UNIVERSITATEA „ALEXANDRU IOAN CUZA” DIN IAŞI
FACULTATEA DE GEOGRAFIE-GEOLOGIE
ȘCOALA DOCTORALĂ DE GEOȘTIINȚE

Evaluarea serviciilor ecosistemice într-un sit Natura 2000 periurban: Pădurea Bârnova

Rezumatul tezei de doctorat

Conducător de doctorat:
Prof.univ. dr. habil. Iuliana Gabriela BREABĂN

Student-doctorand:
Ioana ZAIȚ (căs. Lazăr)

2026

UNIVERSITATEA „ALEXANDRU IOAN CUZA”
DIN IAȘI
FACULTATEA DE GEOGRAFIE-GEOLOGIE
ȘCOALA DOCTORALĂ DE GEOȘTIINȚE
DOMENIUL ȘTIINȚA MEDIULUI

Evaluarea serviciilor ecosistemice într-un sit Natura 2000 periurban: Pădurea Bârnova

Conducător de doctorat:
Prof.univ. dr. habil. Iuliana Gabriela BREABĂN

Student-doctorand:
Ioana ZAIȚ (căs. Lazăr)

Președinte comisie doctorat:
Prof. univ. dr. Alexandra – Raluca IORDAN
Universitatea „Al.I.Cuza” din Iași, Facultatea de Chimie

Conducător de doctorat:
Prof. univ. dr. habil. Iuliana-Gabriela BREABĂN
Universitatea „Al.I.Cuza” din Iași, Facultatea de Geografie și Geologie

Referenți oficiali:

Prof. univ. dr. habil. Cristian Ioan IOJA - Universitatea din București, Facultatea de Geografie
Conf. univ. dr. Ștefan BILAȘCO - Universitatea Babeș - Bolyai din Cluj-Napoca, Facultatea de Geografie
Prof. univ. dr. habil. Mircea – Nicușor NICOARĂ - Universitatea „Al.I.Cuza” din Iași, Facultatea de Biologie

Comisia de îndrumare și integritate academică:

Conf. univ. dr. Adrian URSU - Universitatea „Al.I.Cuza” din Iași

Conf. univ. dr. Cristian Constantin STOLERIU - Universitatea „Al.I.Cuza” din Iași

Lect. univ. Dr.Vasile JITARIU - Universitatea „Al.I.Cuza” din Iași

Dr. Razvan Florian DEJU- Direcția Județeană de Mediu Iași

Cuprins

Cuvinte-cheie....4
Introducere....5
Capitolul I. Repere teoretice în domeniul de studiu. Stadiul actual al cercetărilor....6
I.1. Contextul global al serviciilor ecosistemice....6
I.1.1. Premisele istorice ale conceptului....6
I.1.2. Consolidarea și recunoașterea internațională a conceptului....6
I.2. Rolul pădurilor în furnizarea serviciilor ecosistemice....7
I.3. Importanța Rețelei Natura 2000 în furnizarea serviciilor ecosistemice....7
I.4. Motivația cercetării....8
I.5. Premisele cercetării....8
I.6. Problema de cercetare....9
I.7. Scopul și obiectivele cercetării....9
I.8. Ipotezele de lucru....9
I.9. Structura tezei....10
CAPITOLUL II. CADRUL CONCEPTUAL ȘI TEORETIC....11
II.1. Conceptul de servicii ecosistemice....11
II.1.1. Definiții fundamentale ale conceptului de servicii ecosistemice....11
II.1.2. Diferențe teoretice și clarificări conceptuale....11
II.2. Clasificarea serviciilor ecosistemice....11
II.3. Metode de evaluare a serviciilor ecosistemice....12
II.4. Serviciile ecosistemice în ecosistemele forestiere și rolul managementului durabil....13
CAPITOLUL III. ZONA DE STUDIU....14
III.1. Localizarea și delimitarea zonei de studiu....14
III.2. Cadrul fizico – geografic....15
III.2.1. Relief....15
III.2.2. Clima....15
III.2.3 Hidrografia....17
III.2.4. Învelișul de soluri....17
III.2.5. Vegetația, habitatele și fauna....18
CAPITOLUL IV. Metodologia cercetării....21
IV.1. Concepția metodologică a cercetării....21

IV.2. Sursele de date utilizate în cercetare ... 22
IV.2.1. Date documentare și instituționale ... 22
IV.2.2. Date geospațiale și teledetecție ... 22
IV.2.3. Date obținute prin activități de teren ... 23
IV. 3. Metode de analiză utilizate ... 23
V.3.1. Prelucrarea și organizarea bazelor de date ... 23
Datele provenite din amenajamentele silvice, evidențele administrative, analizele biofizice, activitățile de teren și chestionarele sociologice au fost centralizate și prelucrate utilizând Microsoft Excel, ArcGIS Pro și Python, prin standardizare, verificare și analiză statistică și spațială. ... 23
O etapă esențială a constat în corelarea grupelor funcționale din amenajamentele silvice cu serviciile ecosistemice definite conform CICES V5.1, pentru cartarea distribuției acestora și analiza multifuncționalității forestiere. ... 23
Datele economice, climatice și rezultatele analizelor de sol și apă au fost prelucrate statistic și integrate în baze de date. Pentru serviciile culturale au fost analizate răspunsurile la chestionare și datele Strava Metro, utilizate pentru identificarea principalelor trasee recreative și sportive ... 23
Rezultatele au fost reprezentate prin tabele, grafice, hărți tematice și diagrame Sankey, evidențiind caracteristicile ecosistemelor forestiere și relațiile dintre funcțiile pădurii și serviciile ecosistemice. ... 23
IV.3.2. Analiza spațială și teledetecția ... 23
IV.3.3. Analize biofizice ... 24
IV.3.4. Chestionarele sociologice ... 26
IV.4. Metodologia evaluării serviciilor ecosistemice ... 27
IV.4.1. Metodologia cartografierii serviciilor ecosistemice dominante ... 27
IV.4.2. Evaluarea serviciilor de aprovizionare ... 27
IV.4.3. Evaluarea serviciilor culturale ... 28
IV.4.4. Evaluarea serviciilor de reglare ... 28
IV.5. Analiza multifuncționalității serviciilor ecosistemice ... 28
V. Evaluarea serviciilor ecosistemice ... 29
V.1. Structura funcțională a ecosistemelor forestiere – baza evaluării serviciilor ecosistemice ... 29
V.2. Servicii de aprovizionare ... 31
V.2.1. Produse forestiere nelemnoase ... 31
V.2.1.1. Plante spontane ... 32
V.2.1.2. Plante medicinale ... 32
V.2.1.3. Ciuperci ... 33
V.2.1.4. Resurse melifere ... 33

V.2.1.5 Valorificarea economică a produselor forestiere nelemnoase 34
V.2.2. Produse forestiere lemnoase 35
V.2.3. Multifuncționalitatea serviciilor ecosistemice de aprovizionare 37
V.3. Servicii ecosistemice culturale 38
V.3.1.Recreere și utilizare socială 38
V.3.2. Patrimoniul natural și cultural asociat serviciilor ecosistemice culturale 42
V.3.3. Educație, identitate culturală și experiențe asociate naturii 44
V.3.4. Valorificarea turistică a serviciilor ecosistemice culturale furnizate de Pădurea Bârnova 46
V.3.5. Implicarea comunitară și valoarea socială 47
V.3.6 Multifuncționalitatea serviciilor ecosistemice culturale 47
V.4. Servicii ecosistemice de reglare 48
V.4.1. Reglarea climei 48
V.4.2. Reglarea regimului hidrologic și a calității apei 53
V.4.3. Conservarea și protecția solurilor 54
V.4.4. Conservarea biodiversității și habitatelor 56
V.4.5. Percepția comunității asupra serviciilor ecosistemice de reglare 57
V.4.6. Multifuncționalitatea serviciilor ecosistemice de reglare și menținere 58
VI. Discuții 60
VI.1. Evaluarea integrată a serviciilor ecosistemice forestiere – de la funcția productivă la multifuncționalitatea ecosistemelor 60
VI.2. Managementul forestier și serviciile ecosistemice de aprovizionare 60
VI.3. Serviciile ecosistemice culturale și rolul social al Pădurii Bârnova 60
VI.4. Serviciile ecosistemice de reglare – fundamentul funcționării ecosistemelor forestiere 60
VI.5. Implicațiile rezultatelor pentru managementul durabil al Pădurii Bârnova 61
VII. Concluzii 62
Bibliografie 63

Cuvinte-cheie

Servicii ecosistemice, servicii ecosistemice forestiere, clasificarea CICES, evaluarea serviciilor ecosistemice, multifuncționalitate, management forestier, amenajamente silvice, grupe funcționale, cartografiere GIS, analiză spațială, teledetecție, NDVI, analiză biofizică, stocul de carbon, calitatea solului, calitatea apei, biodiversitate, habitate forestiere, arii naturale protejate, Natura 2000, Pădurea Bârnova, Pădurea Bârnova–Repedea, produse forestiere nelemnoase, servicii de aprovizionare, servicii de reglare, servicii culturale, percepția serviciilor ecosistemice, dezvoltare durabilă, conservarea biodiversității, managementul ecosistemelor forestiere.

Introducere

În contextul intensificării presiunilor antropice, al schimbărilor climatice și al diminuării biodiversității, evaluarea serviciilor ecosistemice a devenit esențială pentru înțelegerea contribuției ecosistemelor naturale la bunăstarea umană. Pădurile nu reprezintă doar surse de resurse lemnoase, ci ecosisteme multifuncționale care contribuie la reglarea climei, protecția solurilor și a resurselor de apă, conservarea biodiversității și furnizarea unor beneficii culturale și recreative.

Deși conceptul serviciilor ecosistemice este bine dezvoltat la nivel internațional, aplicarea unor abordări integrate în evaluarea ecosistemelor forestiere din România rămâne relativ limitată. În special, corelarea informațiilor din amenajamentele silvice cu indicatorii biofizici, analizele spațiale, clasificarea CICES și percepția beneficiarilor reprezintă o direcție de cercetare relevantă pentru fundamentarea managementului forestier durabil.

Prezenta cercetare are ca zonă de studiu Pădurea Bârnova, definită prin suprafața rezultată din suprapunerea siturilor Natura 2000 ROSAC0135 Pădurea Bârnova–Repedea și ROSPA0092 Pădurea Bârnova. Alegerea arealului este justificată de diversitatea habitatelor și a speciilor de interes conservativ, continuitatea suprafețelor forestiere și proximitatea municipiului Iași, care determină o utilizare intensă a pădurii pentru activități recreative, sportive și educaționale.

Interesul pentru această zonă este susținut atât de relația personală de lungă durată cu Pădurea Bârnova, cât și de experiența academică și profesională acumulată în domeniul protecției mediului și al administrării ariilor naturale protejate. Aceste experiențe au contribuit la conturarea unei perspective interdisciplinare asupra relației dintre conservarea biodiversității, utilizarea resurselor naturale și nevoile comunităților umane.

Scopul cercetării îl reprezintă evaluarea integrată a serviciilor ecosistemice furnizate de Pădurea Bârnova, prin analiza serviciilor de aprovizionare, de reglare și culturale, precum și a relațiilor de interdependență dintre acestea. Metodologia combină informațiile provenite din amenajamentele silvice și clasificarea CICES cu analizele biofizice, tehnicile GIS și de teledetecție, observațiile de teren și investigațiile sociologice.

Prin această abordare, teza urmărește evidențierea caracterului multifuncțional al ecosistemului forestier și dezvoltarea unui cadru de evaluare care să contribuie la fundamentarea deciziilor privind conservarea biodiversității, utilizarea durabilă a resurselor și menținerea beneficiilor furnizate societății. Metodologia propusă poate constitui un punct de plecare pentru evaluări similare în alte ecosisteme forestiere din România.

Capitolul I. Repere teoretice în domeniul de studiu. Stadiul actual al cercetărilor

I.1. Contextul global al serviciilor ecosistemice

I.1.1. Premisele istorice ale conceptului

Ideea că societatea umană depinde fundamental de natură pentru susținerea vieții și a activităților economice precede consacrarea termenului „servicii ecosistemice". În secolele XVIII–XIX, gândirea economică recunoștea rolul resurselor naturale, însă abordarea era predominant utilitaristă și centrată pe extracția acestora.

În a doua jumătate a secolului XX, literatura științifică începe să evidențieze limitele exploatării necontrolate a resurselor naturale. Hardin (1968) introduce conceptul de „tragedie a bunurilor comune", iar Georgescu-Roegen (1971) evidențiază limitele modelului economic tradițional în raport cu degradarea capitalului natural.

Treptat, natura începe să fie percepută nu doar ca un rezervor de resurse, ci ca un sistem complex de procese și funcții esențiale pentru viața umană. Concepte precum „servicii de mediu" (SCEP, 1970; Myers, 1996) și „capital natural" (Schumacher, 1973; Costanza & Daly, 1992), alături de tipologia funcțiilor ecosistemelor propusă de de Groot (1992), au contribuit la dezvoltarea cadrului conceptual al serviciilor ecosistemice.

Deși termenul a început să fie utilizat la începutul anilor 1980 (Ehrlich & Ehrlich, 1981), originile sale reflectă tranziția de la o perspectivă extractivă asupra naturii către una sistemică, în care ecosistemele sunt considerate fundamentul dezvoltării economice și al bunăstării umane (Gómez-Baggethun et al., 2010).

I.1.2. Consolidarea și recunoașterea internațională a conceptului

Conceptul de servicii ecosistemice s-a consolidat în anii 1990, prin contribuțiile lui Daily (1997) și Costanza et al. (1997), care au evidențiat rolul proceselor ecologice și valoarea beneficiilor furnizate de ecosisteme societății. Ulterior, de Groot et al. (2002) au aprofundat relațiile dintre structura, funcțiile ecosistemelor și beneficiile generate.

Un moment fundamental îl reprezintă Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005), care definește serviciile ecosistemice drept beneficiile obținute de oameni din ecosisteme și le clasifică în patru categorii: aprovizionare, reglare, culturale și suport. Totodată, evidențiază contribuția acestora la sănătate, securitate, bunăstare materială și relații sociale.

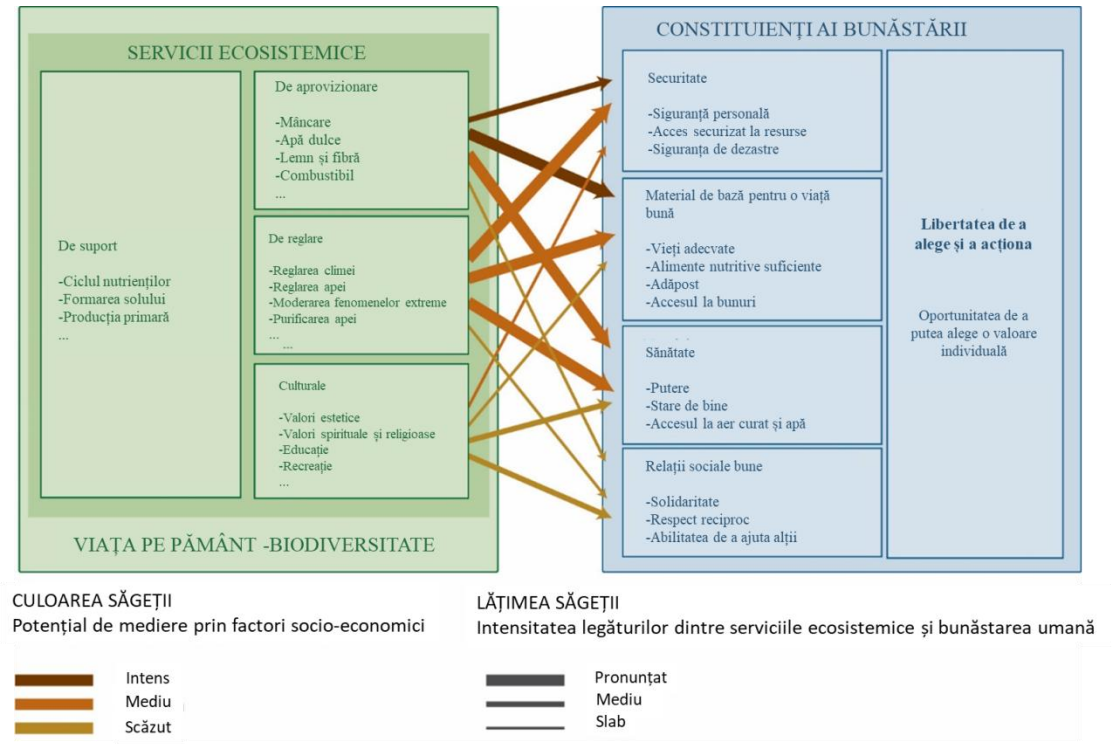

Figura nr. 1 Evaluarea legăturii dintre ecosisteme și bunăstarea umană (după MEA, 2005)

Ulterior, inițiativele TEEB (2010) și MAES (Maes et al., 2016) au promovat evaluarea economică și spațială a serviciilor ecosistemice, iar IPBES a extins perspectiva prin conceptul de „contribuții ale naturii pentru oameni", integrând inclusiv valorile culturale și relaționale (Díaz et al., 2018).

Astfel, serviciile ecosistemice au devenit un instrument important pentru conservarea biodiversității, planificarea teritorială și managementul durabil al resurselor naturale.

I.2. Rolul pădurilor în furnizarea serviciilor ecosistemice

Pădurile acoperă aproximativ o treime din suprafața terestră și contribuie la reglarea climei, conservarea biodiversității și menținerea echilibrului ecologic (FAO, 2020). Prin stocarea carbonului, reglarea regimului hidrologic și protecția solurilor, acestea furnizează servicii ecosistemice esențiale pentru bunăstarea umană (MEA, 2005; Pan et al., 2011).

Totodată, pădurile asigură resurse lemnoase și nelemnoase, oportunități recreative și beneficii economice pentru comunitățile locale. Menținerea acestor funcții depinde de conservarea biodiversității și aplicarea principiilor managementului forestier durabil (Balvanera et al., 2006; Forest Europe, 2020).

Evaluarea integrată a serviciilor ecosistemice permite evidențierea valorii multifuncționale a pădurilor și fundamentarea deciziilor privind utilizarea durabilă și conservarea acestora.

I.3. Importanța Rețelei Natura 2000 în furnizarea serviciilor ecosistemice

Rețeaua Natura 2000 reprezintă principalul instrument european pentru conservarea biodiversității, fiind fundamentată pe Directiva Habitate (92/43/CEE) și Directiva Păsări (2009/147/CE). Aceasta cuprinde situri de importanță comunitară (SCI), desemnate ulterior ca arii

speciale de conservare (SAC), și arii de protecție specială avifaunistică (SPA), urmărind menținerea unei stări favorabile de conservare a habitatelor și speciilor (European Commission, 2013).

Natura 2000 permite activități umane compatibile cu obiectivele de conservare, contribuind totodată la furnizarea serviciilor ecosistemice, precum stocarea carbonului, reglarea regimului hidrologic, protecția solului și recreerea (Maes et al., 2013; EEA, 2020).

Integrarea acestor servicii în managementul siturilor este susținută prin inițiativa europeană MAES (Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services), care promovează cartarea și evaluarea ecosistemelor pentru fundamentarea deciziilor de conservare și utilizare durabilă (Maes et al., 2016).

I.4. Motivația cercetării

Interacțiunile dintre natură și societatea umană au suferit transformări profunde în ultimele decenii, pe fondul intensificării proceselor economice și al creșterii presiunii asupra resurselor naturale. Degradarea habitatelor, fragmentarea ecosistemelor și reducerea biodiversității sunt fenomene larg documentate la nivel global. Consecințele acestora se reflectă direct asupra capacității ecosistemelor de a furniza servicii esențiale pentru bunăstarea umană. În acest context, evaluarea serviciilor ecosistemice devine un instrument fundamental pentru înțelegerea relației dintre conservare și dezvoltare.

Motivația alegerii temei derivă atât din preocupările academice anterioare privind beneficiile oferite de ariile naturale protejate, cât și din interesul pentru analiza unui ecosistem forestier periurban situat în proximitatea municipiului Iași. Pădurea Bârnova reprezintă un spațiu în care conservarea biodiversității, utilizarea resurselor naturale și nevoile recreative ale populației urbane se intersectează cu activitățile tradiționale și interesele socio-economice ale comunităților locale, configurând un sistem socio-ecologic complex, caracteristic pădurilor periurbane. În acest sens, cercetarea urmărește să contribuie la evidențierea valorii multiple a unei arii naturale protejate periurbane, dincolo de funcția sa strict conservativă.

I.5. Premisele cercetării

Demersul științific pornește de la necesitatea înțelegerii relațiilor dintre conservarea naturii, funcționarea ecosistemelor forestiere și dezvoltarea societății.

Pădurile periurbane sunt supuse unor presiuni crescânde generate de extinderea zonelor construite, utilizarea recreativă intensă și exploatarea resurselor naturale, care pot afecta echilibrul ecologic și capacitatea acestora de a furniza servicii ecosistemice pe termen lung.

Totodată, deși siturile Natura 2000 sunt desemnate în principal pentru conservarea habitatelor și speciilor de interes comunitar, acestea contribuie și la bunăstarea socioeconomică prin serviciile ecosistemice furnizate. În România, evaluările existente sunt orientate predominant către biodiversitate sau analize sectoriale, fără integrarea coerentă a dimensiunilor ecologice, economice și sociale.

În acest context, înțelegerea funcționalității unui sit Natura 2000 presupune corelarea caracteristicilor ecosistemelor cu modul în care serviciile acestora sunt utilizate și percepute de comunitățile locale și populația urbană. Pornind de la aceste premise, cercetarea propune o evaluare

integrată a serviciilor ecosistemice furnizate de Pădurea Bârnova, ca studiu de caz reprezentativ pentru pădurile periurbane din Podișul Central Moldovenesc.

I.6. Problema de cercetare

Siturile Natura 2000 urmăresc conservarea habitatelor și speciilor de interes comunitar, însă integrarea serviciilor ecosistemice în evaluarea și managementul acestora devine tot mai importantă (Maes et al., 2016; EEA, 2020). În România, evaluările integrate ale serviciilor ecosistemice forestiere sunt încă limitate.

În cazul siturilor ROSAC0135 Pădurea Bârnova–Repedea și ROSPA0092 Pădurea Bârnova, deși există un plan de management și studii privind biodiversitatea, lipsește o evaluare sistematică a serviciilor ecosistemice (Sincron, 2015; Popescu & Gostin, 2025).

Problema centrală a cercetării constă în evaluarea multifuncționalității acestui ecosistem forestier periurban, prin identificarea serviciilor furnizate, a factorilor de mediu care le influențează și a contribuției acestora la conservarea biodiversității și bunăstarea umană.

I.7. Scopul și obiectivele cercetării

Scopul tezei îl constituie evaluarea integrată a serviciilor ecosistemice furnizate de Pădurea Bârnova, în zona de suprapunere a siturilor Natura 2000 ROSAC0135 și ROSPA0092, prin analiza relațiilor dintre ecosistemele forestiere, factorii de mediu și beneficiile socioeconomice și culturale.

Pentru atingerea acestui scop au fost stabilite șapte obiective specifice:

1. Caracterizarea cadrului natural, a habitatelor și a particularităților ecosistemelor forestiere.
2. Identificarea și clasificarea serviciilor ecosistemice conform sistemului CICES.
3. Evaluarea serviciilor de aprovizionare, prin analiza resurselor lemnoase și nelemnoase.
4. Evaluarea serviciilor de reglare, prin analiza indicatorilor climatici, pedologici, hidrologici și ecologici.
5. Evaluarea serviciilor culturale, prin analiza utilizării recreative, a patrimoniului și a percepției populației.
6. Analiza distribuției spațiale și a multifuncționalității serviciilor ecosistemice, prin integrarea datelor silvice, biofizice, GIS, de teledetecție și sociologice.
7. Evidențierea contribuției serviciilor ecosistemice la bunăstarea umană și fundamentarea managementului forestier durabil.

I.8. Ipotezele de lucru

Cercetarea pornește de la ipoteza generală că Pădurea Bârnova reprezintă un ecosistem forestier multifuncțional, a cărui valoare rezultă din furnizarea integrată a serviciilor de aprovizionare, de reglare și culturale, dincolo de funcția productivă.

Pentru verificarea acesteia au fost formulate cinci ipoteze de lucru:

Ipoteza 1. Pădurea Bârnova furnizează simultan servicii ecosistemice diverse, influențate de caracteristicile structurale și funcționale ale arboretelor.

Ipoteza 2. Integrarea datelor silvice, biofizice, GIS, de teledetecție și sociologice permite o evaluare mai completă a multifuncționalității forestiere.

Ipoteza 3. Percepția și valorificarea serviciilor ecosistemice diferă între comunitățile locale și populația urbană.
Ipoteza 4. Caracteristicile biofizice ale pădurii influențează furnizarea serviciilor de reglare, reflectată prin indicatorii climatici, pedologici și hidrologici.
Ipoteza 5. Evaluarea integrată a serviciilor ecosistemice contribuie la fundamentarea managementului forestier durabil și la evidențierea valorii multiple a pădurii.

I.9. Structura tezei

Teza de doctorat este structurată în cinci capitole, urmate de discuții și concluzii, care urmăresc fundamentarea teoretică, caracterizarea zonei de studiu, prezentarea metodologiei și evaluarea integrată a serviciilor ecosistemice forestiere.

Capitolul I – Repere teoretice în domeniul de studiu. Stadiul actual al cercetărilor prezintă contextul cercetării, motivația, problema de cercetare, scopul, obiectivele și ipotezele formulate.

Capitolul II – Cadrul conceptual și teoretic abordează conceptul de servicii ecosistemice, sistemele de clasificare, metodele de evaluare și relația acestora cu managementul forestier durabil.

Capitolul III – Zona de studiu prezintă caracteristicile fizico-geografice, climatice, hidrografice, pedologice și biologice ale Pădurii Bârnova.

Capitolul IV – Metodologia cercetării descrie sursele de date și metodele utilizate, incluzând analize GIS și de teledetecție, investigații de teren, analize de sol și apă, chestionare sociologice și evaluarea multifuncționalității.

Capitolul V – Evaluarea serviciilor ecosistemice constituie partea aplicativă a tezei, analizând serviciile de aprovizionare, culturale și de reglare prin integrarea datelor silvice, biofizice, spațiale și sociologice.

Discuțiile și concluziile sintetizează rezultatele cercetării, contribuțiile originale, limitele studiului și implicațiile pentru managementul durabil al ecosistemelor forestiere.

