenarii analizate (condițiile actuale și condițiile pe termen mediu).

Figura 14 arată că variațiile de temperatură nu sunt constante pe tot parcursul anului. În Cluj-Napoca, temperatura aerului crește în zece din cele douăsprezece luni, cele mai pronunțate schimbări având loc în trei trimestre ale anului. În al doilea trimestru (aprilie-iunie), temperaturile cresc de la 14,73 °C la 16,96 °C, aprilie înregistrând cea mai mare creștere (+5,35 °C). În al treilea trimestru (iulie-septembrie), temperatura medie crește de la 20,14 °C la 21,10 °C, atingând valoarea maximă în luna iulie (+1,96 °C). În al patrulea trimestru (noiembrie-decembrie), temperatura medie crește de la 5,71 °C la 7,10 °C, luna noiembrie înregistrând cea mai mare creștere (+1,68 °C). Cu toate acestea, primul trimestru (ianuarie-martie) prezintă o scădere, temperatura medie coborând de la 2,15 °C la 1,26 °C, iar luna martie înregistrând cea mai mare reducere (-1,79 °C).

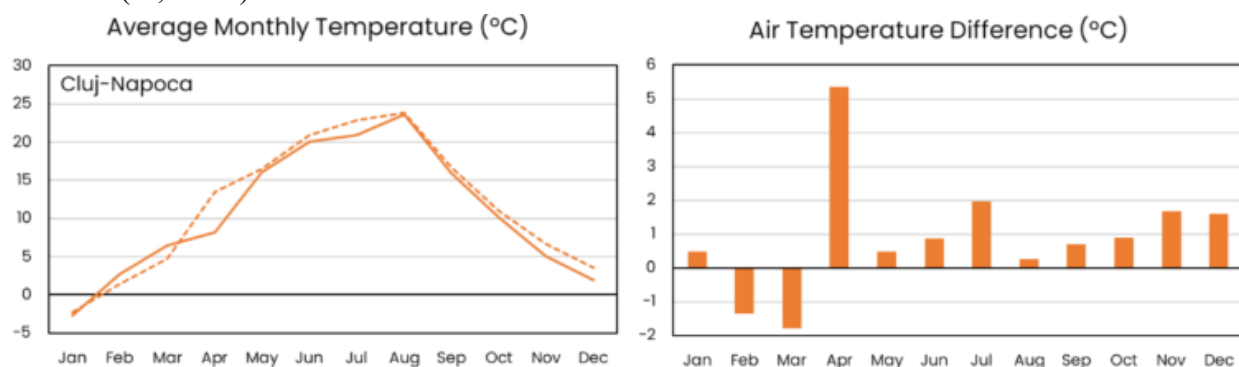


Figura 14. Valorile medii lunare ale temperaturii aerului (°C) și schimbările absolute (°C) în condițiile actuale (anii 2020) și în condițiile pe termen mediu viitoare (anii 2050) TMY.

Figura 15 ilustrează distribuția anuală a radiației solare medii și variațiile lunare absolute observate între cele două scenarii. În ciuda acestor variații, există o ușoară tendință generală de scădere a radiației solare medii, ceea ce ar putea influența performanța energetică a clădirilor prin scăderea ușoară a sarcinilor de răcire și creșterea cererii de încălzire în condițiile climatice viitoare.

În Cluj-Napoca, radiația solară medie scade în nouă din cele douăsprezece luni. Creșteri se observă doar în octombrie (+4,27 W/m²), noiembrie (+1,85 W/m²) și ianuarie (+0,15 W/m²). În restul lunilor, radiația scade, variind de la -0,74 W/m² în iunie la -16,66 W/m² în mai.