CAPITOLUL II. CADRUL CONCEPTUAL ȘI TEORETIC

II.1. Conceptul de servicii ecosistemice

II.1.1. Definiții fundamentale ale conceptului de servicii ecosistemice

Conceptul de servicii ecosistemice a cunoscut diferite interpretări teoretice, având ca element comun relația dintre funcționarea ecosistemelor și bunăstarea umană.

Din perspectivă ecologică, Daily (1997) definește serviciile ecosistemice prin condițiile și procesele naturale care susțin viața umană, accentuând rolul funcțiilor biofizice. Costanza et al. (1997) propun o abordare economică, în care serviciile ecosistemice reprezintă beneficiile obținute direct sau indirect din funcțiile ecosistemelor, fiind considerate fluxuri generate de capitalul natural.

Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005) sintetizează aceste perspective, definind serviciile ecosistemice drept „beneficiile pe care oamenii le obțin din ecosisteme". Ulterior, TEEB (2010, 2012) accentuează valoarea economică a capitalului natural și integrarea acesteia în procesele decizionale, în timp ce IPBES extinde abordarea prin conceptul de „contribuții ale naturii pentru oameni", incluzând valorile culturale și relaționale (Díaz et al., 2018).

Astfel, definițiile serviciilor ecosistemice reflectă trei perspective complementare: biofizică, economică și socioecologică.

II.1.2. Diferențe teoretice și clarificări conceptuale

În literatura de specialitate, o distincție fundamentală este cea dintre funcțiile ecosistemice, serviciile ecosistemice și beneficiile furnizate societății. Funcțiile ecosistemice reprezintă procesele și proprietățile biofizice ale ecosistemelor, precum fotosinteza, ciclul nutrienților și infiltrarea apei (de Groot, 1992), în timp ce serviciile ecosistemice exprimă contribuția acestora la generarea beneficiilor pentru societate (de Groot et al., 2002).

Modelul „cascadei serviciilor ecosistemice" (Haines-Young & Potschin, 2010) evidențiază succesiunea dintre structurile și procesele ecosistemice, funcții, servicii și beneficiile asociate bunăstării umane.

Abordarea antropocentrică a serviciilor ecosistemice a generat dezbateri privind riscul reducerii complexității relațiilor dintre natură și societate la beneficii cuantificabile (Norgaard, 2010). În acest context, IPBES promovează integrarea valorilor culturale și relaționale (Díaz et al., 2018).

O altă diferență conceptuală privește serviciile de suport, considerate categorie distinctă în clasificarea MEA (2005), dar integrate în alte categorii în sistemele TEEB și CICES, pentru evitarea suprapunerilor și a dublei contabilizări.

Prin urmare, clarificarea relațiilor dintre funcții, servicii și beneficii este esențială pentru evaluarea integrată a serviciilor ecosistemice furnizate de păduri și arii naturale protejate.

II.2. Clasificarea serviciilor ecosistemice

Clasificarea serviciilor ecosistemice a fost sistematizată prin Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005), care distinge patru categorii: servicii de aprovizionare (resurse materiale), de reglare (reglarea climei, apei și protecția solului), culturale (recreere, educație și valori spirituale) și de suport (formarea solului și ciclurile biogeochimice).

Ulterior, au fost dezvoltate sistemele TEEB (2010), orientat spre evaluarea economică, și CICES (Haines-Young & Potschin, 2018), care propune o clasificare ierarhică în trei secțiuni principale: aprovizionare, reglare și menținere, respectiv culturale, organizate în diviziuni, grupuri și clase.

Aceste sisteme permit identificarea și evaluarea serviciilor ecosistemice, precum și analiza relațiilor de sinergie și compromis dintre acestea (Bennett et al., 2009).



Figura nr. 2 Clasificarea serviciilor ecosistemice și exemple asociate principalelor categorii (adaptare după Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

II.3. Metode de evaluare a serviciilor ecosistemice

Evaluarea serviciilor ecosistemice presupune integrarea a trei abordări principale: biofizică, economică și socioculturală (de Groot et al., 2010; Burkhard et al., 2012).

Evaluarea biofizică utilizează indicatori ecologici, climatici, hidrologici și pedologici, împreună cu tehnici GIS și de teledetecție. Evaluarea economică estimează valoarea monetară a beneficiilor prin metode precum prețurile de piață și costurile evitate, iar evaluarea socioculturală analizează percepțiile și utilizarea serviciilor ecosistemice prin chestionare, interviuri și cartare participativă (TEEB, 2010; Daniel et al., 2012).

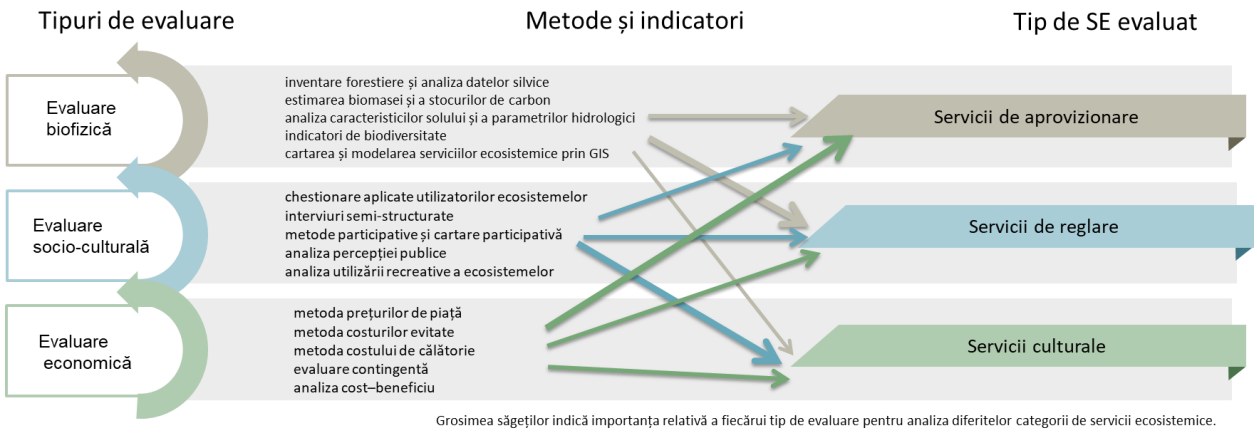

Figura nr. 3 Tipurile principale de evaluare utilizate în analiza serviciilor ecosistemice, metodele aplicate și categoriile de servicii analizate (adaptare după de Groot et al., 2010; Burkhard et al., 2012; TEEB, 2010; Maes et al., 2013)

Integrarea celor trei abordări permite o evaluare multidimensională a serviciilor ecosistemice, evidențiind relațiile dintre funcționarea ecosistemelor, utilizarea resurselor naturale și bunăstarea umană.

II.4. Serviciile ecosistemice în ecosistemele forestiere și rolul managementului durabil

Ecosistemele forestiere furnizează simultan servicii de aprovizionare, de reglare și culturale, influențate de structura arboretelor și practicile de management. Diversitatea structurală favorizează multifuncționalitatea pădurilor, între serviciile ecosistemice existând relații de sinergie și compromis (Gamfeldt et al., 2013; Nelson et al., 2009).

Managementul forestier durabil urmărește echilibrarea funcțiilor economice, ecologice și sociale, fiind susținut și prin sistemele de certificare FSC și PEFC, care promovează gospodărirea responsabilă și conservarea resurselor forestiere (Duncker et al., 2012; Auld et al., 2008).

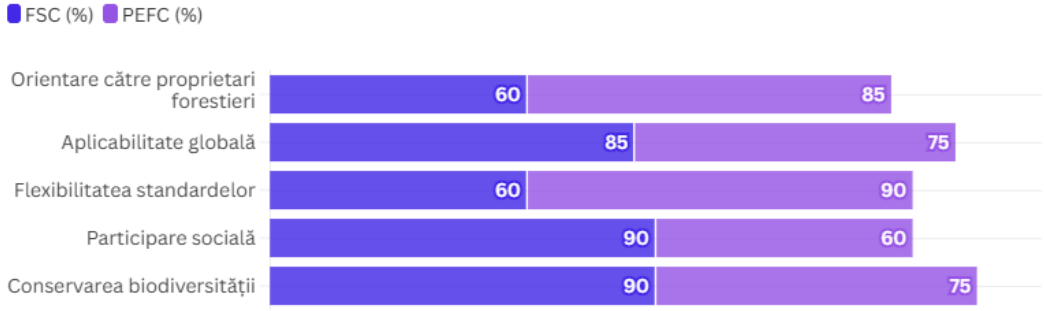

Figura nr. 4 Comparația principalelor caracteristici ale sistemelor de certificare forestieră FSC și PEFC

CAPITOLUL III. ZONA DE STUDIU

III.1. Localizarea și delimitarea zonei de studiu

Zona de studiu este reprezentată de masivul forestier Pădurea Bârnova, situat în sud-estul județului Iași, în Podișul Central Moldovenesc, subunitate a Podișului Moldovei caracterizată prin relief colinar și suprafețe forestiere extinse (Băcăuanu, 1980; Ungureanu, 1993).

În cadrul cercetării, denumirea generică „Pădurea Bârnova" desemnează fondul forestier inclus în siturile Natura 2000 ROSCI0135 Pădurea Bârnova–Repedea și ROSPA0092 Pădurea Bârnova, inclusiv sectoarele de suprapunere ale acestora. Suprafața totală analizată este de 14.852,72 ha, reprezentând unul dintre cele mai importante nuclee forestiere din partea central-estică a Podișului Moldovei.

Din punct de vedere administrativ-silvic, fondul forestier este gestionat de Regia Națională a Pădurilor – Romsilva, prin Direcția Silvică Iași și ocoalele silvice Lunca Cetățuii, Dobrovăț și Pădureni (ICAS, 2018; ICAS, 2019). Teritorial, zona se extinde pe șapte comune: Bârnova, Ciurea, Comarna, Dobrovăț, Grajduri, Schitu Duca și Tomești.

În interiorul zonei de studiu se regăsesc patru rezervații naturale desemnate prin Legea nr. 5/2000: Locul fosilifer Dealul Repedea (5,8 ha), rezervație geologică și paleontologică; Poiana cu Schit (9,5 ha), rezervație floristică; Pietrosu (83 ha) și Poieni–Cărbunăriei (9,2 ha), rezervații forestiere (Sincron, 2015).

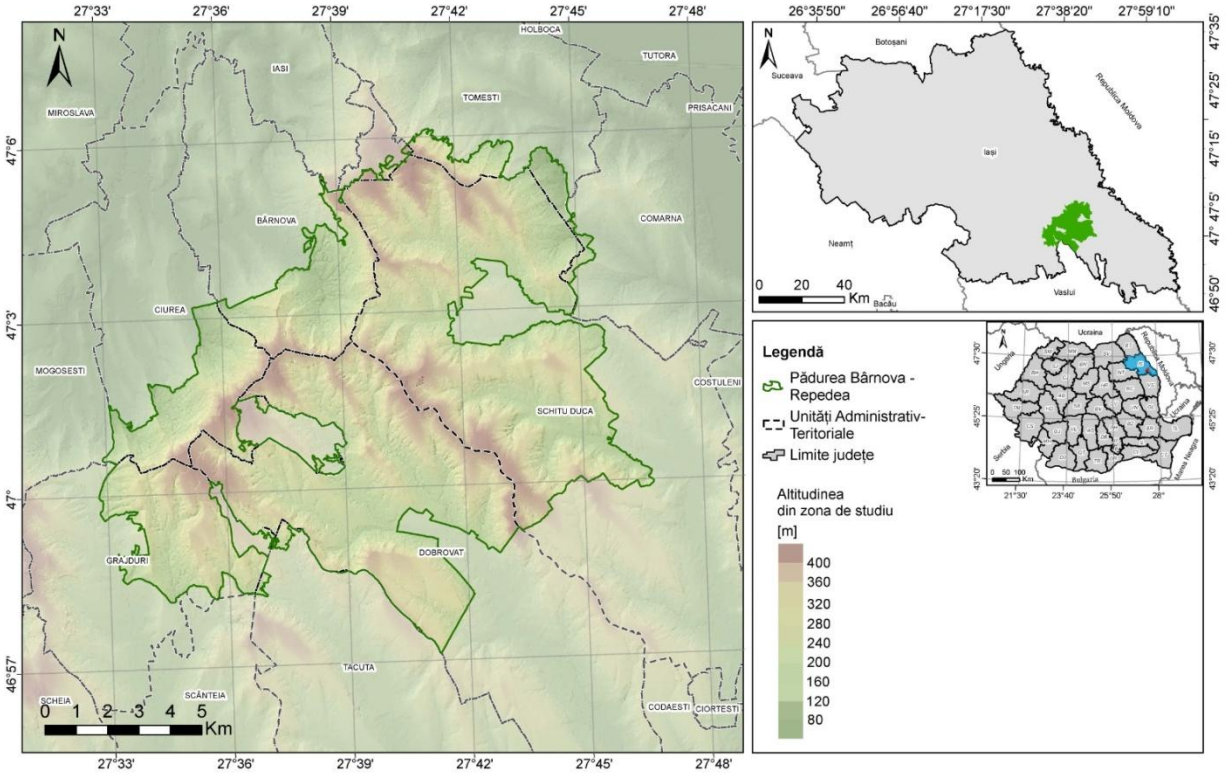

Figura nr. 5 Localizarea zonei de studiu – Pădurea Bârnova, județul Iași, România

III.2. Cadrul fizico – geografic

III.2.1. Relief

Pădurea Bârnova este situată în Podișul Central Moldovenesc, într-un relief colinar dezvoltat pe depozite sedimentare neogene, caracterizat prin interfluvii alungite, culmi domoale și văi adâncite (Băcăuanu et al., 1980; Ungureanu, 1993).

Structura geologică monoclinală și fragmentarea reliefului favorizează procesele de eroziune și alunecările de teren, în special pe versanții cu pante accentuate (Șandru et al., 1972). Altitudinile variază între aproximativ 105 și 415 m, cu o medie de 289 m (Sincron, 2015).

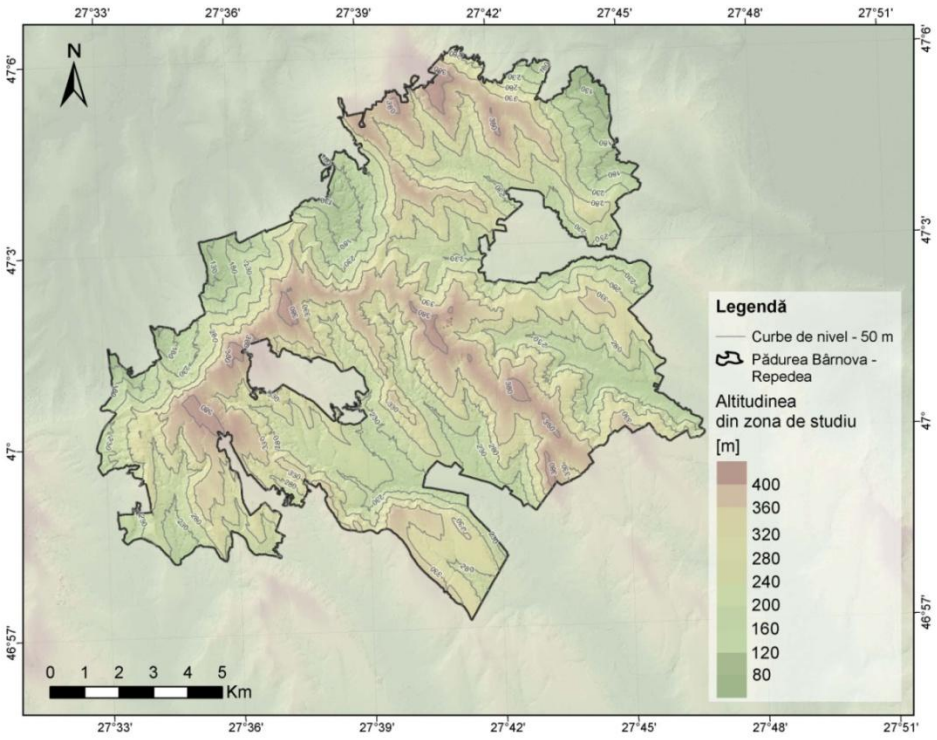

Figura nr. 6 Harta hipsometrică a zonei de studiu – Pădurea Bârnova

III.2.2. Clima

Pădurea Bârnova se caracterizează printr-un climat temperat-continental, cu o temperatură medie anuală de aproximativ 9,6°C și precipitații medii anuale de 650–700 mm, concentrate predominant în sezonul cald. Durata medie anuală de strălucire a soarelui este de 1.647,3 ore, iar umiditatea relativă medie de 75,6%. Analiza datelor climatice evidențiază o tendință de creștere a temperaturilor în perioada 2005–2023, cu posibile implicații asupra vegetației, regimului hidrologic și serviciilor ecosistemice de reglare.

.

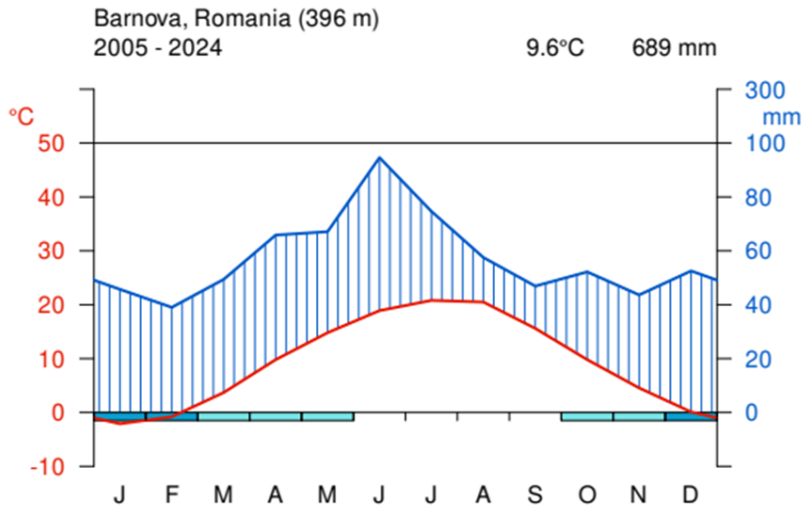

Figura nr. 7 Climograma stației meteorologice Bârnova (396 m), cu variația medie lunară a temperaturii și precipitațiilor (2005–2024). Sursa: prelucrare proprie pe baza datelor ANM.

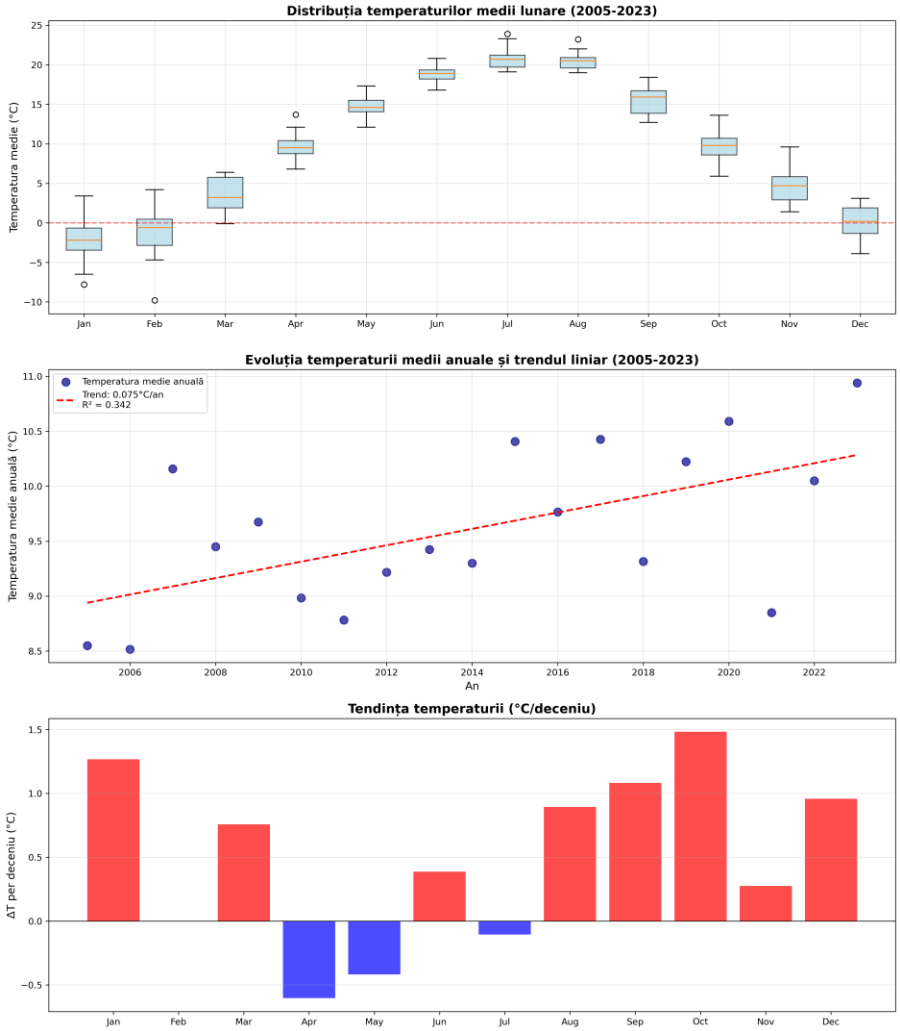

Figura nr. 8 (A) Distribuția temperaturilor medii lunare; (B) Evoluția temperaturii medii anuale și trendul liniar; (C) Tendințele lunare ale temperaturii (°C/deceniu) în Pădurea Bârnova, 2005–2023. Sursa: prelucrare proprie pe baza datelor ANM.

.

III.2.3 Hidrografia

Rețeaua hidrografică a Pădurii Bârnova cuprinde cursuri de apă permanente, semipermanente și temporare, cu alimentare predominant pluvio-nivală și scurgeri medii specifice de aproximativ 1–2 l/s/km² (Sincron, 2015).

Principalele cursuri de apă sunt Nicolina, Valea Tinoasă și Păunul, în partea nordică, respectiv Vasluieț, Cărbunăria, Poiana Lungă, Pietrosu, Cocoara și Dobrovăț, în partea sudică. Debitele prezintă variații sezoniere, fiind influențate de precipitații și topirea zăpezii.

Vegetația forestieră contribuie la reglarea scurgerilor de suprafață și a regimului hidrologic, iar umiditatea din apropierea văilor influențează distribuția habitatelor și a vegetației.

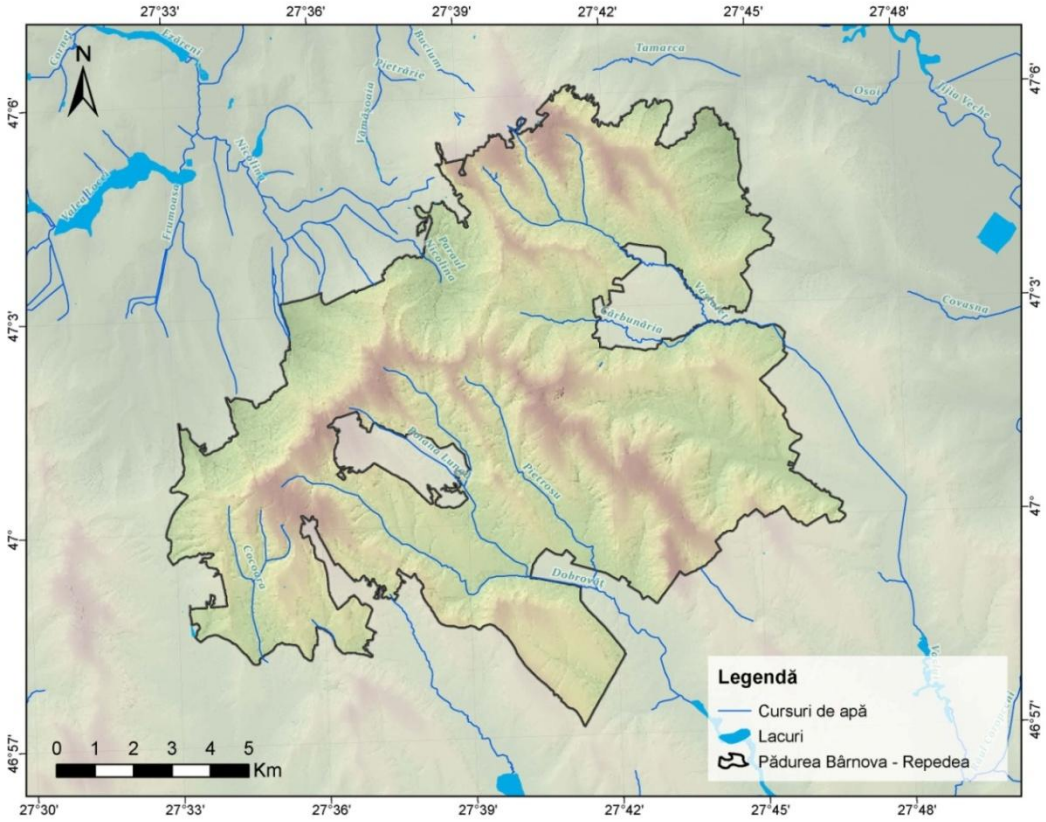

Figura nr. 9 Rețeaua hidrografică și principalele cursuri de apă din zona Pădurii Bârnova–Repedea.

III.2.4. Învelișul de soluri

Învelișul de soluri din Pădurea Bârnova reflectă influența climatului, substratului litologic, reliefului și regimului hidric. Principalele tipuri de sol sunt preluvosolurile, luvosolurile, eutricambosolurile, aluviosolurile și erodosolurile (Florea & Munteanu, 2012).

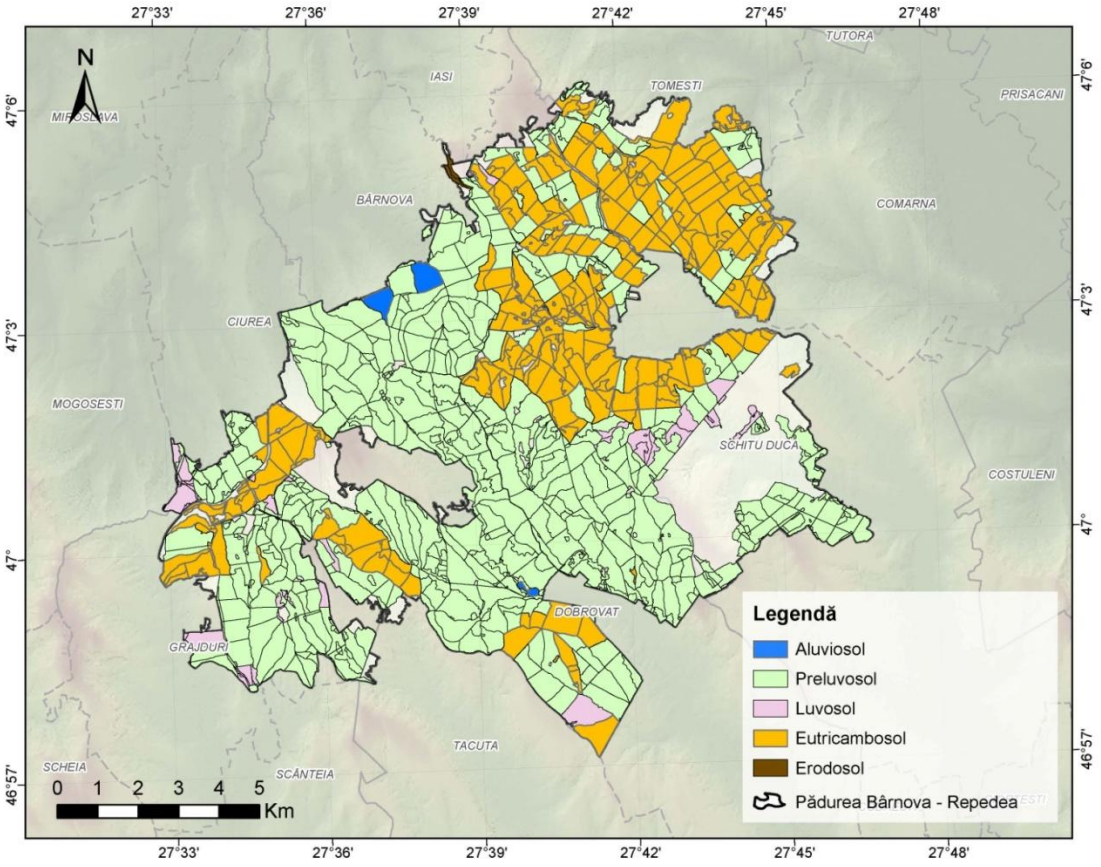

Figura nr. 10 Distribuția principalelor tipuri de sol din arealul Pădurii Bârnova.

Preluvosolurile și eutricambosolurile oferă condiții favorabile dezvoltării vegetației forestiere, în timp ce luvosolurile sunt asociate zonelor cu drenaj deficitar, aluviosolurile văilor, iar erodosolurile versanților afectați de eroziune (Sincron, 2016).

Diversitatea solurilor influențează productivitatea arboretelor și contribuie la reglarea regimului hidrologic, ciclurile biogeochimice și stocarea carbonului, susținând furnizarea serviciilor ecosistemice (Dominati et al., 2010; Adhikari & Hartemink, 2016).

III.2.5. Vegetația, habitatele și fauna

Vegetația Pădurii Bârnova este reprezentativă pentru ecosistemele forestiere de foioase din regiunea colinară a Podișului Central Moldovenesc. Structura și distribuția acesteia sunt influențate de condițiile climatice, relief, soluri, regimul hidric și practicile de gospodărire forestieră (Donisă et al., 2006).

Arboretele sunt alcătuite predominant din fag (*Fagus sylvatica*), gorun (*Quercus petraea*), stejar pedunculat (*Quercus robur*) și carpen (*Carpinus betulus*), alături de specii însoțitoare precum teiul (*Tilia cordata*), paltinul de câmp (*Acer platanoides*), jugastrul (*Acer campestre*) și frasinul (*Fraxinus excelsior*). Stratul ierbos cuprinde specii caracteristice pădurilor mezofile, precum *Asarum europaeum, Carex pilosa, Circaea lutetiana, Galium odoratum și Pulmonaria officinalis*.

Analiza distribuției spațiale a speciilor forestiere dominante, realizată pe baza amenajamentelor silvice ale ocoalelor Dobrovăț, Lunca Cetățuii și Pădureni, evidențiază

predominanța făgetelor, gorunetelor și pădurilor de amestec. Fagul este mai frecvent în zonele cu altitudini ridicate și expoziții nordice, în timp ce gorunul și stejarul pedunculat sunt mai răspândite pe versanții însoriți și pe platouri.

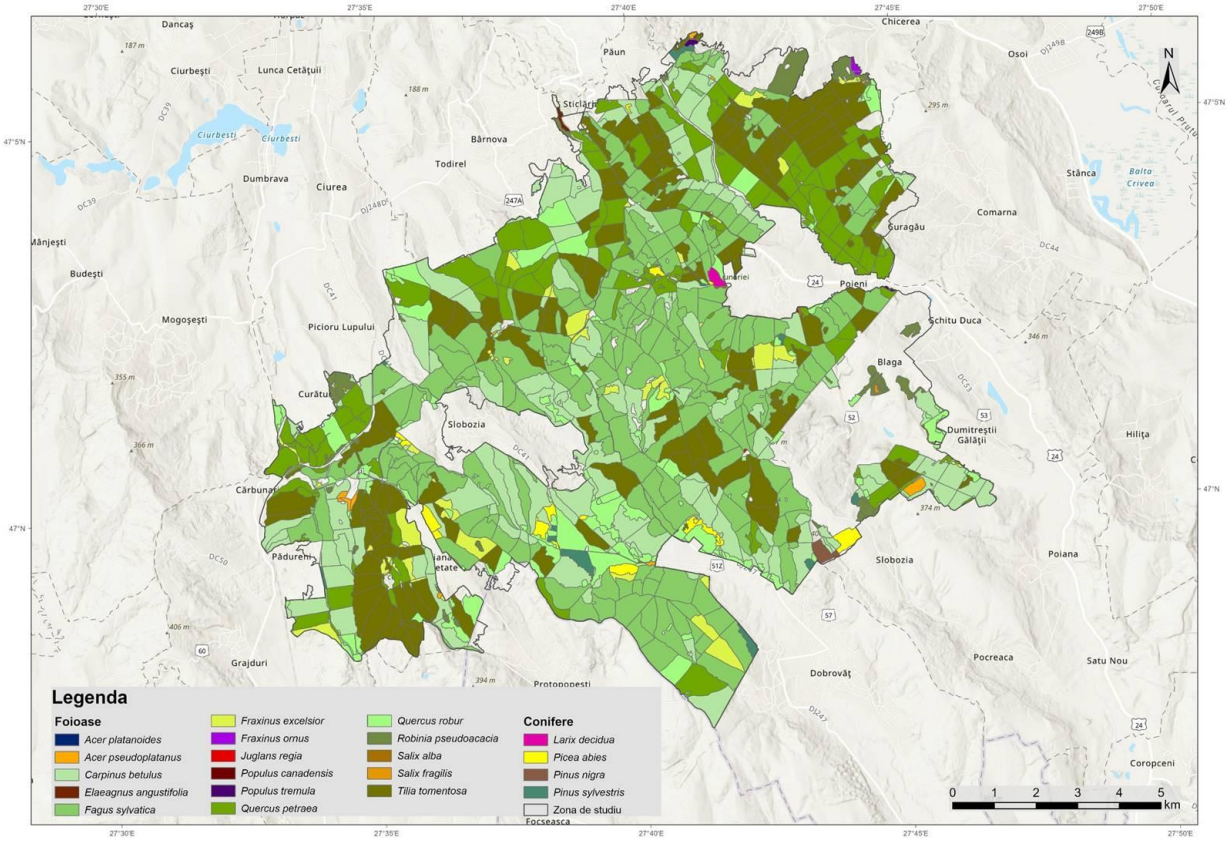

Figura nr. 11 Distribuția speciilor forestiere dominante (element principal) în cadrul sitului Pădurea Bârnova–Repedea, conform amenajamentelor silvice ale ocoalelor silvice Dobrovăț, Lunca Cetățuii și Pădureni.

Analiza suprafețelor ocupate de speciile forestiere evidențiază predominanța fagului, cu aproximativ 8.104 ha (54,56%), urmat de carpen, cu 4.704 ha (31,67%), tei, cu 4.145 ha (27,91%), gorun, cu 2.903 ha (19,55%), și stejar pedunculat, cu 1.566 ha (10,54%). Alte specii, precum frasinul, salcâmul, molidul și pinul, sunt reprezentate pe suprafețe mai reduse. Suprafețele neîmpădurite însumează aproximativ 542 ha (3,65%).

Aceste rezultate confirmă caracterul predominant al pădurilor de foioase și importanța habitatelor forestiere de interes comunitar 9130 – Păduri de fag de tip Asperulo-Fagetum și 91Y0 – Păduri dacice de stejar și carpen. Conform Formularului Standard Natura 2000, habitatul 9130 ocupă aproximativ 33% din suprafața sitului, fiind asociat în special versanților umbriți, solurilor fertile și condițiilor de umiditate relativ ridicată (European Commission, 2013; Ministerul Mediului, 2006).

Habitate naturale

Diversitatea habitatelor din situl ROSAC0135 Pădurea Bârnova–Repedea este influențată de condițiile topografice, pedoclimatice și de gospodărirea forestieră. Principalele habitate de interes comunitar sunt 9130 – Păduri de fag de tip Asperulo-Fagetum, întâlnite predominant la altitudini mai ridicate și pe versanți nordici, și 91Y0 – Păduri dacice de stejar și carpen, dominante la nivelul suprafeței forestiere. Acestora li se adaugă habitate seminaturale cu distribuție restrânsă: 6520 – Fânețe montane, 40C0 – Tufărișuri caducifoliate ponto-sarmatice și 62C0 – Stepe ponto-sarmatice** (Sincron, 2015).

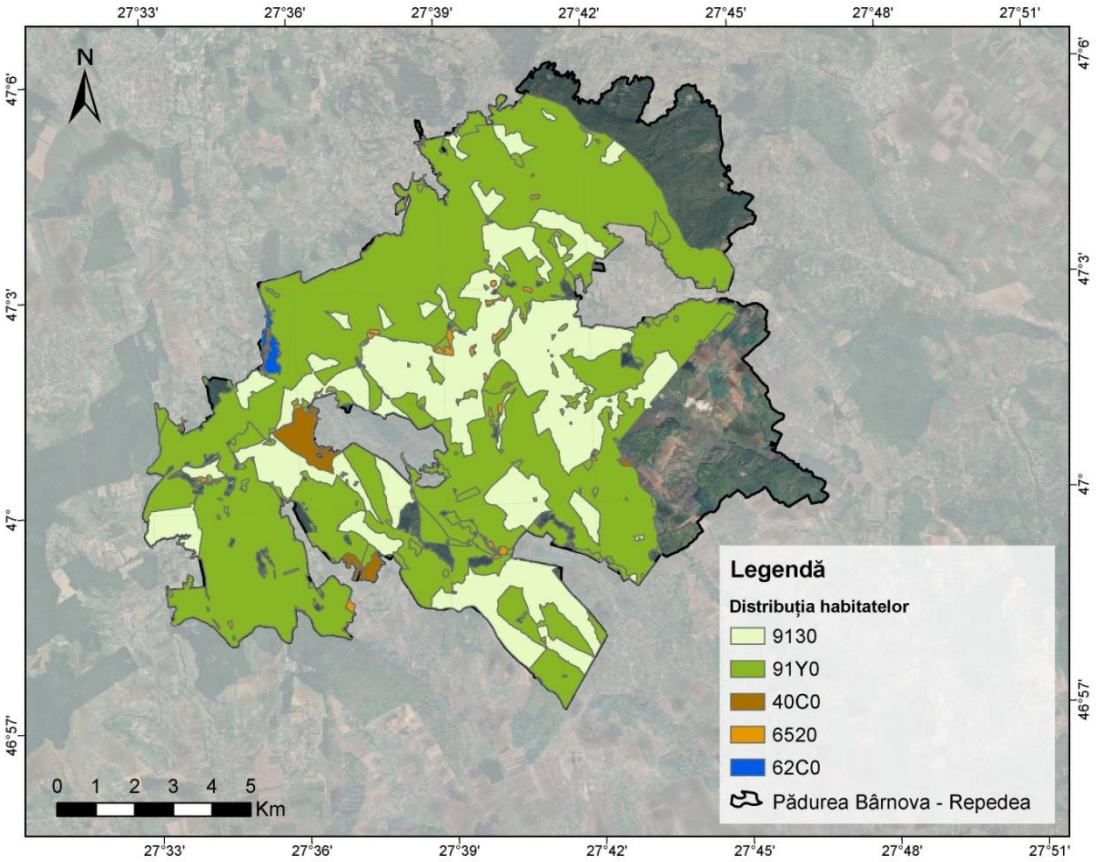

Figura nr. 12 Distribuția habitatelor de interes comunitar și seminaturale în situl Natura 2000 ROSAC0135 Pădurea Bârnova–Repedea

Fauna

Diversitatea habitatelor din Pădurea Bârnova–Repedea favorizează prezența unor specii de interes comunitar, inclusiv lilieci (Myotis myotis, Barbastella barbastellus), popândăul european (Spermophilus citellus) și buhaiul de baltă cu burta roșie (Bombina bombina). O importanță deosebită o prezintă nevertebratele, cu 18 specii de interes comunitar, situl ocupând locul al patrulea la nivel național (Popescu & Gostin, 2025). Avifauna cuprinde peste 100 de specii de păsări, evidențiind valoarea conservativă a habitatelor forestiere și seminaturale (Formularul Standard Natura 2000 ROSPA0092).

CAPITOLUL IV. Metodologia cercetării

IV.1. Concepția metodologică a cercetării

Evaluarea serviciilor ecosistemice furnizate de Pădurea Bârnova a fost fundamentată pe o abordare metodologică integrată, care combină dimensiunile biofizică, economică, socială și spațială ale ecosistemelor forestiere. Având în vedere caracterul multifuncțional al pădurii, utilizarea unei singure metode de evaluare nu ar fi permis surprinderea tuturor relațiilor dintre procesele ecologice și beneficiile furnizate societății.

Cercetarea a utilizat metode complementare, specifice silviculturii, ecologiei, geografiei, teledetecției, sistemelor informaționale geografice și analizelor socioeconomice. Cadrul conceptual a fost reprezentat de clasificarea internațională CICES V5.1 și de recomandările inițiativei europene MAES, adaptate particularităților ecosistemelor forestiere din siturile Natura 2000 care se suprapun peste Pădurea Bârnova.

Metodologia s-a bazat pe integrarea datelor primare și secundare, provenite din amenajamente silvice, evidențe administrative și economice, date climatice, imagini satelitare, analize de laborator, observații de teren și chestionare sociologice. Pentru fiecare categorie de servicii ecosistemice au fost selectați indicatori specifici, care au permis caracterizarea serviciilor de aprovizionare, culturale și de reglare și menținere.

Etapele cercetării au inclus constituirea bazei de date, prelucrarea și integrarea informațiilor, aplicarea metodelor de analiză specifice fiecărei categorii de servicii și evaluarea integrată a multifuncționalității ecosistemelor forestiere.

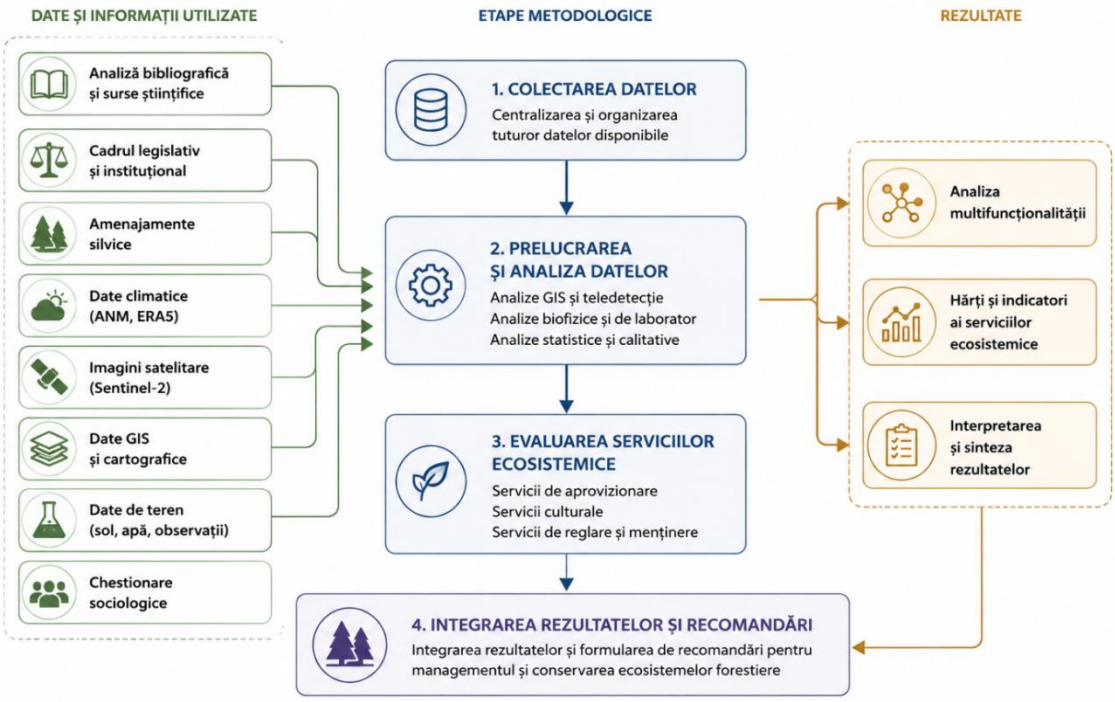

Figura nr. 13 Schema generală a metodologiei cercetării pentru evaluarea serviciilor ecosistemice furnizate de Pădurea Bârnova

IV.2. Sursele de date utilizate în cercetare

Evaluarea integrată a serviciilor ecosistemice a presupus utilizarea unor categorii diverse de date, provenite din surse documentare și instituționale, baze de date geospațiale, produse de teledetecție și activități proprii de teren. Aceste informații au permis caracterizarea ecosistemelor forestiere și selectarea indicatorilor necesari analizelor biofizice, economice și socioculturale.

IV.2.1. Date documentare și instituționale

Documentarea cercetării a inclus literatura științifică, rapoarte tehnice, ghiduri metodologice și documente privind serviciile ecosistemice, silvicultura și managementul ariilor naturale protejate.

Principala sursă de date a fost reprezentată de amenajamentele silvice ale ocoalelor Dobrovăț, Lunca Cetățuii și Pădureni, obținute de la Romsilva în anul 2019. Din acestea au fost extrase informații privind structura arboretelor, caracteristicile staționale, funcțiile forestiere, suprafețele și volumele de masă lemnoasă.

Pentru evaluarea serviciilor de aprovizionare au fost utilizate date administrative și economice din perioada 2017–2023, privind valorificarea produselor lemnoase și nelemnoase, resursele cinegetice și activitățile apicole.

Baza documentară a fost completată cu date privind habitatele și speciile protejate, documentații Natura 2000, planul de management al sitului, precum și serii climatice de aproximativ 30 de ani, furnizate de Administrația Națională de Meteorologie pentru stația Bârnova (Radar).

IV.2.2. Date geospațiale și teledetecție

Datele geospațiale au fost utilizate pentru delimitarea zonei de studiu, reprezentarea distribuției factorilor de mediu, caracterizarea arboretelor și elaborarea hărților tematice privind serviciile ecosistemice.

Pentru analiza reliefului a fost utilizat Modelul Numeric al Terenului (MNT), cu rezoluția spațială de 5 m, descărcat de pe platforma geo-spatial.org. Informațiile privind rețeaua hidrografică, infrastructura rutieră și localitățile au fost preluate din OpenStreetMap, iar limitele siturilor Natura 2000 și distribuția habitatelor de interes comunitar au fost obținute de pe portalul Ministerului Mediului, Apelor și Pădurilor.

Datele vectoriale provenite din amenajamentele silvice au permis reprezentarea spațială a unităților amenajistice, grupelor funcționale, compoziției, vârstei și consistenței arboretelor. Imaginile satelitare Sentinel-2, disponibile prin programul european Copernicus, au fost utilizate pentru caracterizarea vegetației forestiere și calcularea indicatorilor derivați prin teledetecție.

Pentru analiza spațială a caracteristicilor solului și calității apei, coordonatele punctelor de prelevare au fost corelate cu rezultatele analizelor de laborator și integrate într-o bază de date geospațială.

În evaluarea serviciilor culturale au fost utilizate trasee turistice descărcate în format KML de pe platforma Codrii Iașilor, precum și o bază de date proprie cu puncte de interes, incluzând rezervații naturale, obiective turistice, unități de cazare, restaurante și alte facilități recreative.

Toate materialele cartografice au fost elaborate în ArcGIS Pro, utilizând sistemul național de proiecție Stereo 1970.

IV.2.3. Date obținute prin activități de teren

Activitățile de teren au fost desfășurate periodic, în medie cel puțin lunar, pentru colectarea datelor primare și verificarea informațiilor documentare și geospațiale.

Pentru evaluarea serviciilor de reglare și menținere au fost recoltate 103 probe de sol (2020 și 2023) și 26 de probe de apă din fântânile cantoanelor silvice, punctele de prelevare fiind georeferențiate și integrate în GIS.

Componenta socioculturală a fost analizată prin chestionare aplicate fizic în comunitățile locale și chestionare online distribuite în 2023, adresate persoanelor interesate de utilizarea pădurii, indiferent de mediul de proveniență.

Cercetarea a inclus și observații asupra habitatelor, speciilor, patrimoniului natural și cultural și traseelor turistice, completate prin documentare fotografică. Datele colectate au fost integrate cu analizele de laborator și informațiile geospațiale pentru evaluarea serviciilor ecosistemice.

IV. 3. Metode de analiză utilizate

Datele prezentate anterior au fost prelucrate și analizate prin metode specifice fiecărei categorii de informații, utilizând tehnici de analiză spațială, metode biofizice și instrumente statistice. Alegerea acestora a fost determinată de natura datelor și de obiectivele urmărite pentru fiecare categorie de servicii ecosistemice.

V.3.1. Prelucrarea și organizarea bazelor de date

Datele provenite din amenajamentele silvice, evidențele administrative, analizele biofizice, activitățile de teren și chestionarele sociologice au fost centralizate și prelucrate utilizând Microsoft Excel, ArcGIS Pro și Python, prin standardizare, verificare și analiză statistică și spațială.

O etapă esențială a constat în corelarea grupelor funcționale din amenajamentele silvice cu serviciile ecosistemice definite conform CICES V5.1, pentru cartarea distribuției acestora și analiza multifuncționalității forestiere.

Datele economice, climatice și rezultatele analizelor de sol și apă au fost prelucrate statistic și integrate în baze de date. Pentru serviciile culturale au fost analizate răspunsurile la chestionare și datele Strava Metro, utilizate pentru identificarea principalelor trasee recreative și sportive.

Rezultatele au fost reprezentate prin tabele, grafice, hărți tematice și diagrame Sankey, evidențiind caracteristicile ecosistemelor forestiere și relațiile dintre funcțiile pădurii și serviciile ecosistemice.

IV.3.2. Analiza spațială și teledetecția

Constituirea bazei de date geospațiale

Baza de date GIS a fost constituită în ArcGIS Pro, în sistemul de proiecție Stereo 1970, prin integrarea informațiilor amenajistice, a Modelului Numeric al Terenului, a limitelor siturilor Natura 2000, a datelor privind factorii de mediu și a punctelor de prelevare a probelor de sol și apă.

Analiza spațială

Datele amenajistice au fost utilizate pentru elaborarea hărților privind structura arboretelor, speciile dominante, vârsta, consistența și grupele funcționale. Distribuția spațială a parametrilor de sol și apă a fost estimată prin metoda Inverse Distance Weighted (IDW), utilizând un exponent de ponderare de 2, o rezoluție raster de 50 m, rază de căutare variabilă și 12 puncte vecine. Rezultatele au fost reprezentate prin hărți tematice, evidențiind variațiile spațiale ale indicatorilor analizați. Pentru serviciile culturale au fost cartografiate obiectivele naturale și antropice, traseele turistice și infrastructura recreativă.

Analiza prin teledetecție

Analiza vegetației forestiere a utilizat imagini satelitare Sentinel-2 Level-2A, din perioada 2017–2024, selectate pentru sezonul de vegetație și cu acoperire redusă de nori. Prelucrarea în ArcGIS Pro și Python a inclus calcularea indicelui NDVI, pe baza benzilor spectrale B4 (roșu) și B8 (infraroșu apropiat). Valorile NDVI au fost corelate cu informațiile amenajistice, caracteristicile topografice și datele climatice ERA5-Land, pentru analiza variațiilor spațiale și temporale ale vegetației forestiere.

Contribuția analizei spațiale și teledetecției la evaluarea serviciilor ecosistemice

Integrarea datelor amenajistice, satelitare, climatice și biofizice a permis caracterizarea spațială a ecosistemelor forestiere, elaborarea hărților tematice și analiza relațiilor dintre vegetație, factorii de mediu și serviciile ecosistemice furnizate de Pădurea Bârnova.

IV.3.3. Analize biofizice

Analizele biofizice au urmărit caracterizarea proprietăților solului și a calității apei, în vederea evaluării serviciilor ecosistemice de reglare și menținere. Metodologia a inclus recoltarea probelor, determinările de laborator și integrarea rezultatelor în analiza spațială GIS.

Analiza probelor de sol

Pentru evaluarea capacității de stocare a carbonului au fost analizate 103 probe de sol, recoltate în campaniile din 2020 și 2023, din puncte stabilite pe baza unui caroiaj regulat și georeferențiate. Probele au fost prelevate din orizontul superior al solului, uscate, omogenizate și sitate la dimensiuni sub 2 mm.

Au fost determinați carbonul total (TC), carbonul anorganic total (TIC), carbonul organic total (TOC) și densitatea aparentă a solului. Determinările carbonului au fost realizate prin combustie la temperatură înaltă, utilizând analizorul Analytik Jena multi N/C 2100, echipat cu modulul HT 1300, și detecție în infraroșu nedispersiv (NDIR). Pentru determinarea TIC, probele au fost tratate cu HCl 0,2 N, conform principiilor standardului ISO 10693.

Carbonul organic total a fost calculat prin diferența dintre TC și TIC, iar stocul de carbon organic (SOC Stock) a fost estimat pe baza conținutului de carbon organic, a densității aparente și a grosimii stratului de sol analizat.