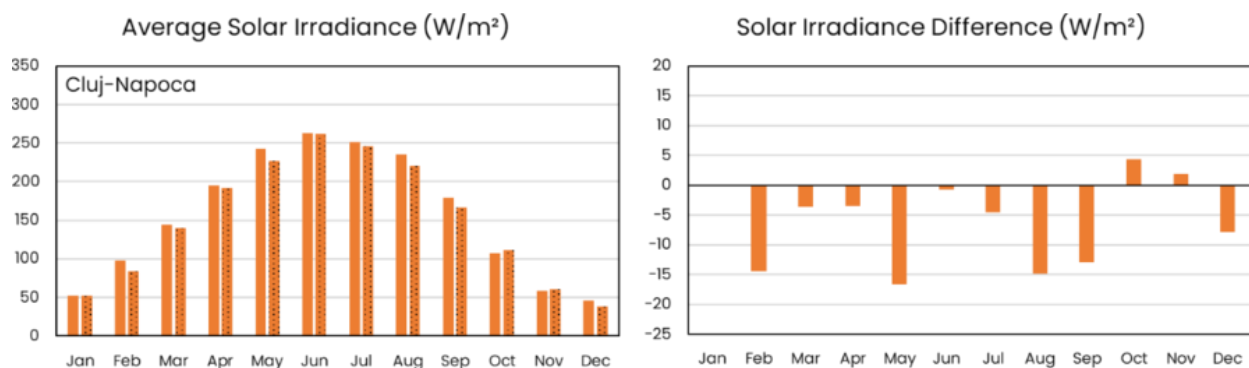


Figura 15. Valori medii ale radiației solare (W/m^2) și variația absolută (W/m^2) între condițiile actuale TMY (anii 2020) și condițiile viitoare pe termen mediu TMY (anii 2050).

Tabelul 2 prezintă percentilele calculate (95, 97,5 și 99,5) ale temperaturii zilnice a aerului în perioada 2009-2028. Acestea sunt pragurile medii zilnice ale temperaturii utilizate pentru detectarea valurilor de căldură în perioadele prezente și viitoare, pe baza metodei selectate. Spic ($^{\circ}\text{C}$) este pragul de temperatură pentru detectarea unui val de căldură. Sdeb ($^{\circ}\text{C}$) identifică începutul și sfârșitul valului de căldură, iar Sint ($^{\circ}\text{C}$) este pragul de întrerupere, care permite combinarea episoadelor consecutive fără o scădere semnificativă a temperaturii.

Temperatura medie zilnică care identifică un val de căldură (Spic) variază semnificativ în funcție de oraș și de climatul de fond. Cele mai ridicate temperaturi Spic se înregistrează în Torino ($29,8^{\circ}\text{C}$) și Terrassa ($29,6^{\circ}\text{C}$), urmate de Cluj-Napoca ($27,7^{\circ}\text{C}$) și Graz ($26,4^{\circ}\text{C}$), în timp ce Haga prezintă un prag destul de scăzut pentru valurile de căldură ($24,6^{\circ}\text{C}$). Acest lucru se explică prin diferențele de climă și distribuție a temperaturii în cele cinci orașe.

Proiecțiile climatice indică o creștere semnificativă a numărului de valuri de căldură în anii 2050 (2041-2060) comparativ cu anii 2020 (2009-2028). Valurile de căldură vor crește în Cluj-Napoca, aproape triplându-se în anii 2050 comparativ cu anii 2020.

Tabelul 2. Praguri utilizate în perioada actuală (2009-2028) pentru selectarea valurilor de căldură și numărul de valuri de căldură identificate pe perioadă: perioada actuală (2009-2028) și anii 2050 (2041-2060)

City	CORDEX Domain	Pragul de detectare a valurilor de căldură în perioada 2009-2028			Numărul de valuri de căldură detectate	
		Sint 95 ($^{\circ}\text{C}$)	Sdeb 97.5 ($^{\circ}\text{C}$)	Spic 99.5 ($^{\circ}\text{C}$)	Present	2050s
Cluj-Napoca	EUR	23.8	25.3	27.7	7	19
Graz	EUR	23.6	24.8	26.4	8	22
Terrassa	EUR	26.3	27.5	29.6	9	20
The Hague	EUR	20.1	22.0	24.6	8	14
Torino	EUR	27.1	28.2	29.8	8	33

Durata, intensitatea și gravitatea valurilor de căldură prezente și viitoare sunt reprezentate în următoarele grafice cu bule (fig. 16). În grafice, fiecare bulă reprezintă un val de căldură. Centrul bulei identifică durata valului de căldură, pe axa X, și intensitatea valului de căldură, pe axa Y. Raza bulei indică gravitatea evenimentului. Graficul din partea stângă reprezintă toate valurile de căldură detectate în perioada actuală și viitoare. Graficul din partea dreaptă reprezintă valurile de căldură extreme, și anume cele mai lungi, cele mai intense și cele mai severe, pentru perioadele actuale și viitoare. Se poate întâmpla ca un val de căldură să fie cel mai intens, cel mai sever și cel mai lung din perioadă. În acest caz, graficul are un singur val de căldură, care este valul de căldură extrem în conformitate cu toți indicii.