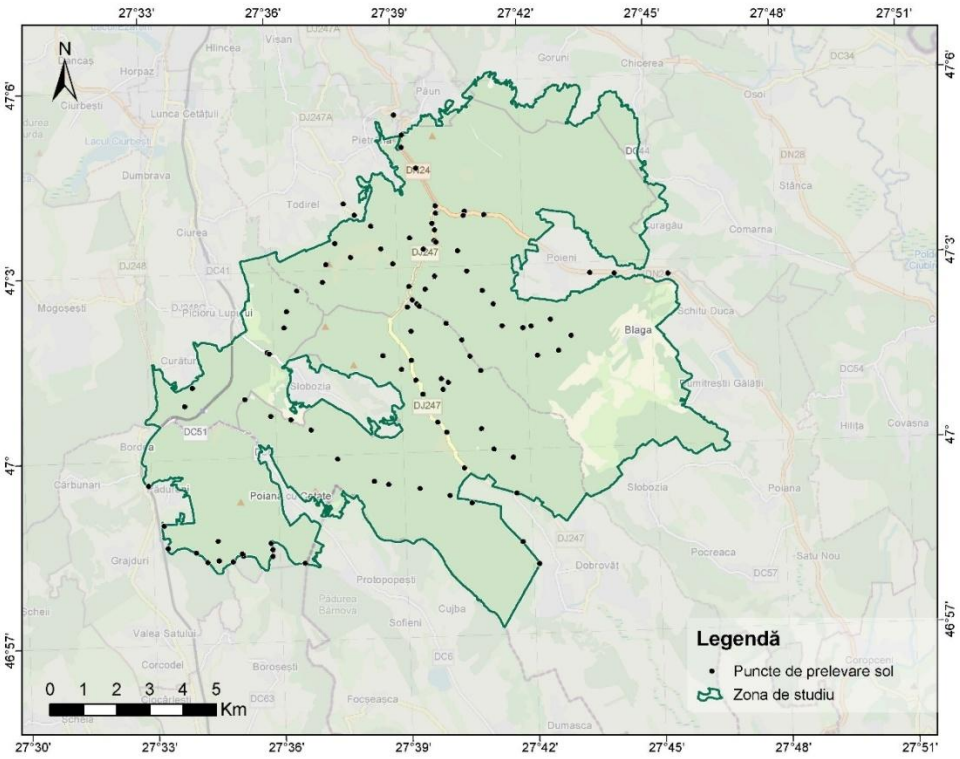

Figura nr. 14 Localizarea punctelor de prelevare a probelor de sol în Pădurea Bârnova

Determinarea carbonului total (TC) a fost realizată prin combustie la temperaturi de 900–1000°C, utilizând analizorul Analytik Jena multi N/C 2100, echipat cu modulul HT 1300 și sistem de detecție NDIR. Carbonul anorganic total (TIC) a fost determinat pe probe tratate cu HCl 0,2 N, conform principiilor standardului ISO 10693.

Carbonul organic total (TOC) a fost calculat indirect, prin diferența dintre carbonul total și carbonul anorganic:

$$\boldsymbol{TC = TIC + TOC}$$

de unde rezultă:

$$\boldsymbol{TOC = TC - TIC}$$

Pe baza valorilor TOC, a densității aparente și a grosimii stratului analizat, a fost estimat stocul de carbon organic din sol, exprimat în tone de carbon pe hectar:

$$SOC\ Stock\ (t\ C\ ha^{-1}) = TOC\ (\%) \times DA\ (g\ cm^{-3}) \times H\ (cm) \times 0{,}1$$

unde TOC reprezintă conținutul de carbon organic (%), DA – densitatea aparentă (g/cm³), H – grosimea stratului de sol (cm), iar 0,1 – factorul de conversie.

Analiza probelor de apă

Pentru evaluarea calității apei au fost recoltate 26 de probe din fântânile cantoanelor silvice din zona Pădurii Bârnova–Repedea, punctele de prelevare fiind georeferențiate.

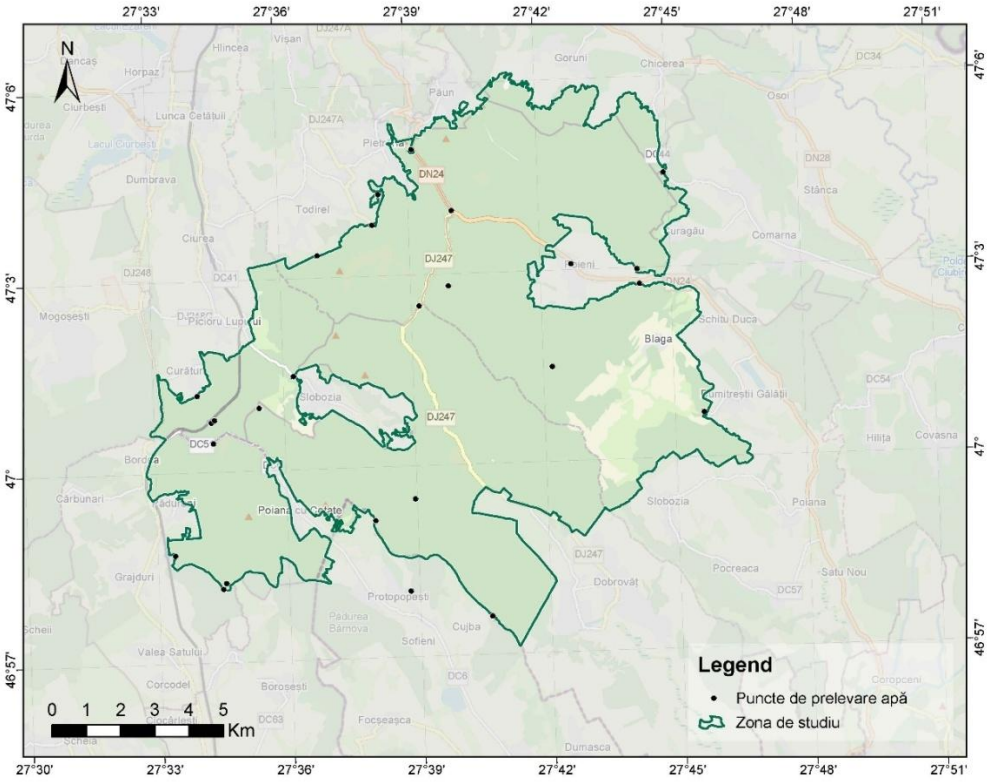

Figura nr. 15 Distribuția spațială a punctelor de prelevare a probelor de apă

Probele de apă au fost analizate în cadrul Laboratorului Facultății de Geografie și Geologie, fiind determinați următorii parametri fizico-chimici: oxigenul dizolvat (DO), pH-ul, conductivitatea electrică, amoniul (NH_4^+), nitrații (NO_3^-), duritatea totală, calciul și magneziul. Concentrațiile au fost calculate pe baza determinărilor de laborator, inclusiv prin spectrofotometrie și titrare cu EDTA. Rezultatele au fost prelucrate în Microsoft Excel și integrate în ArcGIS Pro, pentru analiza distribuției spațiale prin metoda de interpolare IDW.

IV.3.4. Chestionarele sociologice

Evaluarea sociologică a urmărit percepțiile populației asupra serviciilor ecosistemice furnizate de Pădurea Bârnova, în special asupra beneficiilor culturale și a utilizării resurselor forestiere (Daniel et al., 2012; Chan et al., 2016).

Au fost utilizate două chestionare distincte: unul aplicat fizic în comunitățile locale, privind utilizarea resurselor forestiere, beneficiile economice și conservarea naturii, și unul distribuit online persoanelor interesate de Pădurea Bârnova, indiferent de domiciliu, axat pe recreere, turism și percepția funcțiilor ecologice.

Răspunsurile au fost analizate prin statistici descriptive și analiză tematică, permițând compararea percepțiilor asupra serviciilor de aprovizionare, culturale și de reglare și menținere (Braun & Clarke, 2006).

Caracterizarea eșantionului
Structura socio-demografică a respondenților la chestionarul aplicat fizic

În cazul chestionarului aplicat fizic, femeile au reprezentat 59% dintre respondenți, iar bărbații 41%. Structura pe vârste a evidențiat predominanța persoanelor mature și vârstnice, cele mai reprezentate categorii fiind 60–70 ani (28,6%) și 70–80 ani (22,9%). Această distribuție este relevantă pentru interpretarea relației directe a comunităților locale cu resursele forestiere.

Structura socio-demografică a respondenților la chestionarul aplicat online

În cazul chestionarului online, distribuția pe sexe a fost relativ echilibrată, cu 57,1% femei și 42,9% bărbați. Respondenții au fost concentrați predominant în grupele de vârstă 31–45 ani și 18–30 ani, fiind caracterizate printr-o pondere ridicată persoanele cu studii superioare. Acest profil se diferențiază de cel al comunităților locale și este relevant pentru interpretarea utilizării recreative, educaționale și estetice a pădurii.

IV.4. Metodologia evaluării serviciilor ecosistemice

Evaluarea serviciilor ecosistemice furnizate de Pădurea Bârnova a fost realizată prin integrarea informațiilor biofizice, spațiale și socioeconomice, utilizând indicatori adaptați celor trei categorii principale de servicii definite prin CICES V5.1.

IV.4.1. Metodologia cartografierii serviciilor ecosistemice dominante

Cartografierea serviciilor ecosistemice a utilizat unitatea amenajistică (u.a.) ca unitate de analiză, pe baza grupelor funcționale și a celor 18 subgrupe identificate în amenajamentele silvice.

Acestea au fost corelate cu clasificarea CICES V5.1, atribuindu-se niveluri de potențial relativ de la 1 la 3 (scăzut, mediu, ridicat). Serviciul cu potențialul cel mai ridicat a fost considerat dominant, permițând reprezentarea distribuției sale spațiale.

IV.4.2. Evaluarea serviciilor de aprovizionare

Evaluarea serviciilor de aprovizionare s-a bazat pe informațiile din amenajamentele silvice, evidențele privind recoltarea și valorificarea produselor forestiere, observațiile de teren și chestionarele aplicate comunităților locale. Au fost analizate resursele lemnoase și nelemnoase, disponibilitatea și utilizarea acestora, precum și importanța economică și alimentară pentru populație.

IV.4.3. Evaluarea serviciilor culturale

Serviciile culturale au fost evaluate prin integrarea analizelor GIS, a observațiilor de teren și a rezultatelor chestionarelor sociologice. Au fost analizate obiectivele naturale și antropice, traseele turistice, infrastructura recreativă și percepțiile privind beneficiile recreative, educative, spirituale și identitare asociate Pădurii Bârnova.

IV.4.4. Evaluarea serviciilor de reglare

Evaluarea serviciilor de reglare și menținere a integrat analizele de sol și apă, datele climatice, informațiile amenajistice și indicatorii obținuți prin teledetecție, urmărind stocarea carbonului, calitatea solului și apei, caracteristicile arboretelor și biodiversitatea.

Categoria serviciilor ecosistemice	Surse de date	Metode utilizate	Indicatori principali
Aprovizionare	Amenajamente silvice, baze de date ale ocoalelor silvice, chestionare, observații de teren	Analiză descriptivă, GIS, analiză statistică	Produse forestiere lemnoase și nelemnoase, producția cinegetică, apicultură, utilizarea resurselor
Culturale	Chestionare, observații de teren, analiză GIS, trasee și obiective de interes	Analiză spațială, analiză sociologică	Recreere, educație, patrimoniu cultural, valori spirituale și identitare
Reglare și menținere	Amenajamente silvice, analize de sol și apă, date climatice, NDVI	Analize biofizice, GIS, teledetecție, analiză statistică	Stoc de carbon, proprietățile solului, calitatea apei, habitate, biodiversitate, condiții climatice
Cartografierea serviciilor ecosistemice	Grupe și subgrupe funcționale din amenajamente, clasificarea CICES V5.1	Asocierea grupelor funcționale cu CICES, clasificarea potențialului, cartografiere GIS	Serviciul ecosistemic dominant, distribuția spațială a serviciilor ecosistemice

Tabelul nr. 1 Sinteza surselor de date, a metodelor și a indicatorilor utilizați în evaluarea serviciilor ecosistemice

IV.5. Analiza multifuncționalității serviciilor ecosistemice

Analiza multifuncționalității a urmărit identificarea serviciilor ecosistemice asociate simultan acelorași suprafețe forestiere, prin corelarea grupelor și subgrupelor funcționale din amenajamentele silvice cu clasificarea CICES V5.1. Relațiile identificate au fost reprezentate prin diagrame Sankey, evidențiind conexiunile dintre funcțiile pădurii și serviciile de aprovizionare, culturale și de reglare și menținere.

V. Evaluarea serviciilor ecosistemice

V.1. Structura funcțională a ecosistemelor forestiere – baza evaluării serviciilor ecosistemice

Evaluarea structurii funcționale a Pădurii Bârnova a evidențiat predominanța pădurilor încadrate în Grupa I – păduri cu funcții speciale de protecție, în timp ce suprafețele cu funcții de producție (Grupa a II-a) prezintă o distribuție fragmentată, predominant periferică. Această caracteristică se regăsește la nivelul tuturor celor trei ocoale silvice analizate – Dobrovăț, Lunca Cetățuii și Pădureni –, cu diferențe locale privind distribuția arboretelor de producție.

Distribuția grupelor funcționale principale la nivelul întregii suprafețe analizate

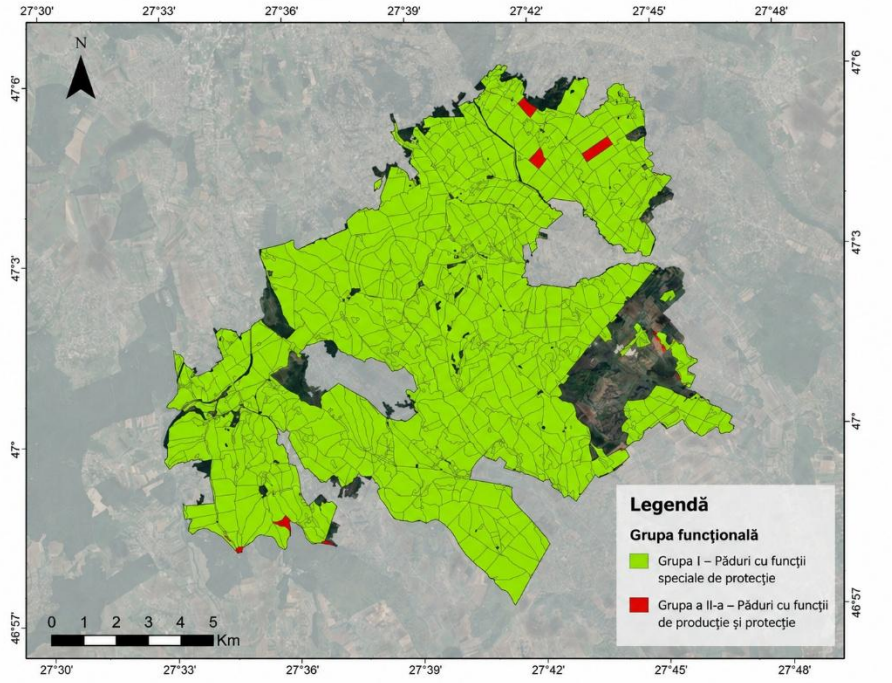

Figura nr. 16 Distribuția grupelor funcționale principale la nivelul sitului Natura 2000 Pădurea Bârnova–Repedea

Analiza detaliată a identificat 18 subgrupe funcționale principale, corespunzătoare diferitelor obiective de management forestier. Dintre acestea, subgrupa 5M – păduri incluse în ariile protejate din rețeaua ecologică Natura 2000 ocupă cea mai mare suprafață, respectiv 10.891,01 ha, reprezentând peste 84% din suprafața analizată din perspectiva încadrării funcționale.

Celelalte subgrupe ocupă suprafețe considerabil mai reduse, dintre care se remarcă 4I – arborete din complexuri de vânătoare (654,96 ha), 4B – arborete din jurul localităților (385,06 ha), 5P – păduri naturale seculare (218,01 ha), 5L – păduri destinate conservării resurselor genetice (217,28 ha) și 5H – rezervații seminologice (164,96 ha). Subgrupele cu funcții predominant productive (1A, 1B și 1D) prezintă ponderi reduse.

Distribuția subgrupelor funcționale principale

Distribuția subgrupelor funcționale principale a fost analizată atât din punct de vedere cantitativ, cât și spațial.

Cod subgrupă funcțională	Denumire	Suprafață totală (ha)
1A	Arboretele destinate să producă, în principal, arbori groși și foarte groși de calitate superioară, în vederea producerii de lemn de rezonanță și claviatură	15,56
1B	Arboretele destinate să producă, în principal, lemn pentru cherestea	86,89
1D	Arboretele destinate să producă, în principal, arbori mijlocii și subțiri pentru celuloză, construcții rurale și alte produse din lemn	0,01
2A	Arboretele situate pe stâncării, pe grohotișuri, pe terenuri cu eroziune în adâncime și pe terenuri cu înclinarea mai mare de 30 grade pe substrate de fliș (facies marnos, marno-argilos și argilos), nisipuri, pietrișuri și loess, precum și cele situate pe terenuri cu înclinare mai mare de 35 grade, pe alte substrate litologice	1,04
2B	Arboretele constituite din subparcele întregi, limitrofe drumurilor publice de interes deosebit și căilor ferate normale, din zonele cu relief accidentat, situate pe terenuri cu înclinare mai mare de 25 grade și cu pericol de alunecare	5,17
2E	Plantațiile forestiere de pe terenuri degradate	67,19
2H	Arboretele situate pe terenuri alunecătoare	1,37
2I	Arboretele situate pe terenuri cu înmlăștinare permanentă	3,76
2L	Arboretele situate pe terenuri cu substraturi litologice foarte vulnerabile la eroziuni și alunecări, cu pante cuprinse până la limitele indicate la categoria 1.2.a	17,59
4B	Arboretele din jurul localităților, precum și arboretele din intravilan	385,06
4E	Benzi de pădure constituite din subparcele întregi situate de-a lungul căilor de comunicații de importantă națională și internațională	118,94
4I	Arboretele din complexuri de vânătoare și crescătorii de vânat autorizate, destinate creșterii intensive a vânatului, în scopul recreerii prin vânătoare	654,96
5C	Arboretele cuprinse în rezervații naturale, cu regim strict de protecție	101,67
5H	Arboretele constituite ca rezervații seminologice	164,96
5K	Arboretele din parcuri dendrologice și arboretumuri	1,44
5L	Arboretele din păduri destinate conservării resurselor genetice	217,28
5M	Păduri incluse în ariile protejate cuprinse în rețeaua ecologică Natura 2000	10.891,01
5P	Arboretele incluse în păduri naturale seculare de valoare deosebită	218,01

Tabelul nr. 2 Suprafețele ocupate de subgrupele funcționale principale

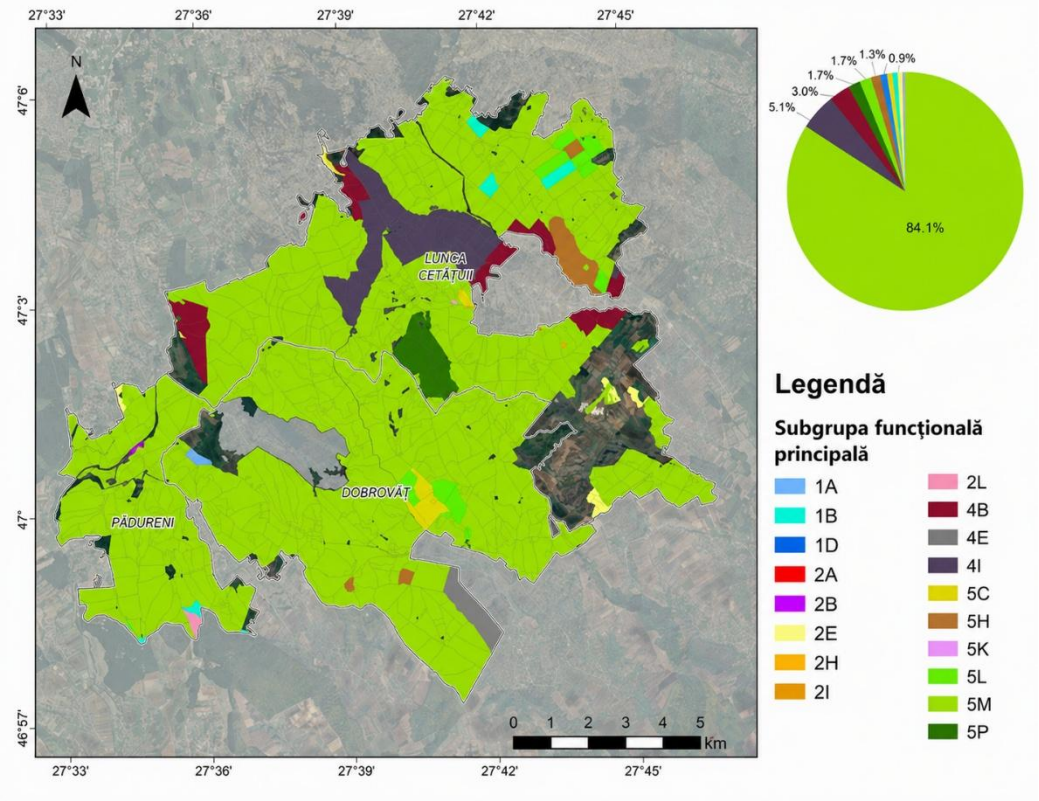

Figura nr. 17 Harta subgrupelor funcționale principale din Pădurea Bârnova

Notă. Poligoanele fără încadrare funcțională corespund, în majoritatea cazurilor, poienilor forestiere și, într-o proporție redusă, cantoanelor silvice sau altor elemente construite. Acestea au fost păstrate în reprezentările cartografice pentru asigurarea continuității spațiale, fiind tratate distinct în analizele ulterioare.

Distribuția spațială evidențiază continuitatea subgrupei 5M la nivelul masivului forestier, în timp ce celelalte subgrupe apar fragmentar, fiind asociate unor funcții specifice de protecție, conservare, recreere sau producție. Poligoanele fără încadrare funcțională corespund predominant poienilor forestiere și, într-o proporție redusă, cantoanelor silvice sau altor suprafețe construite, fiind tratate distinct în analizele ulterioare.

În ansamblu, structura funcțională confirmă orientarea predominantă către conservare și protecție, constituind baza evaluării serviciilor ecosistemice și a multifuncționalității Pădurii Bârnova.

V.2. Servicii de aprovizionare

Evaluarea serviciilor ecosistemice de aprovizionare a urmărit identificarea principalelor resurse materiale furnizate de Pădurea Bârnova și a modului în care acestea sunt utilizate de comunitățile locale. Analiza a integrat rezultatele chestionarelor sociologice, informațiile din amenajamentele silvice și datele furnizate de ocoalele silvice.

V.2.1. Produse forestiere nelemnoase

Produsele forestiere nelemnoase reprezintă o componentă importantă a serviciilor de aprovizionare, contribuind la diversificarea resurselor alimentare, menținerea practicilor tradiționale și, într-o măsură mai redusă, la obținerea unor venituri suplimentare. Au fost analizate plantele spontane comestibile, plantele medicinale, ciupercile și alte resurse forestiere valorificate de populație.

V.2.1.1. Plante spontane

Utilizarea plantelor spontane în comunitățile locale

Rezultatele chestionarelor aplicate comunităților locale evidențiază utilizarea predominantă a plantelor spontane pentru consum propriu, comercializarea având o importanță secundară. Printre resursele frecvent menționate se numără socul (*Sambucus nigra*), leurda (*Allium ursinum*), urzica (*Urtica dioica*), murele și alte fructe de pădure.

În funcție de utilizarea alimentară, cele mai reprezentate categorii au fost plantele erbacee comestibile (58,1%), fructele provenite de la arbuști și pomi spontani (38,7%) și fructele de pădure (35,5%).

În cazul chestionarului online, fructele de pădure au reprezentat categoria dominantă (44,1%), urmate de plantele erbacee comestibile și fructele provenite de la arbuști și pomi spontani (35,3% fiecare). Nucile și semințele au înregistrat 5,9%, iar 8,8% dintre respondenți au declarat că nu utilizează astfel de resurse.

Percepția privind utilizarea plantelor spontane în cadrul chestionarului online

Diferențele dintre cele două categorii de respondenți evidențiază particularități ale utilizării resurselor forestiere, influențate de accesibilitatea acestora și de relația directă cu ecosistemul forestier.

V.2.1.2. Plante medicinale

Utilizarea plantelor medicinale în comunitățile locale

Utilizarea plantelor medicinale evidențiază menținerea practicilor tradiționale în comunitățile din proximitatea Pădurii Bârnova. Cele mai frecvent menționate specii includ teiul, socul, sunătoarea, mușețelul și coada-șoricelului, valorificate predominant pentru consum propriu.

Clasificarea în funcție de utilizare evidențiază predominanța plantelor pentru ceaiuri uzuale (77,4%), urmate de arborii și arbuștii cu utilizări medicinale (58,1%), plantele cu utilizări medicinale specifice (38,7%) și plantele depurative și tonice (35,5%). În cazul respondenților online, plantele pentru ceaiuri uzuale reprezintă, de asemenea, categoria principală (64,7%), însă diversitatea utilizărilor este mai redusă. Totodată, 17,6% dintre respondenți au declarat că nu utilizează plante medicinale.

Percepția privind utilizarea plantelor medicinale în cadrul chestionarului online

Compararea rezultatelor indică o legătură mai puternică a comunităților locale cu practicile tradiționale de recoltare și utilizare a plantelor medicinale, în timp ce utilizarea acestora în rândul respondenților online este mai restrânsă.

V.2.1.3. Ciuperci

Utilizarea ciupercilor în comunitățile locale

Ciupercile comestibile constituie o resursă alimentară importantă pentru comunitățile din zona Pădurii Bârnova, fiind utilizate predominant pentru consum propriu. Rezultatele chestionarelor locale evidențiază frecvențe ridicate pentru hribi (73%) și ghebe (70%), urmate de gălbiori și pănișoare (19% fiecare). În ceea ce privește valorificarea, 70% dintre respondenți au indicat utilizarea ciupercilor pentru consum propriu, iar 30% pentru obținerea unor venituri suplimentare.

Percepția privind utilizarea ciupercilor în cadrul chestionarului online

Rezultatele chestionarului online evidențiază predominanța ghebelor/opinticilor/bureților (61,3%) și a hribilor (51,6%) în rândul ciupercilor menționate de respondenți, urmate de gălbiori (9,7%), răștovi și pănișoare (câte 6,5%). Aceste rezultate reflectă interesul pentru valorificarea ciupercilor ca resurse forestiere nelemnoase.

V.2.1.4. Resurse melifere

Resursele melifere furnizate de vegetația forestieră contribuie la susținerea activităților apicole din zona Pădurii Bârnova. Rezultatele chestionarelor evidențiază percepția favorabilă a comunităților locale asupra rolului pădurii în polenizare și în asigurarea resurselor necesare producției apicole.

Pentru evaluarea utilizării efective a resurselor melifere au fost analizate datele furnizate de ocoalele silvice Dobrovăț, Lunca Cetățuii și Pădureni, privind numărul de stupi și autorizațiile pentru amplasarea temporară a stupinelor în fondul forestier, în perioada 2017–2023.

Analiza evoluției anuale evidențiază faptul că Ocolul Silvic Lunca Cetățuii a înregistrat cele mai ridicate efective de stupi pe întreaga perioadă, urmat de Pădureni și Dobrovăț. Valorile maxime au fost înregistrate în anul 2018, în special la Lunca Cetățuii și Pădureni.

Numărul autorizațiilor pentru amplasarea stupinelor a prezentat fluctuații anuale, fără o tendință accentuată de diminuare, indicând menținerea interesului pentru utilizarea fondului forestier în scop apicol. Analiza cumulată a numărului de stupi și a autorizațiilor evidențiază diferențe între cele trei ocoale silvice în ceea ce privește intensitatea activităților apicole și utilizarea resurselor melifere.

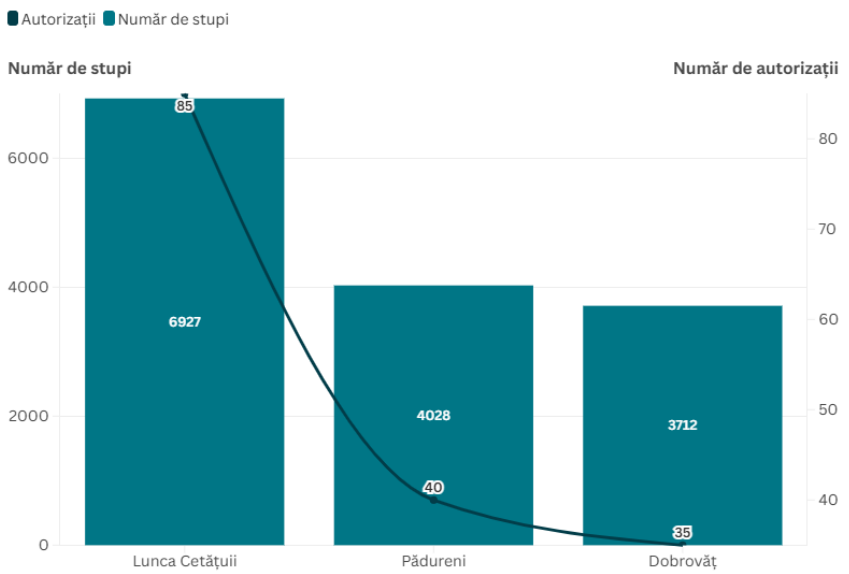

Figura nr. 18 Situația cumulată a numărului de autorizații și a efectivelor totale de stupi pentru ocoalele silvice analizate

Rezultatele confirmă contribuția ecosistemelor forestiere la susținerea apiculturii locale, atât prin furnizarea resurselor melifere, cât și prin posibilitatea amplasării temporare a stupinelor. Menținerea activităților apicole în perioada analizată evidențiază importanța acestui serviciu de aprovizionare pentru economia locală.

V.2.1.5 Valorificarea economică a produselor forestiere nelemnoase

Evaluarea economică a produselor forestiere nelemnoase a fost realizată pe baza datelor oficiale furnizate de Direcția Silvică Iași și de cele trei ocoale silvice analizate, pentru perioada 2017–2023. Spre deosebire de informațiile obținute prin chestionare, aceste date reflectă cantitățile efectiv valorificate și veniturile înregistrate, permițând cuantificarea contribuției economice a principalelor resurse: carnea de vânat, floarea de tei și măceșele.

Carnea de vânat

Analiza cantităților valorificate evidențiază diferențe între cele trei ocoale silvice. Ocolul Silvic Dobrovăț a înregistrat cele mai ridicate cantități, atingând aproximativ 6,2 tone în 2019 și 8,8 tone în 2023, precum și cele mai mari venituri, care au depășit 75.000 lei în anul 2023. În cadrul Ocolului Silvic Lunca Cetățuii, cantitățile și veniturile au prezentat o tendință descendentă după anul 2018, în timp ce Ocolul Silvic Pădureni a înregistrat fluctuații moderate, cu o revenire după anul 2020.

Floare de tei

Valorificarea florii de tei a prezentat variații anuale ale cantităților recoltate și veniturilor obținute. Ocolul Silvic Lunca Cetățuii a înregistrat cele mai mari cantități în perioada 2017–2018, depășind 4 tone anual, urmate de o scădere până în 2021 și o revenire parțială în 2023. În Ocolul

Silvic Dobrovăț au fost observate fluctuații mai pronunțate, cu valori ridicate în 2019 și 2023, în timp ce Pădureni a prezentat o evoluție relativ mai stabilă.

Veniturile au urmat, în general, dinamica recoltării, fiind influențate și de condițiile de valorificare economică.

Măceșe

Analiza valorificării măceșelor evidențiază evoluții diferențiate între ocoalele silvice. Dobrovăț a prezentat cele mai mari fluctuații ale cantităților colectate, cu valori maxime în 2019 și 2023 și reduceri importante în perioada 2020–2022. La Lunca Cetățuii s-a observat o tendință generală descendentă, în special după 2019, în timp ce Pădureni a înregistrat o evoluție mai stabilă, cu variații anuale relativ reduse.

În ansamblu, rezultatele evidențiază contribuția economică a produselor forestiere nelemnoase, dar și diferențele spațiale și temporale ale valorificării acestora. Variațiile cantităților recoltate și ale veniturilor subliniază influența condițiilor naturale, a particularităților de administrare și a dinamicii pieței asupra beneficiilor economice furnizate de ecosistemele forestiere.

V.2.2. Produse forestiere lemnoase

Aprovizionarea cu biomasă lemnoasă

Evaluarea serviciilor ecosistemice de aprovizionare cu produse forestiere lemnoase a urmărit atât distribuția spațială a potențialului de furnizare a biomasei lemnoase, cât și dinamica valorificării economice a acesteia în perioada 2017–2023. Analiza a fost realizată prin integrarea informațiilor din amenajamentele silvice și a datelor oficiale furnizate de Direcția Silvică Iași și de cele trei ocoale silvice analizate.

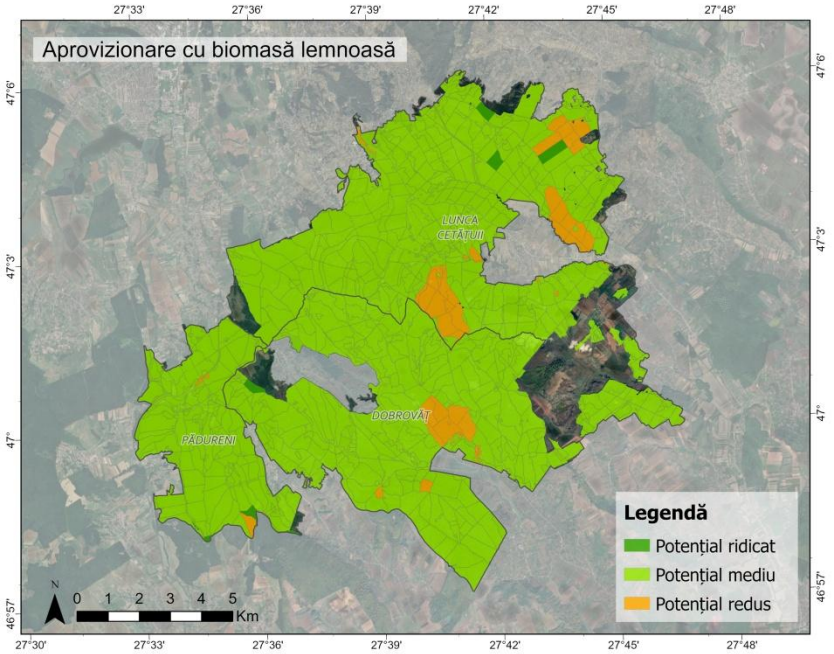

Figura nr. 19 Distribuția spațială a potențialului de aprovizionare cu biomasă lemnoasă în cadrul Pădurii Bârnova (date amenajamente silvice)

Distribuția spațială a potențialului de aprovizionare cu biomasă lemnoasă evidențiază diferențe determinate de încadrarea funcțională a arboretelor și de restricțiile asociate obiectivelor de conservare. Potențialul ridicat caracterizează suprafețele cu funcții predominant productive, corespunzătoare subgrupelor 1A, 1B și 1D, în timp ce potențialul mediu este predominant la nivelul suprafeței forestiere analizate, fiind asociat în special pădurilor incluse în rețeaua Natura 2000 (5M). Potențialul redus corespunde suprafețelor cu regim strict de protecție, unde exploatarea lemnului este exclusă sau puternic restricționată.

Această distribuție evidențiază faptul că potențialul de furnizare a biomasei lemnoase nu coincide întotdeauna cu posibilitatea efectivă de valorificare, aceasta fiind condiționată de obiectivele de management și conservare.

Dinamica masei lemnoase valorificate și a veniturilor totale

În perioada 2017–2023, Ocolul Silvic Lunca Cetățuii a înregistrat cele mai mari volume de masă lemnoasă comercializate către agenții economici, Dobrovăț a prezentat fluctuații mai pronunțate, iar Pădureni o evoluție relativ stabilă. Dinamica veniturilor nu a fost întotdeauna proporțională cu volumele valorificate, fiind influențată de prețuri, structura sortimentelor și condițiile pieței forestiere.

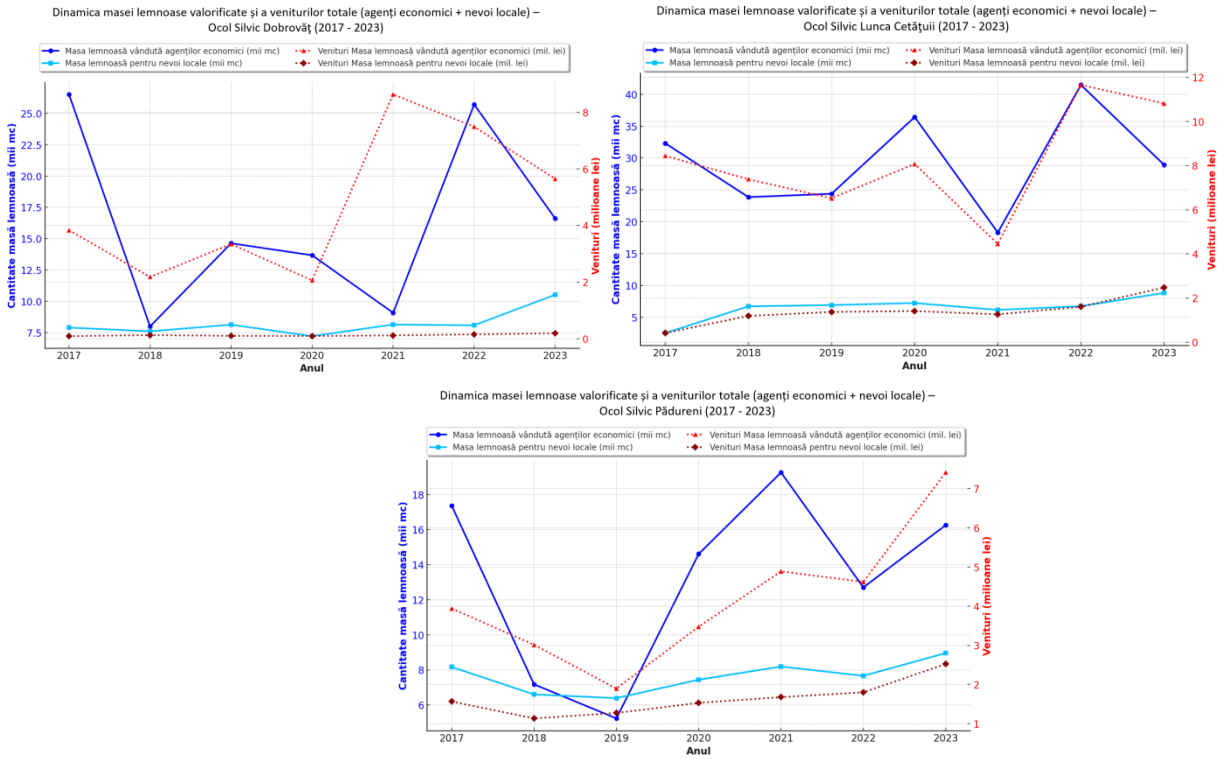

Figura nr. 20 Dinamica masei lemnoase valorificate și a veniturilor totale – Ocoalele Silvice Dobrovăț, Lunca Cetățuii și Pădureni (2017-2023)

Valorificarea masei lemnoase pentru consum local și către agenți economici

În toate cele trei ocoale silvice, masa lemnoasă destinată consumului local a fost comercializată predominant către populație, în timp ce valorificarea către agenții economici s-a realizat în principal „pe picior”. La Dobrovăț și Lunca Cetățuii s-au înregistrat creșteri ale cantităților destinate populației în 2023, iar Pădureni a prezentat variații mai moderate.

Produse secundare rezultate din exploatarea lemnului – produse din lemn și deșeuri de rumeguș

La Ocolul Silvic Pădureni, singurul care dispune de atelier propriu de prelucrare, au fost valorificate suplimentar produse din lemn și deșeuri de rumeguș, contribuind la eficientizarea utilizării resursei lemnoase.

În ansamblu, rezultatele evidențiază importanța economică și socială a resurselor lemnoase și necesitatea corelării valorificării acestora cu obiectivele de conservare ale Pădurii Bârnova.

V.2.3. Multifuncționalitatea serviciilor ecosistemice de aprovizionare

Multifuncționalitatea serviciilor ecosistemice de aprovizionare a fost evaluată prin corelarea grupelor funcționale identificate în amenajamentele silvice cu clasele corespunzătoare din clasificarea CICES V5.1. Analiza evidențiază capacitatea ecosistemelor forestiere din Pădurea Bârnova de a furniza simultan mai multe categorii de resurse materiale, în funcție de caracteristicile ecologice și de regimul de management al arboretelor.

Rezultatele indică o distribuție diferențiată a serviciilor analizate. Aprovizionarea cu biomasă lemnoasă (CICES 1.2.1.1) este asociată unei suprafețe cumulate de 11.579,6 ha, fiind condiționată de restricțiile privind exploatarea resurselor forestiere. Serviciile asociate plantelor sălbatice și produselor alimentare, inclusiv fructe și ciuperci (CICES 1.1.1.3), acoperă 12.560,9 ha, reflectând extinderea acestora la nivelul majorității grupelor funcționale.

Furnizarea animalelor sălbatice și a produselor asociate (CICES 1.1.1.4) corespunde unei suprafețe cumulate de 11.545,9 ha, în timp ce materialul genetic vegetal (CICES 1.2.1.3) este asociat tuturor grupelor funcționale, însumând 12.558,9 ha.

Diagrama Sankey evidențiază suprapunerea serviciilor de aprovizionare la nivelul acelorași categorii funcționale, demonstrând că arboretele pot contribui simultan la furnizarea biomasei lemnoase, produselor forestiere nelemnoase, resurselor cinegetice și materialului genetic vegetal..

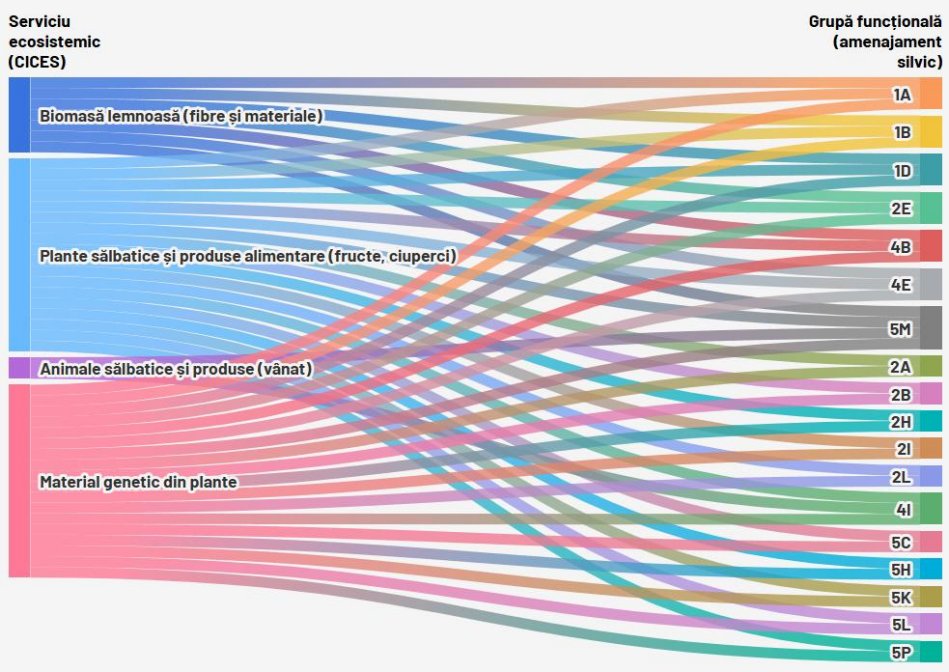

Figura nr. 21 Diagrama Sankey a relațiilor dintre serviciile ecosistemice de aprovizionare și grupele funcționale din Pădurea Bârnova

Rezultatele confirmă caracterul multifuncțional al Pădurii Bârnova și evidențiază influența încadrării funcționale asupra diversității serviciilor de aprovizionare. În acest context, managementul forestier trebuie să urmărească valorificarea responsabilă a resurselor, fără compromiterea funcțiilor ecologice și a obiectivelor de conservare.

V.3. Servicii ecosistemice culturale

Evaluarea serviciilor ecosistemice culturale furnizate de Pădurea Bârnova a integrat rezultatele chestionarelor sociologice, informațiile privind patrimoniul natural și cultural, datele din amenajamentele silvice și analiza utilizării recreative a spațiului forestier. Cercetarea a urmărit identificarea beneficiilor nemateriale asociate recreerii, activităților sportive, patrimoniului cultural și spiritual, educației și relației dintre comunități și ecosistemul forestier.

V.3.1.Recreere și utilizare socială

Funcția recreativă și utilizarea socială a pădurii

Pădurea Bârnova reprezintă un spațiu important pentru recreerea populației municipiului Iași și a comunităților învecinate, datorită proximității față de zonele locuite, accesibilității și diversității peisajelor forestiere.

Analiza distribuției spațiale a potențialului recreativ, realizată pe baza grupelor funcționale din amenajamentele silvice, evidențiază valori ridicate în sectoarele apropiate localităților și principalelor căi de acces, asociate în special subgrupelor funcționale 4B și 4I. Potențialul mediu caracterizează cea mai mare parte a suprafeței forestiere, inclusiv pădurile încadrate în subgrupa 5M,

în timp ce potențialul redus corespunde suprafețelor în care accesul public este limitat din considerente de conservare sau siguranță.

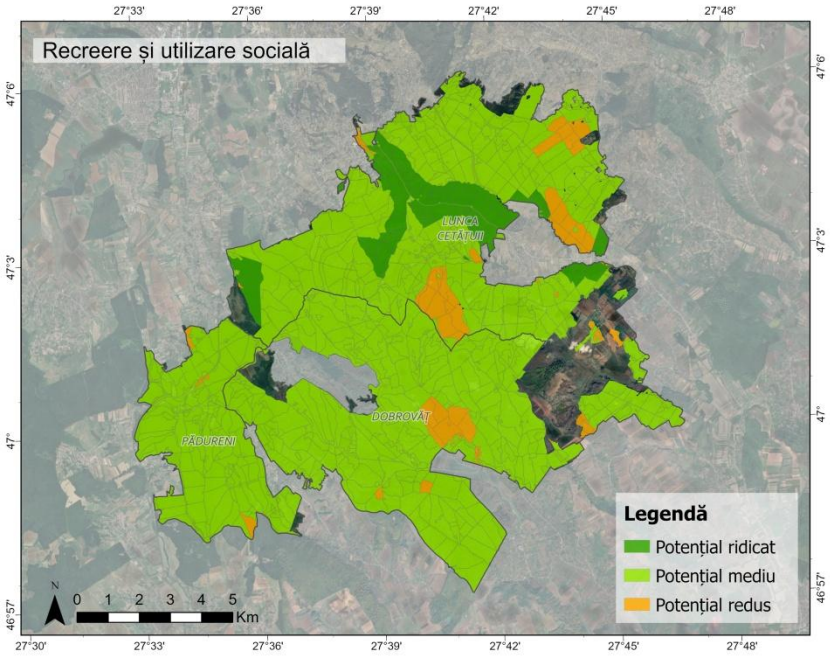

Figura nr. 22 Distribuția spațială a potențialului de recreere și utilizare socială în cadrul Pădurii Bârnova (date amenajamente silvice)

Utilizarea recreativă și accesibilitatea spațiului forestier

Pentru identificarea distribuției spațiale a activităților recreative au fost analizate datele disponibile prin platforma Strava Global Heatmap, care au permis evidențierea traseelor utilizate pentru mers, alergare, drumeție, ciclism și mountain-bike.

Rezultatele indică o concentrare a activităților recreative în sectoarele accesibile dinspre Bârnova, Pietrărie, Slobozia și Dobrovăț, precum și existența unor coridoare care conectează obiective naturale, culturale și spirituale, între care Poiana cu Schit și Poiana cu Cetate.

Traseele pedestre prezintă o distribuție mai densă în zonele accesibile și cu valoare peisagistică ridicată, în timp ce traseele de ciclism și mountain-bike sunt mai extinse și valorifică diferențele de nivel și conectivitatea drumurilor forestiere. Prezența segmentelor recreative frecvent utilizate evidențiază importanța Pădurii Bârnova pentru activitățile sportive și recreative desfășurate în aer liber.

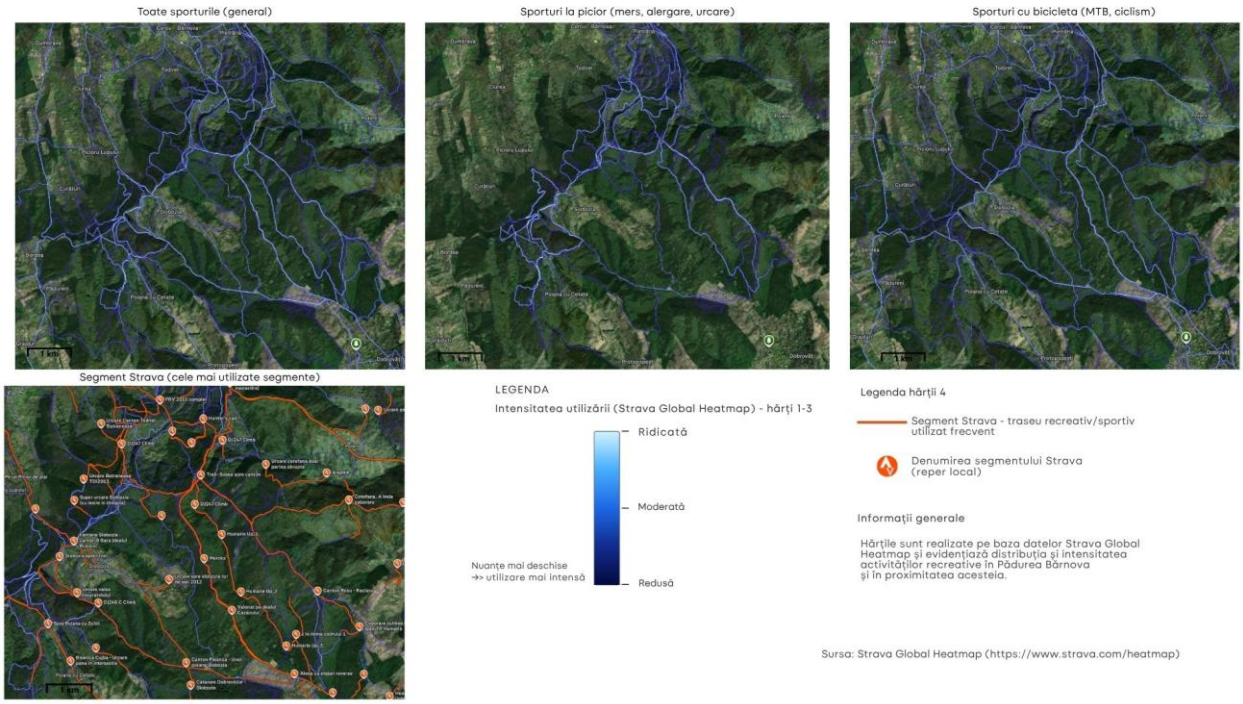

Figura nr. 23 Distribuția generală a activităților recreative desfășurate în cadrul Pădurii Bârnova pe baza datelor Strava Global Heatmap

Analiza evidențiază rolul Pădurii Bârnova ca spațiu recreativ periurban și necesitatea corelării accesibilității și utilizării turistice cu obiectivele de conservare a habitatelor forestiere.

Rețeaua de trasee recreative și tematice

Utilizarea recreativă a Pădurii Bârnova este susținută de existența a peste 15 trasee turistice și tematice, destinate drumeției, ciclismului, observării naturii și activităților educaționale. Dintre acestea se remarcă traseele „Natură, Cultură, Spiritualitate – Poiana cu Schit” și „Bârnova Trail”, care valorifică patrimoniul natural și cultural al zonei. Analiza Strava Global Heatmap evidențiază o utilizare mai intensă a sectoarelor accesibile și bine conectate, confirmând importanța rețelei de trasee pentru serviciile ecosistemice recreative și educaționale.