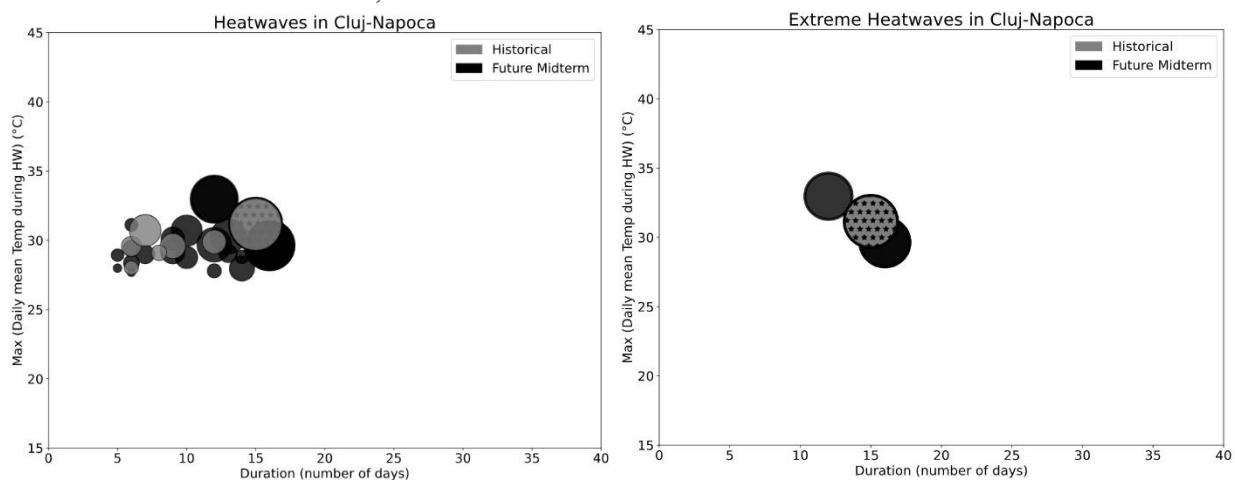


Figura 16. Rezultatele valurilor de căldură pentru Cluj-Napoca. În stânga: valuri de căldură detectate în perioadele istorice (2009-2028) și viitoare (2041-2060). În dreapta: valuri de căldură extreme pentru fiecare perioadă.

Figura 16 prezintă rezultatele pentru Cluj-Napoca. Durata valurilor de căldură variază între 5 și 16 zile. Un val de căldură extrem este detectat în perioada istorică și două valuri de căldură extreme în perioada viitoare. Valurile de căldură extreme din perioadele prezente și viitoare sunt similare în ceea ce privește durata, intensitatea și severitatea.

Astfel, prin livrabilul D5.1, proiectul eduPED deține acum instrumentele climatice necesare pentru a derula simulări credibile și pentru a dezvolta soluții de reabilitare și flexibilitate (WP4 și WP6) care sunt adecvate nu doar pentru eficiența energetică, ci și pentru supraviețuirea termică sub stresul climatic.

WP6 - Soluții de producție RES și flexibilitate inteligentă pentru PED

✓ Grad de realizare a obiectivului etapă: în curs de realizare (D6.1 aprox 65%).

WP6 urmărește stabilirea unor planuri de regenerare urbană care să maximizeze potențialul local de RES și flexibilitatea sistemelor energetice, având ca livrabil major **D6.1. Prezentare**

generală a potențialului local al surselor regenerabile de energie, flexibilității și rețelelor energetice cu termen de finalizare M18. Progresul în etapa M1-M12 a constat în elaborarea cadrului analitic necesar pentru aceste planuri (Draft D6.1).