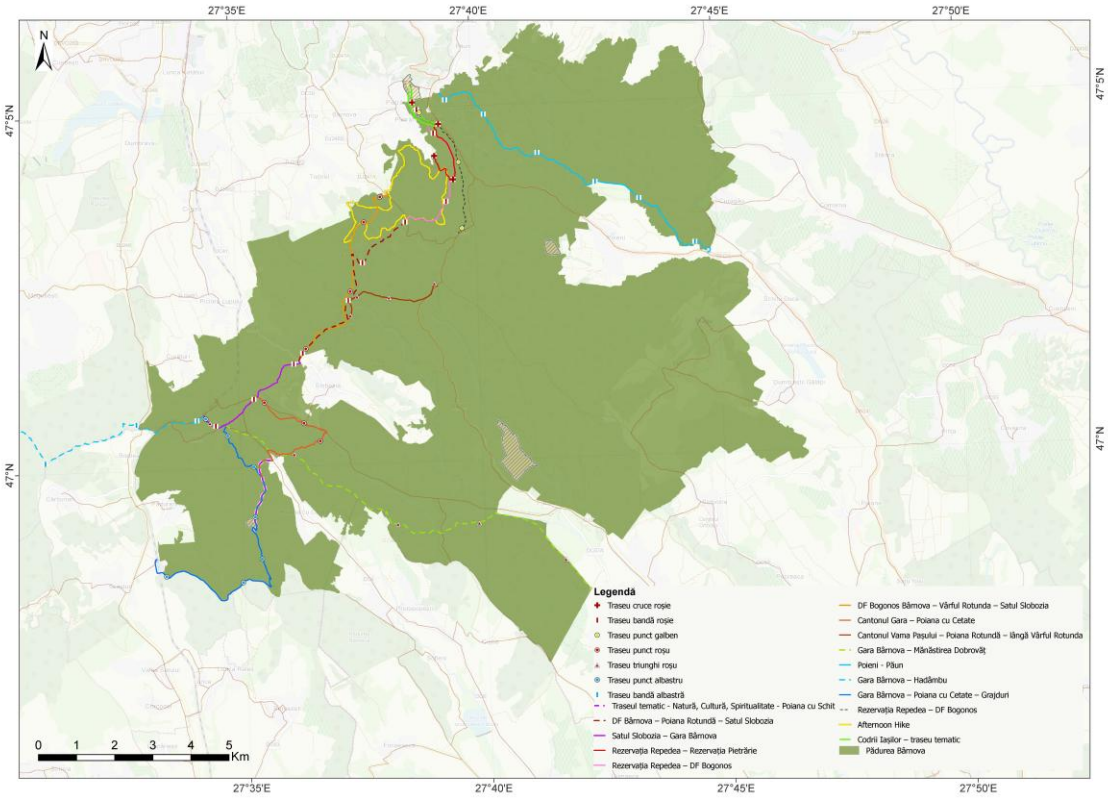

Figura nr. 24 Rețeaua principalelor trasee recreative și tematice din Pădurea Bârnova

Percepția utilizatorilor și intensitatea utilizării recreative

Rezultatele chestionarului online evidențiază un grad ridicat de familiarizare cu Pădurea Bârnova (95,9%), principalele activități fiind drumeția (28,6%), fotografia (14,3%) și culesul ciupercilor (13,3%). Peste 90% dintre respondenți au vizitat pădurea de mai multe ori, accesul realizându-se predominant cu autoturismul personal (85,7%), pentru vizite de o zi (87%). Liniștea și caracterul natural al zonei reprezintă principalele elemente apreciate, în timp ce infrastructura recreativă și marcajele turistice necesită îmbunătățiri.

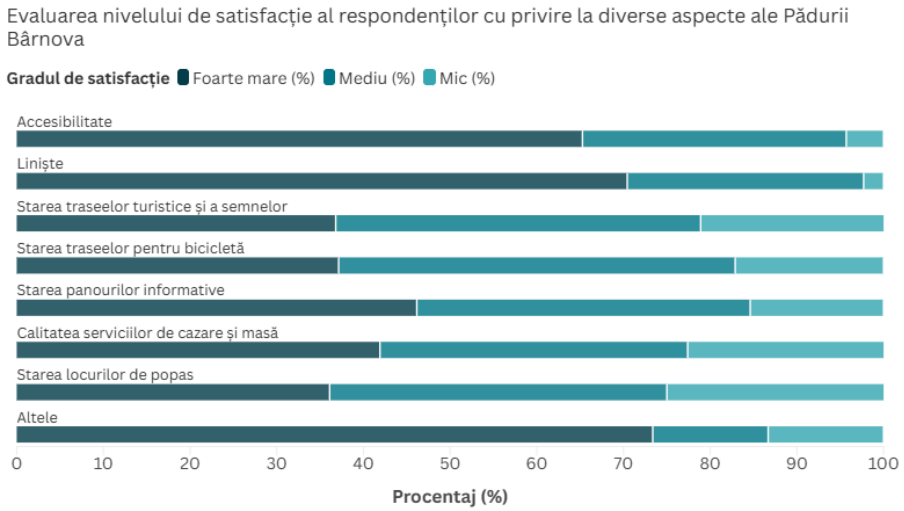

Figura nr. 25 Gradul de satisfacție al respondenților privind facilitățile și infrastructura recreativă din Pădurea Bârnova

V.3.2. Patrimoniul natural și cultural asociat serviciilor ecosistemice culturale

Ariile naturale protejate și contribuția lor la serviciile ecosistemice culturale

Pădurea Bârnova beneficiază de un regim complex de protecție, fiind inclusă în rețeaua Natura 2000 prin siturile ROSAC0135 Pădurea Bârnova–Repedea și ROSPA0092 Pădurea Bârnova. În interiorul acestora sunt prezente patru rezervații naturale de interes național: Locul fosilifer Dealul Repedea, Poiana cu Schit, Pietrosu și Poieni–Cărbunăriei. Aceste arii contribuie atât la conservarea patrimoniului natural, cât și la furnizarea serviciilor ecosistemice culturale asociate recreerii, educației și valorilor peisagistice.

Locul fosilifer Dealul Repedea se remarcă prin valoarea geologică și paleontologică, în timp ce Poiana cu Schit reunește elemente naturale, istorice, spirituale și artistice. Rezervațiile Pietrosu și Poieni–Cărbunăriei completează patrimoniul natural prin conservarea unor ecosisteme forestiere reprezentative.

Rezultatele chestionarelor sociologice evidențiază un nivel ridicat de cunoaștere și apreciere a principalelor arii protejate. Cele mai cunoscute sunt Poiana cu Schit și ROSAC0135 Pădurea Bârnova–Repedea, recunoscute de aproximativ trei sferturi dintre respondenți. În schimb, rezervațiile Pietrosu și Poieni–Cărbunăriei sunt mai puțin cunoscute și vizitate. Pentru majoritatea obiectivelor analizate, peste jumătate dintre respondenți consideră că acestea contribuie „foarte mult" la atractivitatea arealului.

Aceste rezultate confirmă rolul ariilor naturale protejate în diversificarea experiențelor recreative și educaționale și în consolidarea relației dintre comunitate și patrimoniul natural.

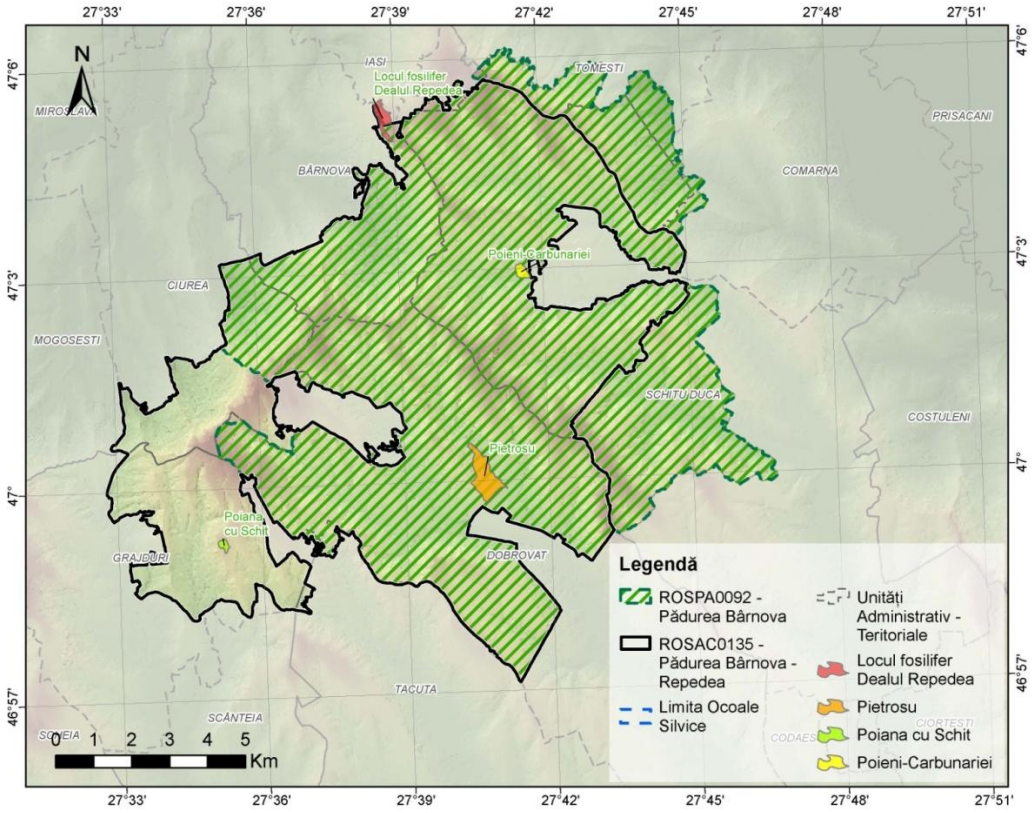

Figura nr. 26 Distribuția ariilor naturale protejate din cadrul Pădurii Bârnova

Patrimoniul cultural și spiritual al Pădurii Bârnova

Patrimoniul cultural și spiritual al Pădurii Bârnova este reprezentat de mănăstiri, schituri, monumente istorice, vestigii arheologice și elemente artistice integrate în peisajul forestier. Distribuția acestora evidențiază relația strânsă dintre comunitățile locale și mediul natural, contribuind la furnizarea serviciilor ecosistemice culturale asociate spiritualității, identității locale și memoriei colective.

Rezultatele chestionarului aplicat comunităților locale indică o recunoaștere ridicată a patrimoniului spiritual. Cele mai importante repere sunt Mănăstirile Bârnova și Dobrovăț (92,4%), urmate de ruinele de la Poiana cu Schit (86,5%), Biserica lui Cujbă și alte locuri sacre vechi (84,2%). De asemenea, 81,6% dintre respondenți recunosc valoarea simbolică a toponimelor locale, iar 75,1% percep pădurea ca spațiu de liniște și reflecție spirituală.

Analiza comparativă a chestionarelor evidențiază diferențe de percepție: comunitățile locale acordă o importanță mai mare dimensiunilor spirituale și identitare, în timp ce respondenții chestionarului online apreciază în special atractivitatea turistică și recreativă a obiectivelor culturale.

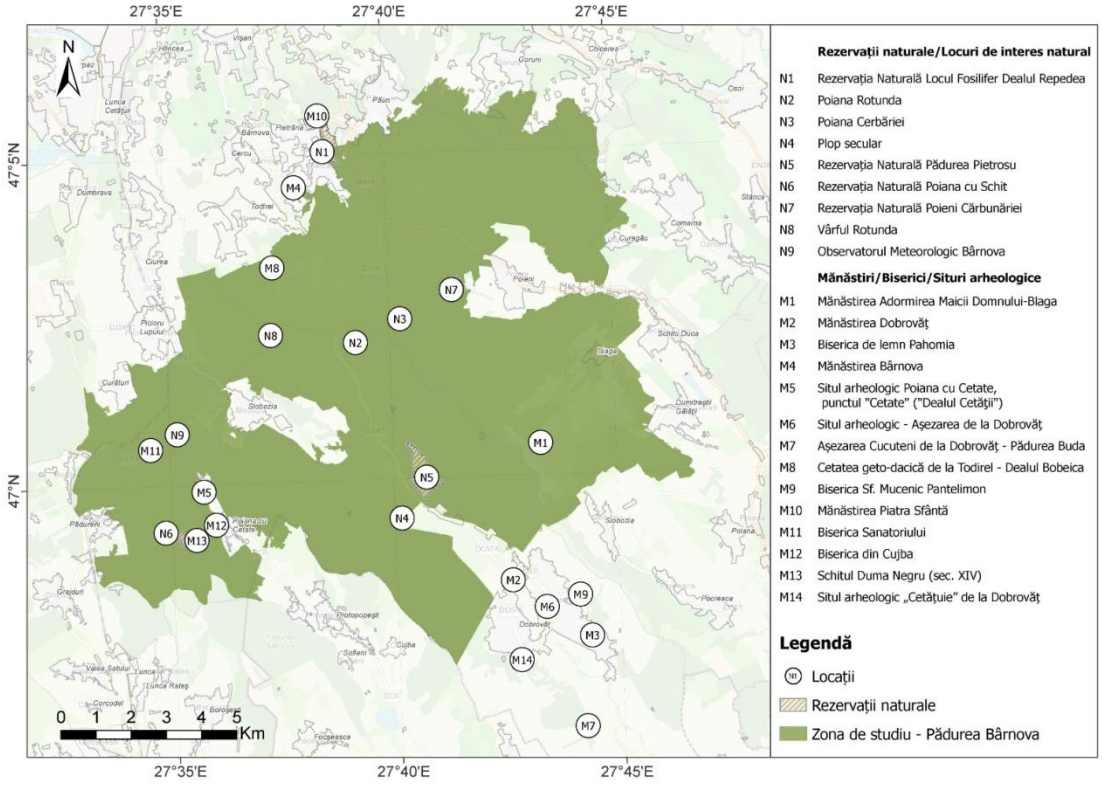

Figura nr. 27 Harta patrimoniului cultural și spiritual - Distribuția principalelor elemente de patrimoniu natural, cultural și spiritual din cadrul Pădurii Bârnova

Principalele obiective culturale și spirituale din Pădurea Bârnova

Printre cele mai reprezentative obiective se numără Mănăstirea Dobrovăț, ultima ctitorie a lui Ștefan cel Mare, și Mănăstirea Bârnova, întemeiată de Miron Barnovschi, ambele constituind repere istorice și spirituale importante pentru comunitățile locale.

Biserica lui Cujbă, construită în anul 1609 în satul Poiana cu Cetate, reprezintă un monument istoric relevant pentru identitatea culturală a zonei. La acestea se adaugă Poiana cu Schit, unde

ruinele vechiului schit atribuit lui Duma Negru și ansamblul de sculpturi în piatră ilustrează suprapunerea valorilor naturale, spirituale și artistice. Analiza datelor Strava Metro confirmă utilizarea recreativă intensă a traseelor din acest sector.

Patrimoniul istoric este completat de situl arheologic „Cetățuie” de la Dobrovăț, asociat unor vestigii getice din secolele V–III î.Hr., care evidențiază continuitatea relațiilor dintre comunitățile umane și teritoriul forestier.

În ansamblu, rezultatele demonstrează că patrimoniul natural, cultural și spiritual constituie o componentă esențială a serviciilor ecosistemice culturale furnizate de Pădurea Bârnova, contribuind la atractivitatea turistică, educația pentru patrimoniu și consolidarea identității locale.

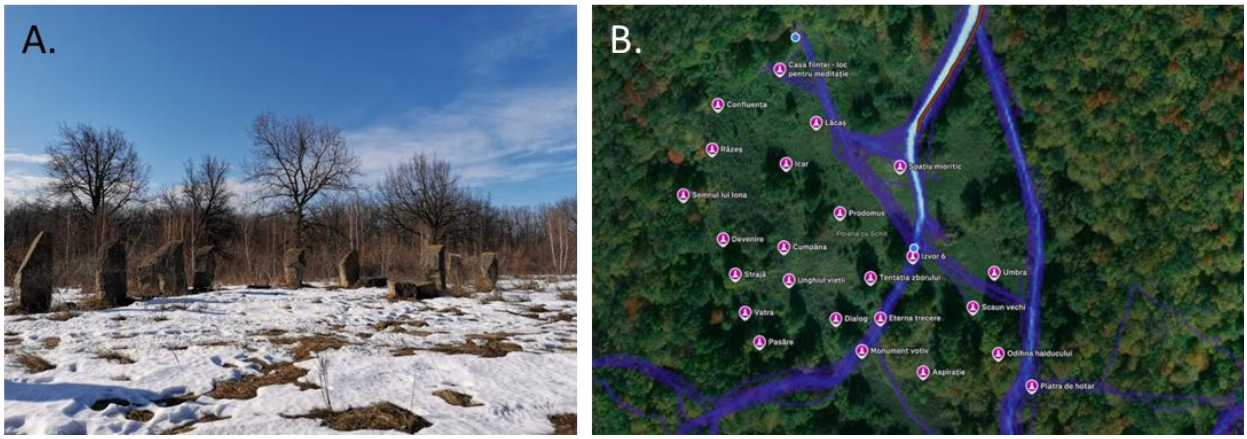

Figura nr. 28 A. Sculptura "Prodromos" sculptor Romelo Pervolovici, 1988. Sursa: fotografia autorului, 2020., B. Distribuția sculpturilor și intensitatea utilizării traseelor în zona Poiana cu Schit (date Strava Metro)

V.3.3. Educație, identitate culturală și experiențe asociate naturii

Observarea naturii, educația și experiența mediului natural

Pădurea Bârnova furnizează servicii ecosistemice culturale cu o importantă componentă educațională, prin facilitarea contactului direct cu biodiversitatea și prin existența unor trasee tematice și puncte de informare. Traseele „Natură, Cultură, Spiritualitate” și „Bârnova Trail” integrează panouri interpretative și elemente interactive, contribuind la cunoașterea speciilor, habitatelor și proceselor ecologice caracteristice ecosistemelor forestiere.

Aceste facilități susțin educația non-formală și conștientizarea importanței conservării biodiversității, transformând experiențele recreative în oportunități de învățare și interpretare a patrimoniului natural.

Observarea naturii și inspirația artistică

Diversitatea habitatelor și prezența speciilor de interes conservativ conferă Pădurii Bârnova o valoare educațională și estetică ridicată. Specii precum papucul-doamnei (*Cypripedium calceolus*),

croitorul alpin (*Rosalia alpina*) și huhurezul mare (*Strix uralensis*) constituie elemente reprezentative pentru activitățile de observare a naturii, fotografie și educație ecologică.

Totodată, diversitatea peisajelor forestiere, variațiile sezoniere ale vegetației și particularitățile reliefului colinar contribuie la furnizarea serviciilor culturale asociate experiențelor estetice, contemplării și inspirației artistice..



Figura nr. 29 Specii și peisaje reprezentative care contribuie la valoarea educațională, estetică și inspirația artistică asociate Pădurii Bârnova: A. papucul-doamnei (*Cypripedium calceolus*); B. croitor alpin (*Rosalia alpina*); C. huhurez mare (*Strix uralensis*); D. peisaj forestier în sezonul rece; E. peisaj forestier din zona centrală a Pădurii Bârnova. Sursa: fotografiile autorului (A-C) și Tudor Mazilu (D,E).

Peisajele Pădurii Bârnova, caracterizate prin diversitate cromatică, variații sezoniere și perspective panoramice, prezintă o importantă valoare estetică și artistică, valorificată prin fotografie, promovare turistică și educație ecologică. Totodată, relația comunităților locale cu pădurea se reflectă în patrimoniul cultural imaterial și în obiectele tradiționale, evidențiind contribuția ecosistemului forestier la păstrarea identității culturale locale.

Natura în identitatea culturală locală

Relația dintre comunitățile locale și mediul forestier se reflectă și în patrimoniul cultural tradițional, prin integrarea motivelor inspirate din natură în obiectele textile și în arta populară.

Exemplele analizate, reprezentate de o ie tradițională din localitatea Pădureni și de ștergare cusute manual din Poiana cu Cetate, evidențiază prezența motivelor vegetale, florale și geometrice cu semnificații simbolice. Aceste elemente reflectă transmiterea valorilor culturale între generații și legătura dintre peisajul natural și identitatea comunităților locale.

În ansamblu, rezultatele evidențiază faptul că serviciile ecosistemice culturale furnizate de Pădurea Bârnova depășesc dimensiunea recreativă, contribuind la educație, inspirație artistică, conservarea patrimoniului cultural imaterial și consolidarea identității locale.

V.3.4. Valorificarea turistică a serviciilor ecosistemice culturale furnizate de Pădurea Bârnova

Valorificarea turistică a serviciilor ecosistemice culturale furnizate de Pădurea Bârnova este susținută de diversitatea peisajului forestier, patrimoniul natural și cultural și dezvoltarea infrastructurii de agrement. Analiza distribuției spațiale a facilităților turistice evidențiază concentrarea acestora în proximitatea principalelor căi de acces și a zonelor cu atractivitate peisagistică și recreativă ridicată.

În cadrul arealului au fost identificate unități de cazare, facilități de tip glamping, zone de picnic și locații pentru evenimente, precum Valea Sânzienelor, Căsuța cu Maci și Cabana Poieni. Totodată, evenimente precum Raliul Iașului, Trail la Cabană și festivalul WoodScape contribuie la promovarea pădurii ca destinație pentru activități sportive, culturale și recreative.

Inițiative precum Oaza Taină Vie evidențiază posibilitatea integrării produselor locale, activităților educaționale și experiențelor recreative în natură, ilustrând interacțiunea dintre serviciile ecosistemice culturale și cele de aprovizionare.

Rezultatele demonstrează că Pădurea Bârnova reprezintă un suport important pentru dezvoltarea turismului bazat pe natură și pentru diversificarea activităților economice locale, prin valorificarea integrată a beneficiilor recreative, educaționale și culturale.

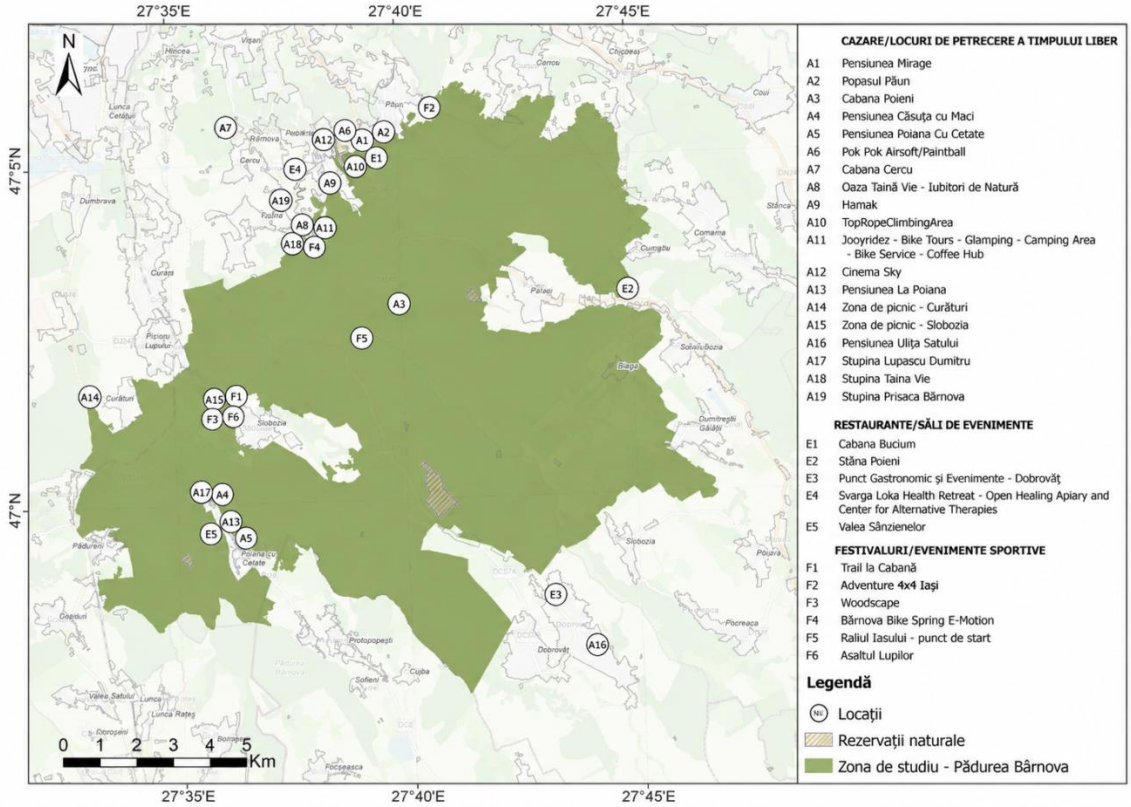

Figura nr. 30 Harta cu toate locațiile turistice, producătorii locali și evenimentele

V.3.5. Implicarea comunitară și valoarea socială

Valoarea socială a Pădurii Bârnova se manifestă prin dezvoltarea unor inițiative comunitare dedicate educației ecologice, voluntariatului și conservării biodiversității. Activitățile organizate de grupuri civice și organizații neguvernamentale, precum Codrii Iașilor, Greenpeace România și ReSet Iași, contribuie la creșterea gradului de conștientizare privind importanța ecosistemelor forestiere.

Tururile ghidate, activitățile de observare a naturii, campaniile de informare și acțiunile de voluntariat facilitează participarea comunității la promovarea și protejarea patrimoniului natural.

Aceste inițiative evidențiază contribuția Pădurii Bârnova la consolidarea relațiilor sociale, dezvoltarea sentimentului de apartenență și stimularea participării civice, demonstrând că beneficiile culturale ale ecosistemelor forestiere depășesc dimensiunea recreativă individuală.

V.3.6 Multifuncționalitatea serviciilor ecosistemice culturale

Multifuncționalitatea serviciilor ecosistemice culturale a fost analizată prin corelarea grupelor funcționale din amenajamentele silvice cu clasele CICES V5.1, evidențiind suprapunerea beneficiilor recreative, educaționale, estetice și identitare furnizate de ecosistemele forestiere.

Rezultatele indică faptul că utilizarea experiențială a naturii (CICES 3.1.1.1) este asociată unei suprafețe cumulate de 11.088,3 ha, iar utilizarea fizică recreativă (CICES 3.1.1.2) însumează 12.003,9 ha. Interacțiunile științifice și educaționale (CICES 3.1.2.1) acoperă 11.780,7 ha, confirmând potențialul extins al pădurii pentru observarea și interpretarea naturii.

Valoarea estetică a peisajului (CICES 3.1.2.5) este asociată tuturor grupelor funcționale, corespunzând unei suprafețe de 12.558,9 ha. De asemenea, valorile de existență (CICES 3.2.4.1) și de moștenire (CICES 3.2.4.2) sunt asociate unor suprafețe cumulate de 11.992,6 ha, respectiv 11.246,6 ha, evidențiind importanța pădurii ca patrimoniu natural și cultural pentru generațiile prezente și viitoare.

Diagrama Sankey evidențiază relațiile dintre serviciile culturale și grupele funcționale ale arboretelor, demonstrând că aceeași suprafață forestieră poate contribui simultan la furnizarea mai multor beneficii nemateriale.

În ansamblu, rezultatele confirmă caracterul multifuncțional al Pădurii Bârnova și evidențiază necesitatea integrării valorilor culturale, sociale și educaționale în managementul ecosistemelor forestiere.

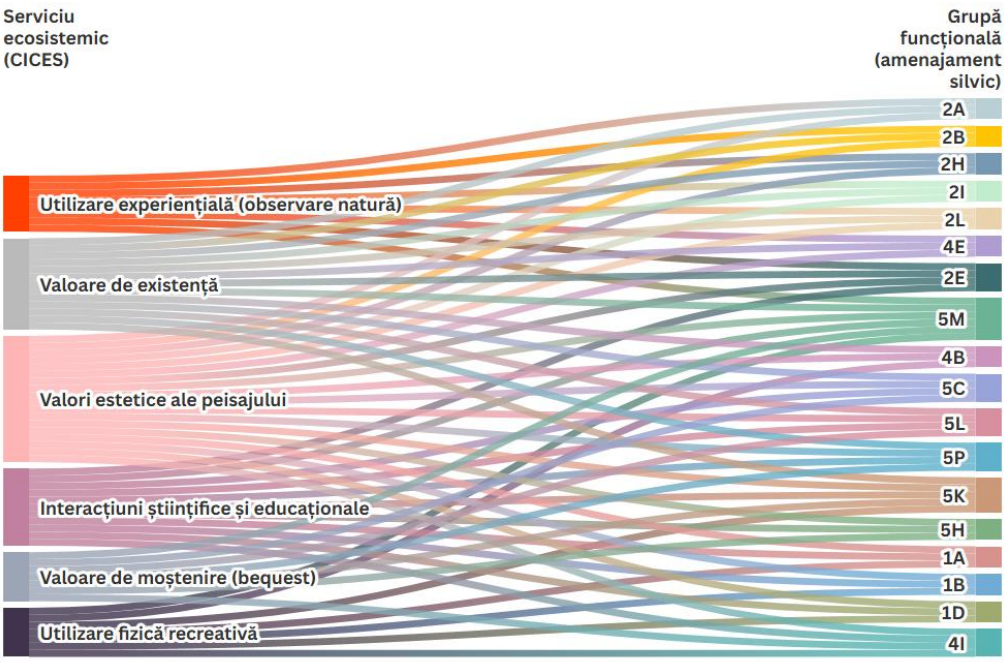

Figura nr. 31 Relațiile funcționale dintre serviciile ecosistemice culturale (CICES) și grupele funcționale ale arboretelor din Pădurea Bârnova

V.4. Servicii ecosistemice de reglare

Evaluarea serviciilor ecosistemice de reglare furnizate de Pădurea Bârnova a fost realizată prin integrarea informațiilor din amenajamentele silvice, a datelor climatice, a analizelor fizico-chimice efectuate asupra probelor de sol și apă, precum și a informațiilor privind habitatele și biodiversitatea. Cercetarea a urmărit evaluarea principalelor funcții de reglare și menținere, respectiv reglarea climei, reglarea regimului hidrologic și a calității apei, protecția solurilor și conservarea biodiversității.

V.4.1. Reglarea climei

Evaluarea serviciului ecosistemic de reglare climatică a fost realizată prin analiza potențialului funcțional al arboretelor, a dinamicii vegetației forestiere și a capacității solurilor de acumulare și stocare a carbonului.

Potențialul de reglare climatică conform amenajamentelor silvice

Distribuția spațială a potențialului de reglare climatică evidențiază predominanța suprafețelor cu potențial ridicat, asociate în principal pădurilor incluse în rețeaua Natura 2000 (5M), pădurilor naturale seculare (5P), celor destinate conservării resurselor genetice (5L) și rezervațiilor naturale (5C). Potențialul mediu caracterizează arboretele cu funcții mixte, inclusiv cele din jurul localităților și de-a lungul căilor de comunicație, în timp ce potențialul redus apare punctual, în suprafețele în care funcția climatică este secundară altor obiective de management.

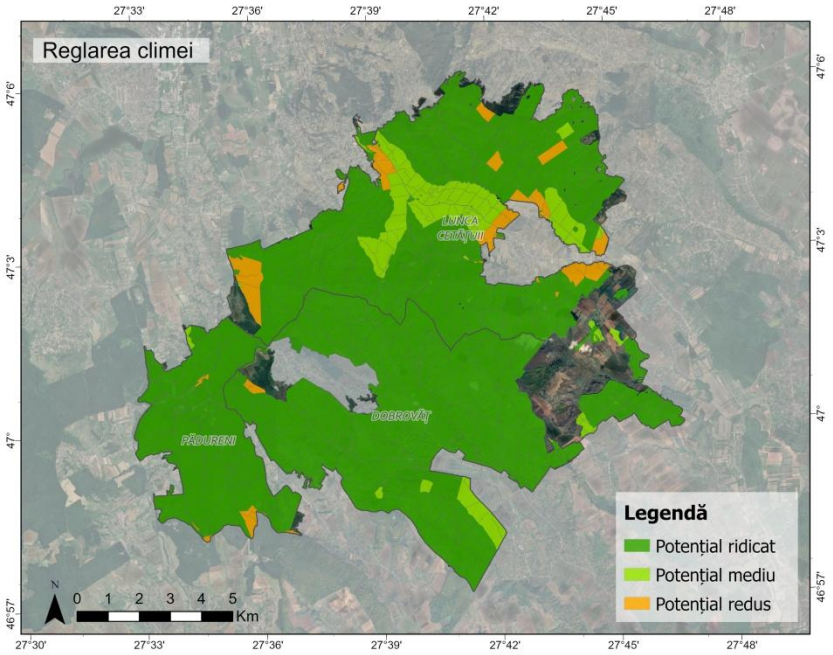

Figura nr. 32 Distribuția spațială a potențialului de reglare climatică în cadrul Pădurii Bârnova (date amenajamente silvice)

Evaluarea serviciului de reglare climatică pe baza indicatorilor biofizici și climatici

Analiza multitemporală a indicelui NDVI, derivat din imagini Sentinel-2 pentru perioada 2017–2024, evidențiază predominanța valorilor ridicate și menținerea unei stări generale favorabile a vegetației forestiere. Modificările spațiale au fost relativ reduse, fiind concentrate în special la periferia masivului forestier și în sectoarele afectate de intervenții silvice sau modificări temporare ale coronamentului.

Corelațiile realizate pentru august 2019 și iunie 2023 evidențiază influența factorilor climatici asupra dinamicii vegetației. Precipitațiile și radiația solară prezintă relații pozitive cu NDVI, în timp ce temperatura manifestă o relație negativă, sugerând influența stresului hidric în perioadele calde și secetoase. Factorii topografici contribuie, de asemenea, la diferențierea spațială a vegetației, cele mai ridicate valori NDVI fiind asociate pantelor reduse, de 0–10°, și versanților cu expoziție estică și vestică.

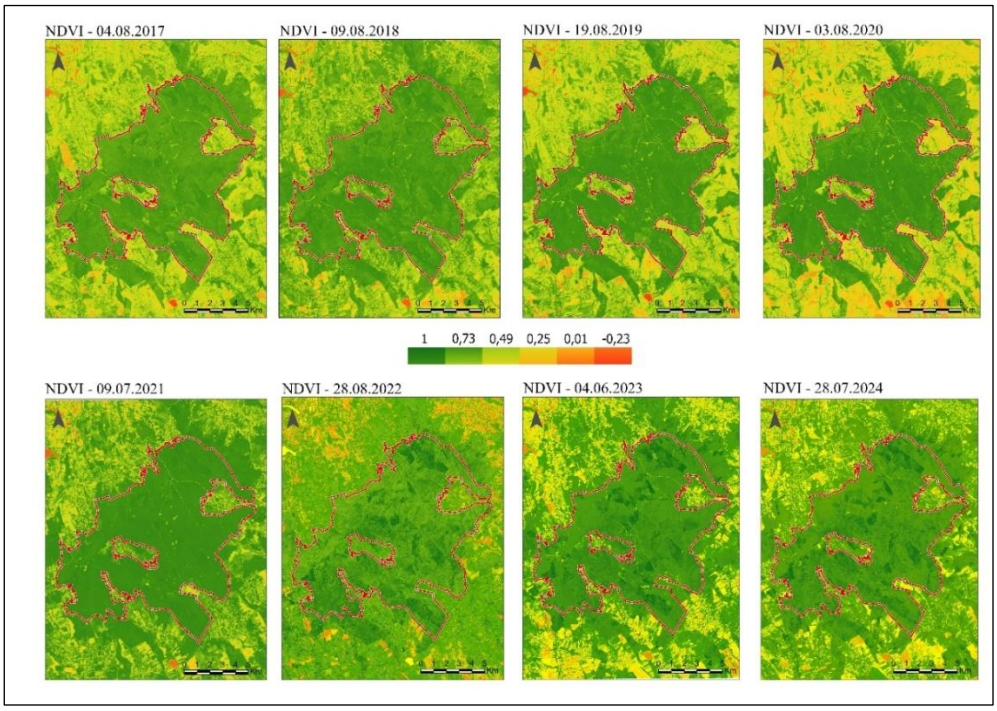

Figura nr. 33 Evoluția spațială a indicelui NDVI în perioada 2017–2024

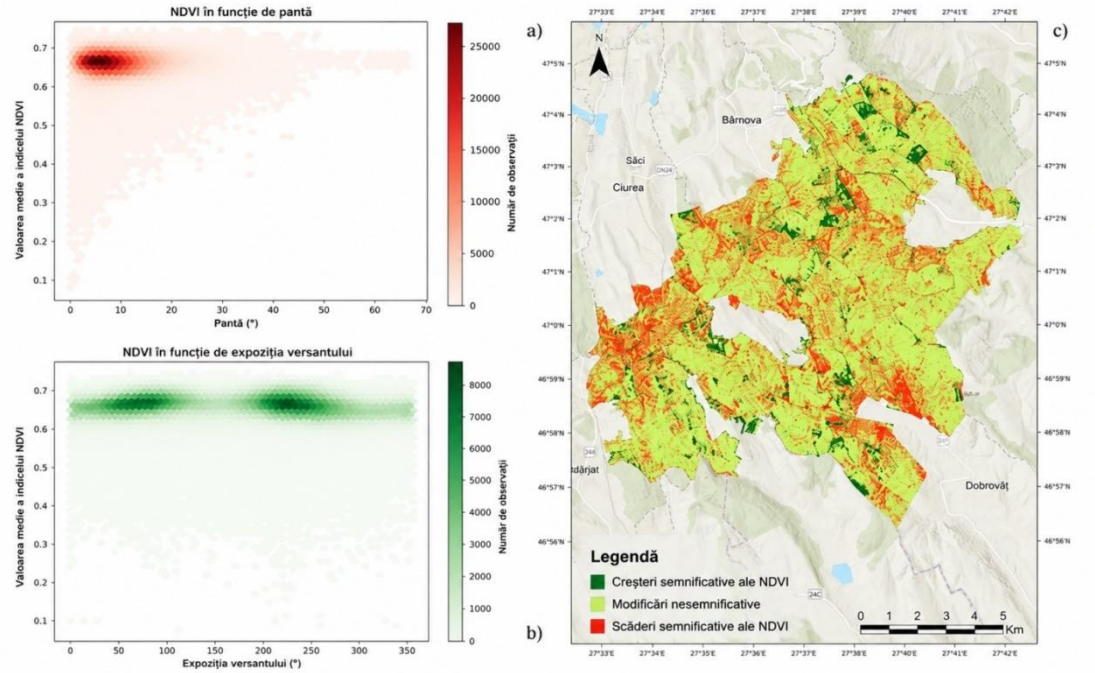

Figura nr. 34 Relația dintre indicele NDVI, factorii topografici și modificările spațiale ale vegetației

Validarea serviciului ecosistemic de reglare climatică prin indicatorii analizați în probele de sol

Evaluarea a fost completată prin determinarea carbonului total (TC), carbonului anorganic total (TIC) și densității aparente a solului, pe baza cărora au fost calculate carbonul organic total (TOC) și stocul de carbon organic (SOC Stock).

Rezultatele evidențiază diferențe spațiale importante între fracțiile de carbon. Carbonul total înregistrează valori ridicate predominant în sectoarele nordice și nord-vestice, depășind punctual 50,29 g/kg, în timp ce carbonul anorganic prezintă concentrații mai mari în nord și nord-est, atingând peste 30,31 g/kg. În schimb, carbonul organic total prezintă valori ridicate în sectoarele sudice, sud-vestice și local centrale, depășind punctual 17,70 g/kg.

Densitatea aparentă prezintă valori mai ridicate în partea sudică și sud-vestică, influențând, alături de conținutul de carbon organic, cantitatea de carbon stocată în sol. Distribuția stocului de carbon organic urmează un model similar celui al TOC, cele mai ridicate valori fiind înregistrate în sudul și sud-vestul arealului, precum și în unele sectoare centrale, unde depășesc local 72,80 t C ha^{-1}.

Rezultatele demonstrează că distribuția carbonului total nu reflectă întotdeauna capacitatea efectivă de acumulare a carbonului organic, evidențiind importanța diferențierii fracțiilor de carbon. Integrarea analizelor de sol cu datele satelitare și informațiile din amenajamentele silvice confirmă potențialul important al Pădurii Bârnova pentru furnizarea serviciului ecosistemic de reglare climatică.

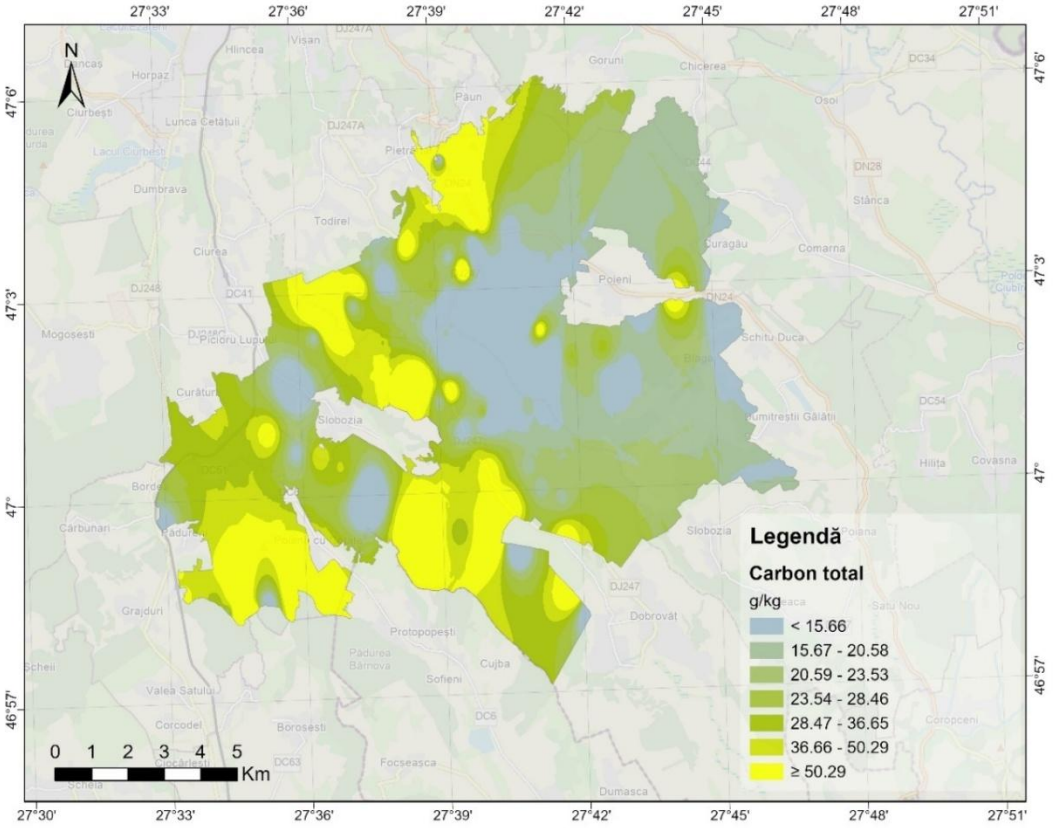

Figura nr. 35 Distribuția spațială a carbonului total (TC) în solurile forestiere din Pădurea Bârnova

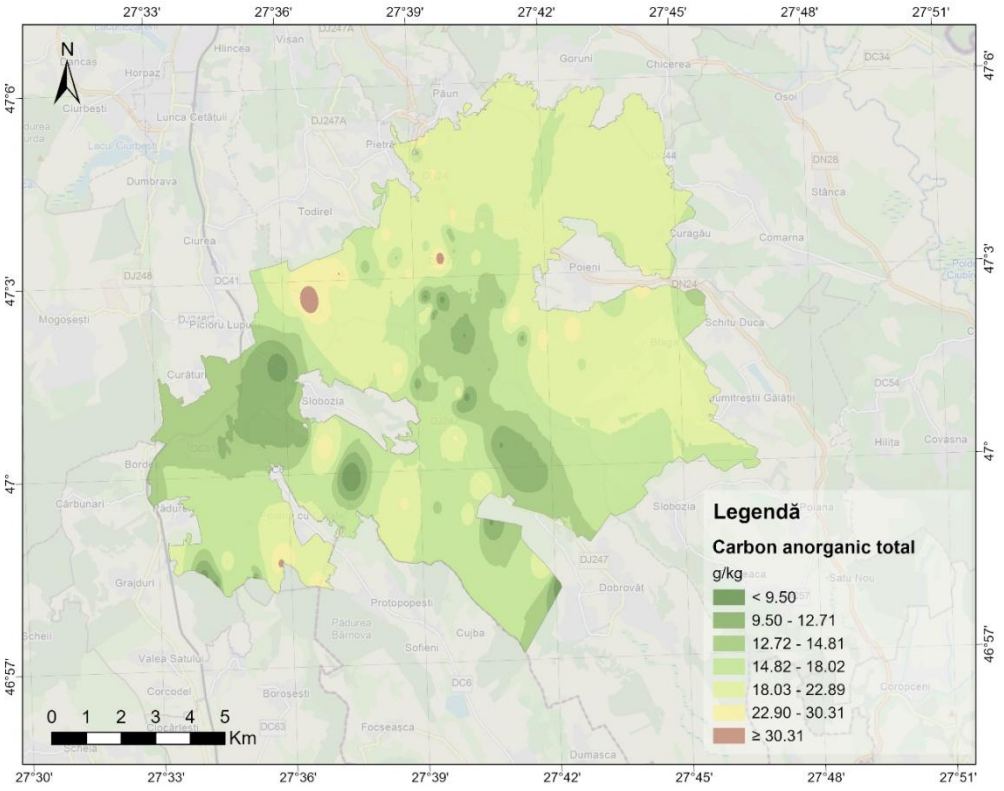

Figura nr. 36 Distribuția spațială a carbonului anorganic total (TIC) în solurile forestiere din Pădurea Bârnova

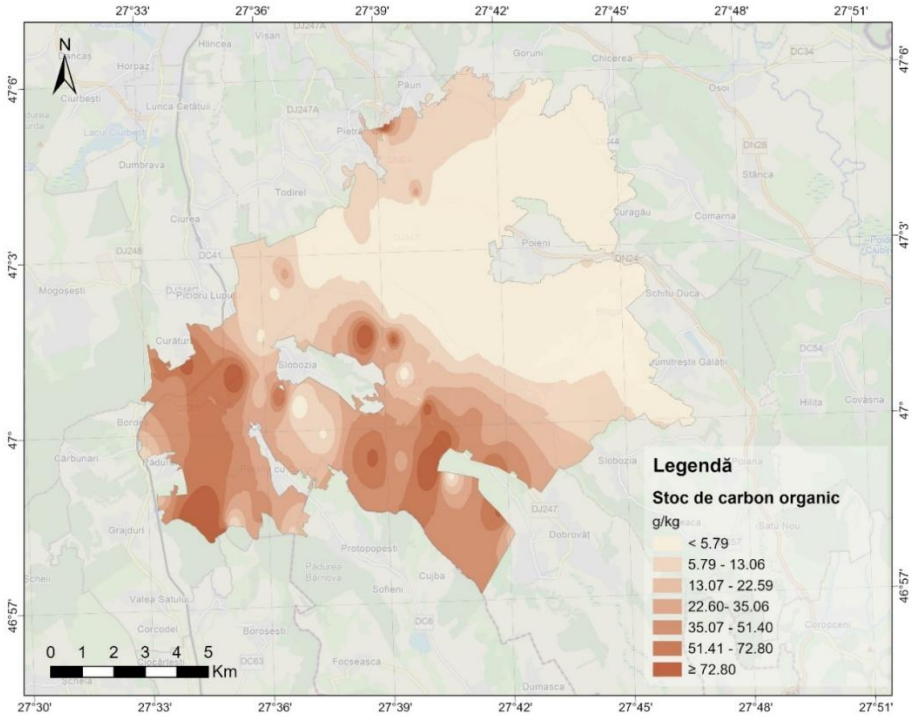

Figura nr. 37 Distribuția spațială a stocului de carbon organic din sol (SOC Stock) în Pădurea Bârnova

V.4.2. Reglarea regimului hidrologic și a calității apei

Evaluarea serviciului ecosistemic de reglare a regimului hidrologic și a calității apei a fost realizată prin integrarea informațiilor din amenajamentele silvice cu rezultatele analizelor fizico-chimice efectuate asupra probelor de apă recoltate din cursurile de apă și izvoarele Pădurii Bârnova.

Potențialul de reglare a apei conform amenajamentelor silvice

Analiza distribuției spațiale evidențiază predominanța suprafețelor cu potențial mediu de reglare hidrologică, reflectând contribuția generală a vegetației forestiere la interceptarea precipitațiilor, infiltrarea apei și reducerea scurgerii de suprafață. Potențialul ridicat caracterizează în principal arboretele cu funcții prioritare de protecție hidrologică, situate pe versanți, în bazine de recepție și pe terenuri vulnerabile la eroziune. Zonele cu potențial redus sunt restrânse și corespund predominant arboretelor cu funcții sociale sau de protecție a infrastructurii, inclusiv subgrupei funcționale 4E.

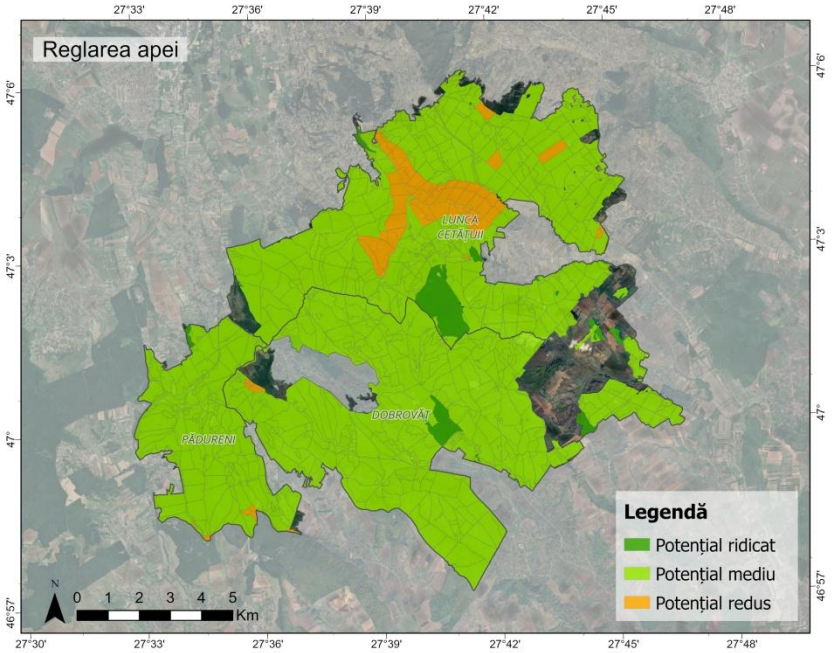

Figura nr. 38 Distribuția spațială a potențialului de reglare a apei în cadrul Pădurii Bârnova (date amenajamente silvice)

Evaluarea serviciului pe baza analizelor de apă

Analizele fizico-chimice au urmărit caracterizarea calității apei prin determinarea pH-ului, conductivității electrice, durității, oxigenului dizolvat, concentrațiilor de calciu și magneziu, precum și ale compușilor azotului.

Rezultatele evidențiază un caracter slab alcalin al apelor, cu valori ale pH-ului cuprinse între 7,3 și 7,8, indicând o variabilitate spațială redusă. Conductivitatea electrică prezintă valori de aproximativ 618–1.179 µS/cm, iar duritatea totală variază între 23 și 36 °dG, valorile mai ridicate fiind concentrate predominant în sectoarele nordice și nord-estice. Aceste diferențe reflectă influența caracteristicilor geologice și pedologice asupra mineralizării apei.

Concentrația oxigenului dizolvat variază între 1,2 și 2,3 mg/L, cu valori mai ridicate în partea nordică și nord-estică și mai reduse în sectoarele sudice și sud-vestice. Distribuția acestui indicator poate fi influențată de temperatura apei, viteza de curgere și condițiile locale de oxigenare.

Concentrațiile ionilor de calciu și magneziu prezintă variații spațiale asociate în principal particularităților substratului geologic și proceselor naturale de dizolvare a mineralelor. În cazul nitraților și al ionilor de amoniu, predomină concentrațiile reduse și moderate, valorile mai ridicate fiind localizate punctual, fără formarea unor areale extinse.

În ansamblu, rezultatele evidențiază influența condițiilor geologice, pedologice și hidrologice asupra caracteristicilor fizico-chimice ale apelor din Pădurea Bârnova. Predominanța suprafețelor forestiere cu potențial mediu și ridicat de reglare hidrologică, alături de distribuția indicatorilor analizați, susține importanța ecosistemului forestier în menținerea circuitului apei și în protecția resurselor hidrice.

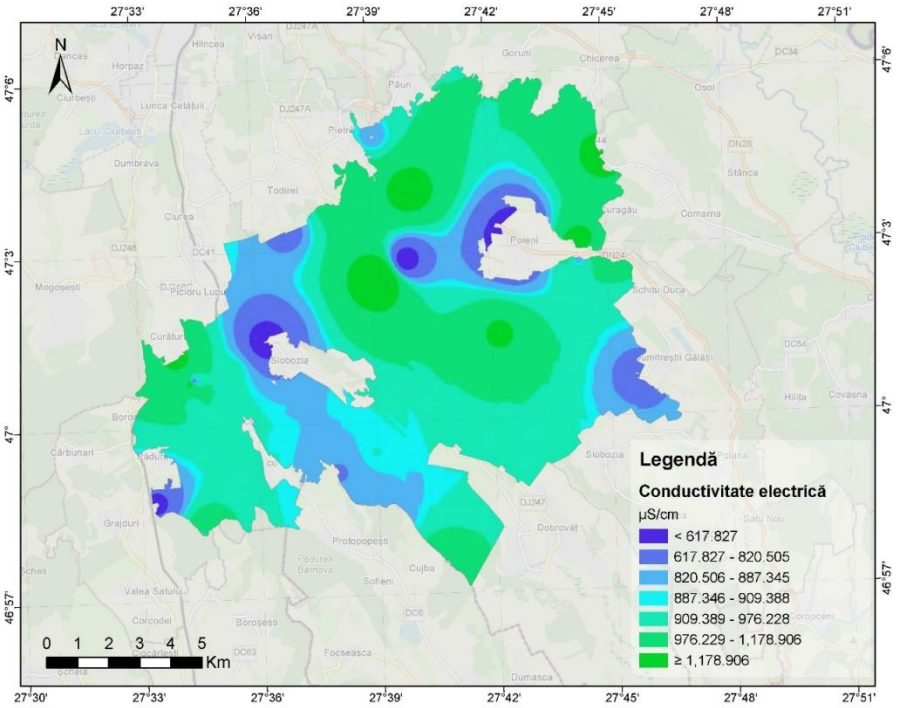

Figura nr. 39 Distribuția spațială a conductivității electrice a apei în cadrul Pădurii Bârnova

V.4.3. Conservarea și protecția solurilor

Evaluarea serviciului ecosistemic de conservare și protecție a solurilor a fost realizată prin integrarea informațiilor din amenajamentele silvice cu rezultatele analizelor fizico-chimice efectuate asupra probelor de sol, urmărind evidențierea rolului ecosistemelor forestiere în prevenirea eroziunii, menținerea stabilității terenurilor și conservarea proprietăților pedologice.