Analiza cadrului PED a fost structurată pe trei piloni interconectați. Pilonul Tehnic a definit conceptul de PED, tipologiile operaționale, rolul eficienței energetice, integrarea soluțiilor de stocare a energiei și cuplării sectoriale a rețelelor de energie. Pilonul Regulatoriu a realizat o analiză aprofundată a cadrului legal european și a celor cinci cadre naționale ale țărilor Living Lab, identificând obstacolele și oportunitățile. Pilonul Financiar a oferit o sinteză a structurilor de investiții, a modelelor de afaceri inovatoare și a mecanismelor de finanțare pentru a asigura sustenabilitatea economică a proiectelor PED. Pe baza acestui cadru, a fost demarată colectarea de date ale consumului de energie și analiza potențialului RES local pentru fiecare Living Lab.

Living Lab Cluj-Napoca este considerat un PED virtual datorită modului în care generarea și consumul de energie sunt gestionate într-o zonă definită, urmărind un bilanț energetic net pozitiv, fără a fi necesar ca toate elementele contribuitoare să se afle într-o singură zonă fizică strict contiguă. Deși unele clădiri din cadrul Living Lab sunt deja echipate cu pompe de căldură, panouri fotovoltaice și baterii de stocare, contribuind în mod semnificativ la generarea de energie regenerabilă la nivel local și la reducerea consumului total, aceste măsuri nu sunt suficiente în prezent pentru a acoperi integral cererea de energie la Living Lab.

Analiza de consum evidențiază un profil de cerere specific clădirilor educaționale, dominat de cererea de încălzire (gaz și termoficare) în lunile de iarnă și o cerere scăzută de electricitate vara, reflectând alinierea strictă la calendarul academic. Profilul consumului lunar de energie pe parcursul unui an este prezentat în figura 17.

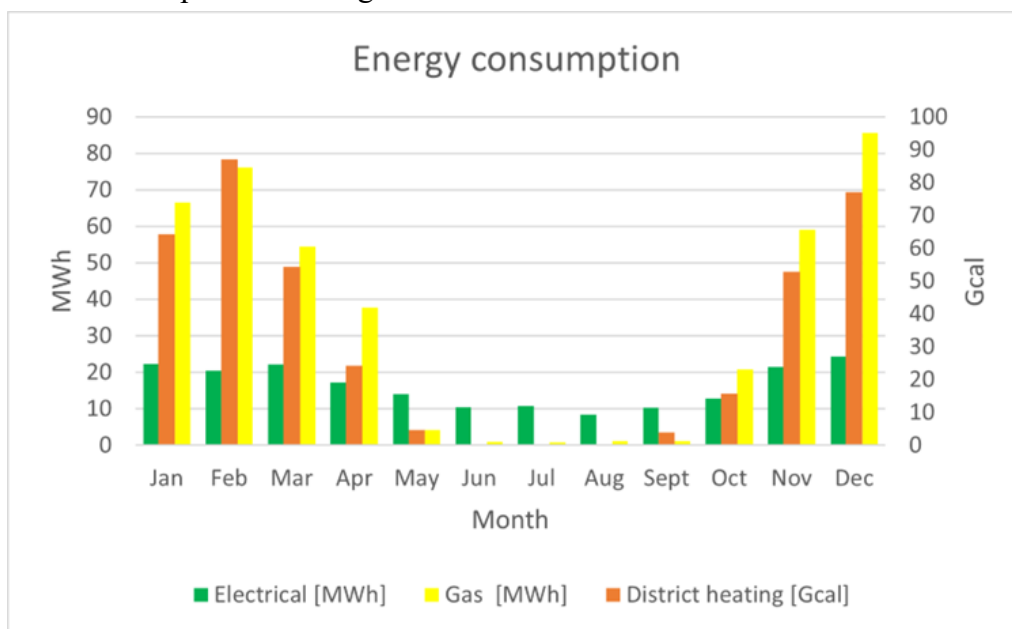


Figura 17. Consumul lunar de energie

Potențialul solar se referă la capacitatea unei anumite locații sau zone de a genera energie electrică sau termică din energia solară. Acesta este determinat de mai mulți factori, printre care intensitatea luminii solare, poziția geografică și condițiile meteorologice. Situat în nord-vestul României, municipiul Cluj-Napoca beneficiază de o poziție geografică favorabilă care susține dezvoltarea energiei regenerabile, inclusiv a energiei solare. Deși se află la o latitudine mai mare decât partea de sud a țării, Cluj-Napoca beneficiază de o cantitate substanțială de radiație solară anuală, cu o medie de aproximativ 1.100-1.300 kWh/m² pe an (fig. 18). Clima sa continentală, cu cer relativ senin în lunile de primăvară și vară, sporește și mai mult potențialul său de energie solară. Potențialul solar anual pentru locația Living Lab Cluj-Napoca, analizat conform datelor din Global Solar Atlas, indică o resursă energetică robustă. Producția specifică de energie fotovoltaică este estimată la 1254,9 kWh/kWp, reprezentând energia electrică livrată anual, normalizată la 1 kWp de capacitate instalată. Iradierea globală orizontală atinge 1277,9 kWh/m², iar iradierea normală directă este de 1194,5 kWh/m². Iradierea globală înclinată la unghi optim ce maximizează captarea, ajunge la 1500,9 kWh/m², obținută la un unghi optim de înclinare de 36/180°. Componenta difuză orizontală contribuie cu 610,2 kWh/m². De asemenea, temperatura medie anuală a aerului este de 9,4°C, un factor relevant în calculul eficienței sistemului.

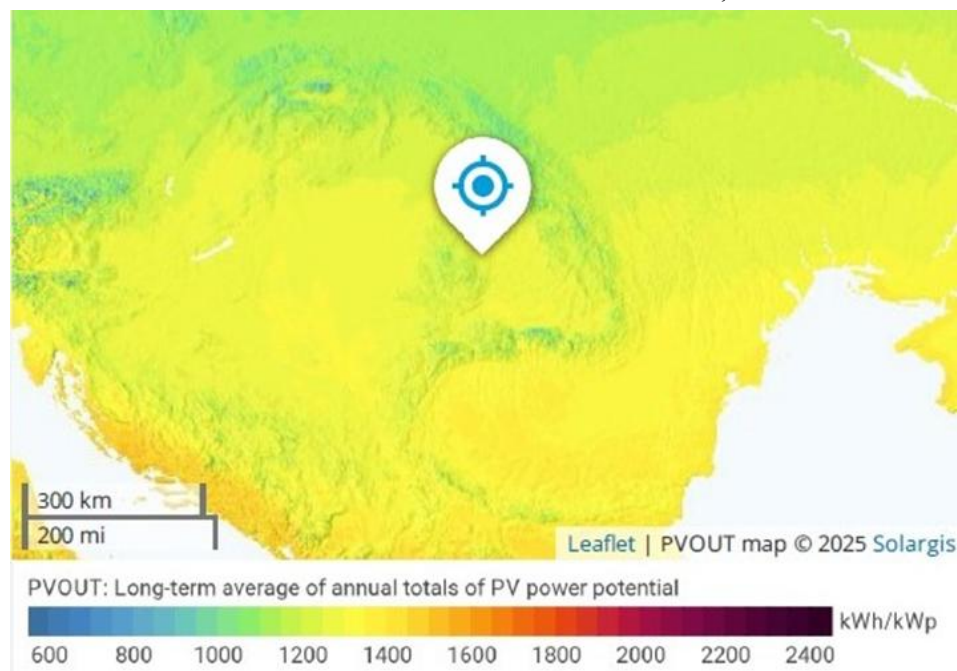


Figura 18. Totalul mediu anual pe termen lung al potențialului solar

Pentru o analiză detaliată a radiației solare directe normale, în figura 19 este prezentat un profil mediu pe oră. După cum se poate observa, luna august are cel mai mare potențial solar, cu valori care depășesc 500 Wh/m² în jurul prânzului. În timp ce valorile radiației solare directe normale din mai până în iulie depășesc, de asemenea, 400 Wh/m², în martie, aprilie, septembrie și

octombrie, aceasta abia atinge acest prag. Valorile radiației solare directe normale anuale susțin utilizarea sistemelor fotovoltaice, care se așteaptă să funcționeze deosebit de bine în lunile de vară.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5												
5 - 6					44	81	52	6				
6 - 7			2	78	178	215	196	148	47			
7 - 8		10	109	218	275	309	305	293	219	107	9	
8 - 9	50	157	273	307	358	392	392	394	322	276	132	41
9 - 10	197	250	357	377	417	449	461	475	387	350	221	149
10 - 11	239	293	407	405	437	473	490	521	425	392	254	184
11 - 12	246	303	415	390	425	459	470	516	422	405	269	190
12 - 13	245	311	409	369	391	428	433	481	402	412	276	193
13 - 14	244	318	391	350	370	390	397	449	383	401	274	198
14 - 15	236	314	358	319	335	366	369	412	350	355	249	181
15 - 16	195	273	303	281	294	331	333	371	307	297	175	125
16 - 17	40	203	259	240	257	297	305	323	255	155	23	12
17 - 18		28	141	204	219	258	269	273	129	3		
18 - 19			2	81	152	199	205	137	3			
19 - 20					18	59	57	3				
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
Sum	1,692	2,461	3,426	3,618	4,168	4,707	4,735	4,802	3,652	3,153	1,882	1,273

Figura 19. Media orară a radiației solare directe normale [Wh/m²]

Potențialul energiei eoliene se referă la capacitatea unei regiuni de a genera energie electrică din vânt, pe baza vitezei, direcției, constanței și caracteristicilor terenului locale. Cluj-Napoca are un potențial eolian moderat, influențat de poziția sa geografică în cadrul platoului Transilvaniei. Conform Atlasului global al vântului, în zona studiată, viteza medie a vântului în zonele cele mai vântoase variază între 3,72 m/s și 3,99 m/s la o înălțime de 100 de metri. La o înălțime de 200 de metri, aceste valori cresc până la 4,43 m/s și 4,68 m/s. Indicele vitezei vântului pentru zona de interes (fig. 20) variază între 0,55 (în august la ora 6:00) și 1,54 (în martie la ora 17:00). Pe baza acestor valori și în conformitate cu clasele de turbine IEC la o înălțime a butucului de aproximativ 100 m, resursa eoliană din Cluj-Napoca se încadrează în categoria cea mai scăzută – clasa IV (< 6 m/s) – care este considerată în general neviabilă pentru producerea de energie eoliană.

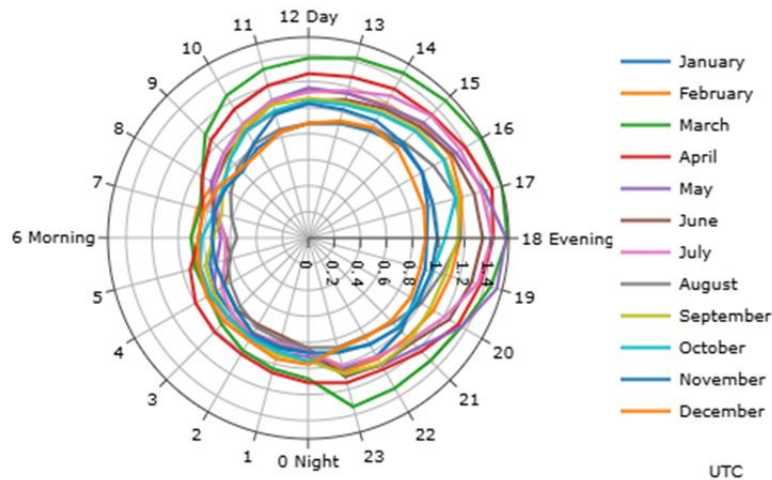


Figura 20. Variabilitatea indicelui vitezei vântului - pe oră vs. pe lună (la 100 m înălțime)

Energia geotermală reprezintă o sursă fiabilă și durabilă de energie regenerabilă care valorifică căldura internă a Pământului. Această căldură naturală, stocată sub suprafața Pământului în roci, apă și abur, poate fi utilizată pentru producerea de energie electrică, aplicații de încălzire directă și chiar pompe de căldură geotermale pentru clădiri. Potențialul geotermal foarte superficial (vSGP) se referă la energia solară stocată în straturile superioare ale solului, fără a contribui la căldura internă a Pământului. Acest potențial este afectat de factori precum condițiile climatice, proprietățile solului și caracteristicile apelor subterane. Conform ThermoMap, Living Lab Cluj-Napoca este situat într-o zonă cu o conductivitate termică de 1,1-1,2 W/mK (fig 21). Această valoare indică faptul că locația aleasă este foarte potrivită pentru utilizarea potențialului geotermic foarte superficial în ceea ce privește conductivitatea termică, fără nicio limitare.

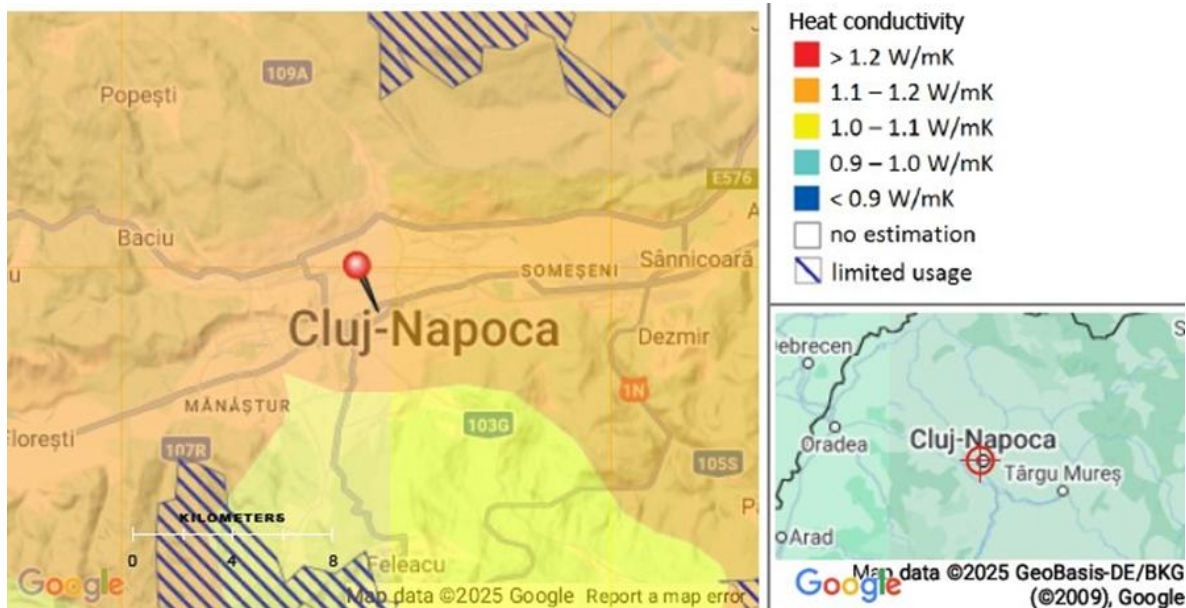


Figura 21. Conductivitatea termică pentru regiunea studiată

Pornind de la datele concrete privind consumul de energie și potențialul RES din fiecare Living Lab, activitatea viitoare se va axa pe analiza detaliată a flexibilității energetice. Aceasta implică dezvoltarea de strategii de cuplare sectorială și gestionare inteligentă pentru a echilibra cererea sezonieră ridicată (încălzirea pe timp de iarnă) cu producția fluctuantă de RES, asigurând astfel sustenabilitatea tehnică, economică și regulatorie necesară pentru ca Living Lab-ul să atingă statutul de PED.

WP7 - Comunicare, diseminare, exploatare și gestionarea drepturilor de proprietate intelectuală

✓ **Grad de realizare a obiectivului etapă: 100% (Livrabil D7.1 finalizat la M12).**

Obiectivul WP7 a fost dezvoltarea și implementarea unei strategii cuprinzătoare de comunicare și diseminare, finalizată în prima sa versiune prin **D7.1. Planul de comunicare, diseminare și formare** (M12). Acest livrabil a stabilit strategia de bază a proiectului, definind cu precizie publicul țintă – o audiență diversificată, de la factorii de decizie politică și investitori, până la comunitatea academică, studenți și cetățenii europeni – și stabilind canalele oficiale de comunicare. Progresele tangibile includ branding (creare identitate vizuală – logo), dezvoltarea și lansarea platformei digitale a proiectului, asigurând o vizibilitate sporită și o interacțiune continuă. Aceste platforme sunt reprezentate de website-ul oficial al proiectului (www.eduped.eu) și de canalele de comunicare social media, precum LinkedIn (<https://www.linkedin.com/company/eduped-dut/about/?viewAsMember=true>) și Facebook (<https://www.facebook.com/profile.php?id=61575831653420>), care funcționează ca instrumente esențiale pentru diseminarea știrilor și a rezultatelor intermediare.

Pe lângă cadrul de comunicare, Planul D7.1 a definit și cadrul inițial pentru diseminarea științifică a rezultatelor, vizând publicarea de articole în reviste de prestigiu și prezentări la conferințe internaționale. Obiectivul de exploatare pe termen lung vizează transferul de cunoștințe în curriculum-ul academic, asigurând astfel un impact durabil al proiectului asupra formării viitorilor specialiști.

O realizare notabilă în această etapă o constituie publicarea unui articol științific în revista Sustainable Futures încadrată ISI, clasată în quartila Q1: Moldovan, R. P., Rus, T., Beu, D., Albu, H., Domnița, F., & Moldovan, A. M. (2025). From assessment to action: A strategic approach to carbon management for climate neutrality in higher education. Sustainable Futures, 10, 101354. Această publicație demonstrează angajamentul proiectului de a livra rezultate științifice de înaltă calitate încă din faza timpurie.

Concluzie generală a Raportului Științific 2025

Etapă anuală 2025 a proiectului eduPED a marcat o etapă fundamentală în tranziția celor cinci Living Labs (din orașele The Hague, Torino, Terrassa, Cluj-Napoca și Graz) către statutul de PED. Perioada de raportare a fost dedicată în exclusivitate stabilirii bazelor analitice, metodologice și strategice necesare pentru proiectarea viitoare a intervențiilor.

Realizări cheie și fundația stabilită:

- Fundamentarea analitică (WP2 și WP3): S-a atins un grad de realizare de 100% prin livrarea D2.1. Parametri de Morfologie PED, care oferă instrumentul multiscalar necesar pentru a lega forma urbană de performanța energetică, și D3.1. Cartografierea Constelației de Stakeholderi, care oferă strategiile personalizate de implicare, esențiale pentru co-producția proiectului.
- Reziliența climatică (WP5): Finalizarea D5.1. Bază de date climatică practică a furnizat seturile de date meteorologice de înaltă precizie (TMY și HWY) pentru scenariile curente și viitoare (2050s). Această realizare este esențială, deoarece subliniază necesitatea de a proiecta PED-urile nu doar pentru eficiență, ci și pentru reziliență la valurile de căldură.
- Cadrul soluțiilor (WP4 și WP6): S-a elaborat cadrul analitic PED, definind pilonii tehnici (analiza consumului energetic și evaluarea potențialului RES), regulatorii (analiza legislației naționale din cele cinci țări) și financiari (modele de afaceri inovatoare) necesari.

Viziunea pentru etapa următoare:

Raportul concluzionează că proiectul deține acum toate instrumentele metodologice și datele de bază necesare. Următoarea etapă se va concentra pe analiza cantitativă intensivă: măsurile pasive și active de reabilitare (WP4) sub scenariile climatice definite (WP5) și dezvoltarea planurilor detaliate de flexibilitate energetică și cuplare sectorială a rețelelor de energie (WP6).

Impact și diseminare:

Angajamentul pentru diseminare și exploatare (WP7) este demonstrat prin lansarea website-ului www.eduped.eu și canale social media, precum și prin publicarea unui articol științific ISI - Q1, care atestă calitatea și relevanța rezultatelor produse în această fază inițială. În ansamblu, proiectul eduPED este solid poziționat pentru a trece de la faza de analiză la faza de modelare, îndeplinind viziunea de a transforma campusurile educaționale în modele PED.

**Director Proiect,
Conf. Dr. Ing. Rus Tania**