Potențialul de protecție a solului conform amenajamentelor silvice

Analiza distribuției spațiale evidențiază predominanța suprafețelor cu potențial mediu de protecție a solului, în timp ce potențialul ridicat caracterizează în special arboretele situate pe

versanți abrupți, terenuri cu substraturi litologice vulnerabile și suprafețe afectate de procese geomorfologice active. Acestea corespund în principal subgrupelor funcționale din categoria 2 (2A–2L), cu rol prioritar în reducerea eroziunii și stabilizarea terenurilor. Zonele cu potențial redus sunt restrânse și asociate arboretelor cu funcții predominant sociale, de infrastructură sau de producție.

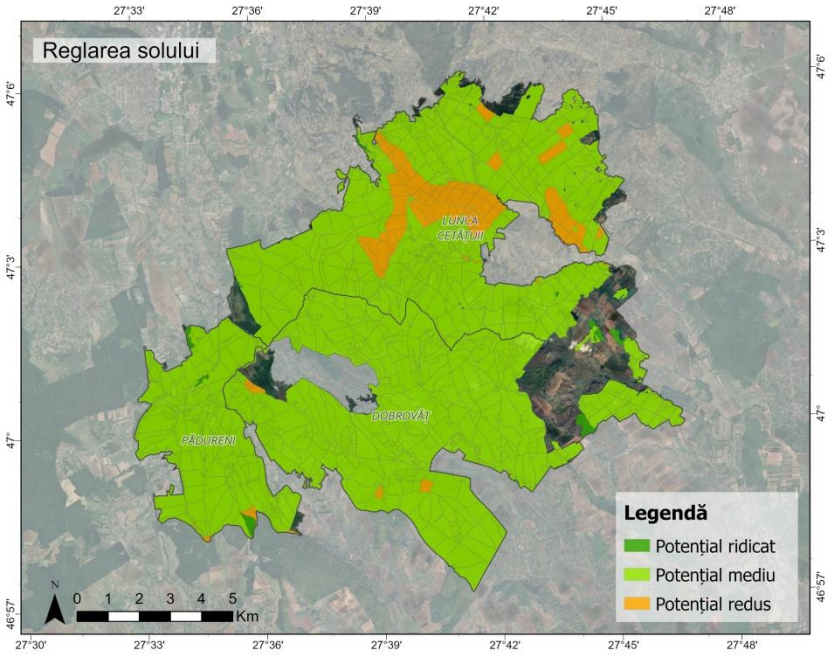

Figura nr. 40 Distribuția spațială a potențialului de protecție a solului în cadrul Pădurii Bârnova (date amenajamente silvice)

Evaluarea serviciului pe baza analizelor de sol

Analiza proprietăților solurilor forestiere a fost realizată în contextul particularităților pedologice și geomorfologice ale arealului, caracterizat prin predominanța preluvosolurilor, luvosolurilor și eutricambosolurilor, dezvoltate pe depozite argilo-marnoase. Relieful colinar fragmentat, cu altitudini cuprinse între aproximativ 80 și peste 400 m, favorizează manifestarea proceselor de eroziune, în special pe versanții cu înclinări accentuate.

Rezultatele analizelor de laborator evidențiază, în general, valori ale densității aparente corespunzătoare unui grad redus de compactare, favorabile infiltrării apei și dezvoltării sistemului radicular. Totodată, indicatorii analizați anterior pentru evaluarea reglării climatice, respectiv carbonul organic total și stocul de carbon din sol, oferă informații relevante privind acumularea materiei organice și menținerea fertilității și stabilității structurale a solurilor.

Variabilitatea spațială a acestor indicatori reflectă influența condițiilor pedologice, geologice și geomorfologice, evidențiind contribuția vegetației forestiere la conservarea proprietăților solului și la reducerea susceptibilității la eroziune.

În ansamblu, rezultatele confirmă importanța Pădurii Bârnova pentru protecția solurilor, prin menținerea acoperirii forestiere, stabilizarea versanților și susținerea proceselor naturale care contribuie la conservarea structurii și fertilității acestora.

V.4.4. Conservarea biodiversității și habitatelor

Pădurea Bârnova îndeplinește un rol important în conservarea biodiversității regionale, prin diversitatea habitatelor naturale și seminaturale, complexitatea structurală a arboretelor și continuitatea suprafețelor forestiere. Evaluarea acestui serviciu ecosistemic a fost realizată prin analiza funcțiilor atribuite arboretelor în amenajamentele silvice și a caracteristicilor habitatelor și speciilor de interes conservativ.

Potențialul de conservare conform amenajamentelor silvice

Distribuția spațială evidențiază predominanța suprafețelor cu potențial ridicat de menținere a habitatelor și biodiversității, asociate în principal pădurilor incluse în rețeaua Natura 2000 (5M), pădurilor naturale seculare (5P), celor destinate conservării resurselor genetice (5L), rezervațiilor naturale (5C) și rezervațiilor seminologice (5H). Potențialul mediu caracterizează arboretele cu funcții mixte, în timp ce suprafețele cu potențial redus sunt restrânse și asociate predominant funcțiilor de producție sau altor utilizări care presupun intervenții silvice mai frecvente.

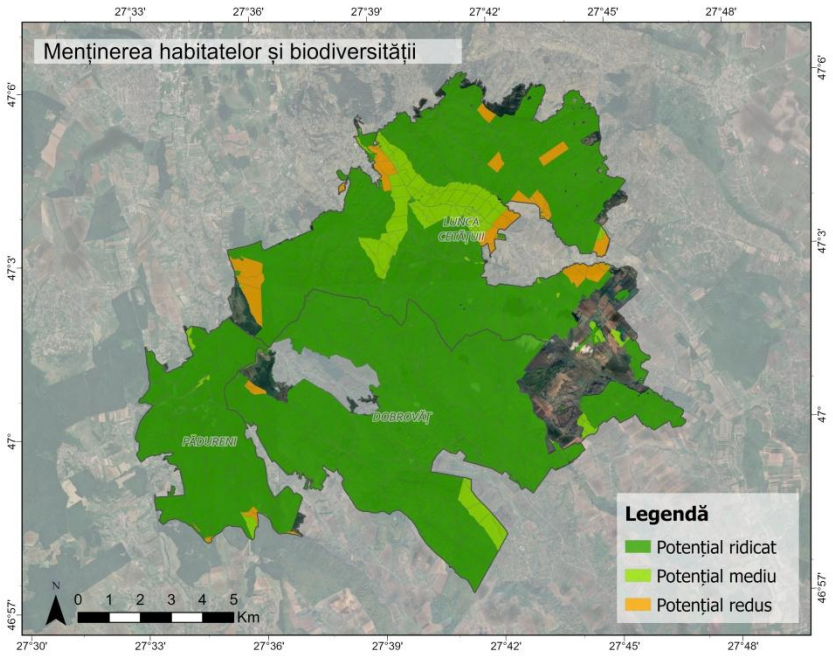

Figura nr. 41 Distribuția spațială a potențialului de menținere a habitatelor și biodiversității în cadrul Pădurii Bârnova (date amenajamente silvice)

Habitate și biodiversitate

Diversitatea biologică a Pădurii Bârnova este susținută de existența unui mozaic de habitate, reprezentat în principal de habitatele forestiere 91Y0 – Păduri dacice de stejar și carpen și 9130 – Păduri de fag de tip Asperulo-Fagetum, completate de habitate seminaturale precum 6520, 40C0* și 62C0*. Această diversitate contribuie la menținerea unor condiții ecologice favorabile pentru numeroase specii de floră și faună.

Un rol esențial îl au arborii maturi și bătrâni, lemnul mort, microhabitatele forestiere și structura etajată a vegetației, care asigură resurse de hrană, adăpost și reproducere pentru numeroase organisme. Importanța acestor elemente este evidențiată de prezența a 18 specii de nevertebrate de interes comunitar identificate în cadrul sitului, *inclusiv Lucanus cervus, Rosalia alpina, Cerambyx cerdo, Morimus funereus* și *Osmoderma barnabita* (Popescu & Gostin, 2025).

Diversitatea faunistică este completată de specii de lilieci, precum *Barbastella barbastellus* și *Myotis bechsteinii*, precum și de amfibieni de interes comunitar. Totodată, aria de protecție specială avifaunistică ROSPA0092 Pădurea Bârnova adăpostește peste 100 de specii de păsări, inclusiv *Aquila pomarina, Circaetus gallicus, Pernis apivorus* și *Dryocopus martius*.

Existența arboretelor aflate în diferite stadii de dezvoltare, de la regenerare până la maturitate și îmbătrânire, contribuie la diversificarea habitatelor și la menținerea proceselor ecologice. De asemenea, continuitatea spațială a masivului forestier favorizează conectivitatea ecologică, deplasarea speciilor și schimburile genetice dintre populații.

În ansamblu, rezultatele evidențiază faptul că menținerea habitatelor și biodiversității reprezintă una dintre funcțiile dominante ale Pădurii Bârnova, fiind susținută de diversitatea habitatelor, complexitatea structurală a arboretelor și continuitatea ecologică a ecosistemului forestier.

V.4.5. Percepția comunității asupra serviciilor ecosistemice de reglare

Percepția comunității locale

Rezultatele evidențiază aprecierea ridicată a serviciilor de reglare de către comunitățile locale, în special prevenirea inundațiilor și protejarea calității apei (97,3% fiecare), reglarea temperaturii (85,1%) și menținerea calității aerului (83,8%). Efectele microclimatice percepute includ persistența stratului de zăpadă și moderarea temperaturilor estivale. Totodată, 91,9% dintre respondenți susțin conservarea naturii, recunoscând importanța acesteia pentru mediu, sănătate și generațiile viitoare.

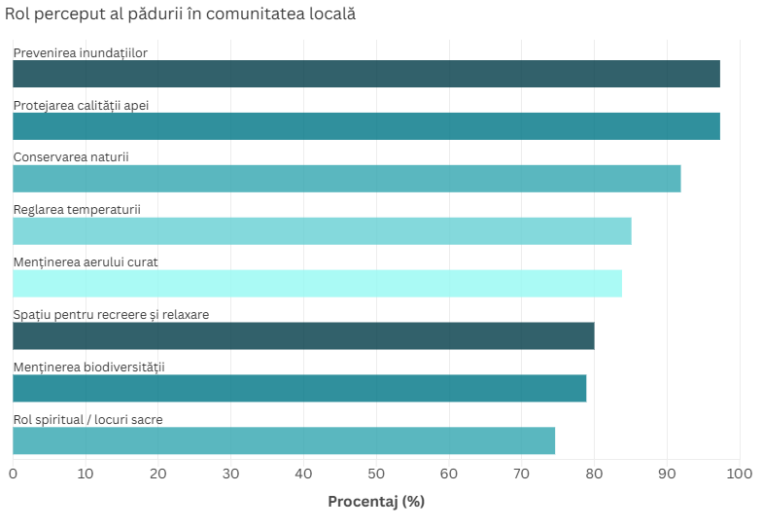

Figura nr. 42 Rolul perceput al pădurii în comunitatea locală

Percepția populației urbane

În cazul respondenților din mediul urban, beneficiile climatice sunt asociate în principal cu moderarea temperaturilor în sezonul cald (33%), persistența stratului de zăpadă (28%), influența asupra precipitațiilor (22%) și reducerea frecvenței fenomenelor meteorologice extreme (15%).

Conservarea naturii este considerată importantă de 95,8% dintre respondenți, fiind asociată în special cu menținerea calității aerului, îmbunătățirea sănătății și a calității vieții, protecția biodiversității și păstrarea patrimoniului natural pentru generațiile viitoare.

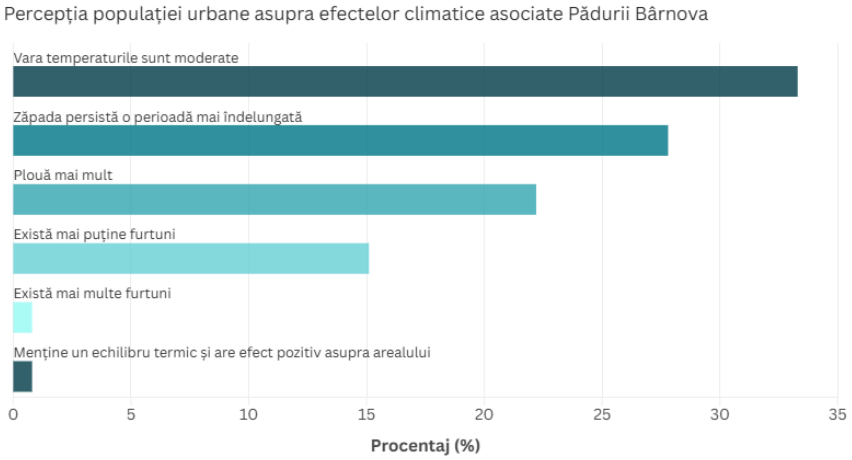

Figura nr. 43 Percepția populației urbane asupra efectelor climatice asociate Pădurii Bârnova

Analiza comparativă a percepțiilor comunității locale și ale populației urbane

Compararea percepțiilor evidențiază diferențe între comunitățile locale, care valorizează predominant funcțiile hidrologice și reducerea riscurilor naturale, și respondenții urbani, care apreciază mai ales confortul termic, sănătatea și calitatea mediului. Ambele categorii manifestă un nivel ridicat de susținere a conservării naturii (91,9% și, respectiv, 95,8%), subliniind necesitatea integrării perspectivelor diferitelor categorii de beneficiari în managementul Pădurii Bârnova.

V.4.6. Multifuncționalitatea serviciilor ecosistemice de reglare și menținere

Multifuncționalitatea serviciilor ecosistemice de reglare și menținere a fost evaluată prin corelarea clasificării CICES cu grupele funcționale atribuite arboretelor prin amenajamentele silvice, evidențiind suprapunerea funcțiilor ecologice la nivelul Pădurii Bârnova.

Rezultatele indică un grad ridicat de multifuncționalitate, serviciile de menținere a populațiilor și habitatelor (CICES 2.3.1.2), reglare a climei micro și regionale (2.3.5.2), menținere a ciclului hidrologic (2.2.2.1) și formare și menținere a solului (2.3.3.2) fiind asociate tuturor grupelor funcționale și întregii suprafețe forestiere analizate, de 12.558,9 ha.

Reglarea climei globale prin stocarea carbonului (CICES 2.3.5.1) este asociată unei suprafețe de 11.738,8 ha, în timp ce stabilizarea maselor și controlul eroziunii (2.2.1.1), filtrarea și sechestrarea realizată de biotă (2.1.1.2) și menținerea stării chimice a apelor dulci (2.3.4.1) corespund unor suprafețe de 11.005,1 ha, 11.112,8 ha și, respectiv, 10.894,8 ha.

În contrast, serviciul de mediere a zgomotului și poluării (CICES 2.1.2.3) prezintă cea mai restrânsă distribuție, fiind asociat grupelor funcționale 2B, 4B și 4E, pe o suprafață cumulată de 509,2 ha. Această distribuție reflectă caracterul localizat al serviciului, în special în apropierea infrastructurii de transport și a zonelor locuite.

În ansamblu, rezultatele evidențiază suprapunerea spațială a serviciilor de reglare și menținere, demonstrând că aceleași suprafețe forestiere contribuie simultan la conservarea biodiversității, reglarea climatică și hidrologică și protecția solurilor. Această multifuncționalitate subliniază importanța unui management forestier integrat, orientat către menținerea funcțiilor ecologice și a beneficiilor furnizate pe termen lung..

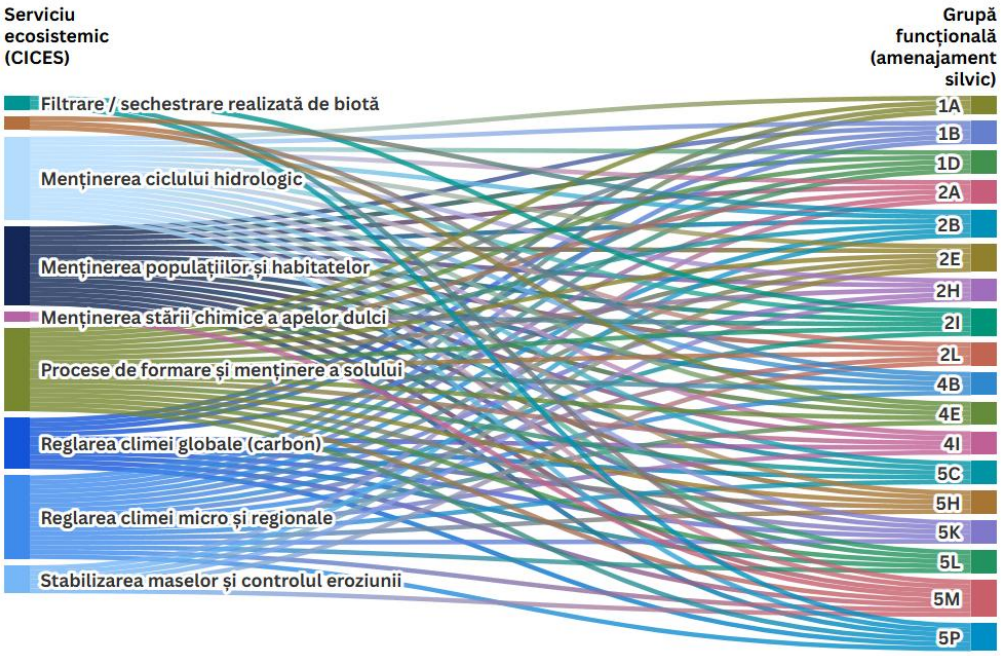

Figura nr. 44 Relațiile dintre serviciile ecosistemice de reglare și menținere (CICES) și grupele funcționale din cadrul Pădurii Bârnova

VI. Discuții

VI.1. Evaluarea integrată a serviciilor ecosistemice forestiere – de la funcția productivă la multifuncționalitatea ecosistemelor

Rezultatele cercetării evidențiază caracterul multifuncțional al Pădurii Bârnova, în cadrul căreia serviciile ecosistemice de aprovizionare, reglare și culturale coexistă și se influențează reciproc. Această perspectivă depășește abordarea tradițională a managementului forestier, centrată predominant pe producția de masă lemnoasă, și evidențiază importanța beneficiilor ecologice și sociale furnizate de ecosistemele forestiere.

Integrarea amenajamentelor silvice cu clasificarea CICES, analizele biofizice, tehnicile GIS și de teledetecție, precum și investigațiile sociologice a permis evidențierea relațiilor dintre structura pădurii, funcțiile sale ecologice și beneficiile oferite societății. Rezultatele susțin necesitatea evaluării integrate a serviciilor ecosistemice în fundamentarea managementului forestier durabil.

VI.2. Managementul forestier și serviciile ecosistemice de aprovizionare

Analiza serviciilor de aprovizionare evidențiază faptul că valoarea economică și socială a Pădurii Bârnova nu se limitează la producția de masă lemnoasă, ci include și produsele forestiere nelemnoase, plantele medicinale, ciupercile și resursele melifere, care contribuie la diversificarea beneficiilor pentru comunitățile locale.

Furnizarea acestor resurse este dependentă de menținerea biodiversității și a funcționalității ecosistemelor forestiere. În acest context, certificările FSC și PEFC existente la nivelul ocoalelor silvice analizate reprezintă instrumente de susținere a practicilor de gospodărire responsabilă, prin promovarea conservării habitatelor, protecției resurselor naturale și utilizării durabile a produselor forestiere.

VI.3. Serviciile ecosistemice culturale și rolul social al Pădurii Bârnova

Poziționarea Pădurii Bârnova în proximitatea municipiului Iași determină o importanță deosebită a serviciilor ecosistemice culturale, asociate recreerii, educației, identității locale și valorilor spirituale. Analiza traseelor recreative și a datelor provenite din platforma Strava a permis evidențierea utilizării efective a pădurii pentru activități sportive și recreative, completând informațiile obținute prin observații de teren și chestionare.

Diferențele dintre percepțiile respondenților evidențiază caracterul contextual al acestor servicii. Populația urbană valorizează predominant oportunitățile recreative și beneficiile pentru sănătate și bunăstare, în timp ce comunitățile locale acordă o importanță mai mare resurselor forestiere și valorilor identitare. Aceste rezultate subliniază necesitatea includerii dimensiunii sociale în planificarea utilizării și conservării ecosistemului forestier.

VI.4. Serviciile ecosistemice de reglare – fundamentul funcționării ecosistemelor forestiere

Serviciile ecosistemice de reglare constituie suportul ecologic al celorlalte categorii de beneficii furnizate de Pădurea Bârnova. Evaluarea integrată a vegetației, solului, apei și

caracteristicilor climatice a evidențiat importanța ecosistemului forestier pentru reglarea climei, protecția resurselor hidrice, conservarea solurilor și menținerea biodiversității.

Analiza multitemporală NDVI, corelată cu indicatorii climatici și proprietățile fizico-chimice ale solului, a evidențiat relațiile dintre dinamica vegetației și condițiile de mediu, precum și distribuția diferențiată a carbonului organic și a stocurilor de carbon din sol. Aceste rezultate susțin importanța pădurii pentru reglarea climatică și evidențiază necesitatea monitorizării ecosistemelor forestiere în contextul schimbărilor climatice.

În ceea ce privește reglarea hidrologică, analiza funcțiilor arboretelor și a caracteristicilor fizico-chimice ale apelor a evidențiat variabilitatea spațială a indicatorilor analizați și influența condițiilor naturale asupra acestora. Totodată, proprietățile solurilor și distribuția arboretelor cu funcții de protecție subliniază rolul acoperirii forestiere în limitarea eroziunii și menținerea stabilității terenurilor.

Conservarea biodiversității reprezintă o componentă fundamentală a funcționalității ecosistemului forestier, diversitatea habitatelor și complexitatea structurală a arboretelor contribuind la susținerea proceselor ecologice. Rezultatele evidențiază astfel interdependența dintre serviciile de reglare și necesitatea menținerii integrității ecosistemelor pentru asigurarea furnizării lor pe termen lung.

VI.5. Implicațiile rezultatelor pentru managementul durabil al Pădurii Bârnova

Rezultatele cercetării susțin necesitatea unei abordări integrate a managementului forestier, în care obiectivele de producție, conservare a biodiversității, protecție a resurselor naturale și utilizare recreativă să fie analizate împreună. Modificările structurii arboretelor sau degradarea habitatelor pot influența simultan mai multe categorii de servicii ecosistemice, ceea ce impune evitarea prioritizării exclusive a funcției productive.

Integrarea datelor silvice, biofizice, spațiale și sociologice oferă un cadru metodologic util pentru fundamentarea deciziilor de management, prin evidențierea atât a potențialului ecologic al pădurii, cât și a nevoilor diferitelor categorii de beneficiari.

În cazul Pădurii Bârnova, statutul de arie naturală protejată și proximitatea municipiului Iași accentuează necesitatea unui management adaptativ și multifuncțional, orientat către conservarea habitatelor, utilizarea responsabilă a resurselor și menținerea beneficiilor ecologice și sociale pe termen lung.

VII. Concluzii

Rezultatele cercetării confirmă caracterul multifuncțional al Pădurii Bârnova, evidențiind interdependența dintre serviciile ecosistemice de aprovizionare, de reglare și culturale. Valoarea acestui ecosistem forestier depășește funcția productivă tradițională, fiind determinată de ansamblul beneficiilor ecologice, economice și sociale furnizate comunităților umane.

Cercetarea a confirmat ipoteza conform căreia furnizarea serviciilor ecosistemice rezultă din interacțiunea dintre structura și funcționarea ecosistemelor forestiere, caracteristicile naturale ale mediului și practicile de management silvic. În acest context, multifuncționalitatea reprezintă o caracteristică fundamentală a pădurii, care permite furnizarea simultană a resurselor naturale, menținerea proceselor ecologice și satisfacerea nevoilor sociale și culturale.

Principala contribuție științifică a tezei constă în realizarea unei evaluări integrate a serviciilor ecosistemice furnizate de Pădurea Bârnova, prin corelarea amenajamentelor silvice și a clasificării CICES cu analizele biofizice, tehnicile GIS și de teledetecție și investigațiile sociologice. Această abordare a permis evidențierea relațiilor dintre funcțiile ecologice ale pădurii, distribuția spațială a serviciilor ecosistemice și beneficiile percepute de populație.

Rezultatele demonstrează utilitatea amenajamentelor silvice ca sursă de informații pentru evaluarea multifuncționalității forestiere, dincolo de rolul lor tradițional în planificarea gospodăririi pădurilor. Totodată, integrarea dimensiunii sociale a evidențiat diferențe între percepțiile comunităților locale și ale respondenților din mediul urban, subliniind necesitatea adaptării managementului forestier la particularitățile și nevoile diferitelor categorii de beneficiari.

Din perspectivă aplicativă, cercetarea susține integrarea serviciilor ecosistemice în planificarea și administrarea fondului forestier, prin corelarea obiectivelor de conservare a biodiversității cu utilizarea durabilă a resurselor, adaptarea la schimbările climatice și menținerea funcțiilor recreative și sociale. Metodologia interdisciplinară utilizată poate fi adaptată și aplicată și altor ecosisteme forestiere, contribuind la dezvoltarea unor instrumente de evaluare și monitorizare a capitalului natural.

În concluzie, Pădurea Bârnova reprezintă un exemplu relevant de ecosistem forestier multifuncțional, a cărui importanță ecologică și socială este amplificată de proximitatea municipiului Iași. Rezultatele obținute evidențiază necesitatea unui management forestier integrat și adaptativ, capabil să asigure conservarea funcțiilor ecosistemice și menținerea beneficiilor furnizate societății pe termen lung.

Bibliografie

1. Adhikari, K., & Hartemink, A. E. (2016). Linking soils to ecosystem services. Geoderma, 262, 101–111. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.009

2. Băcăuanu, V., Barbu, N., Pantazică, M., Ungureanu, Al., & Chiriac, D. (1980). Podișul Moldovei. Natură, om, economie. Editura Științifică și Enciclopedică, București.

3. Bennett, E. M., Peterson, G. D., & Gordon, L. J. (2009). Understanding relationships among multiple ecosystem services. Ecology Letters, 12(12), 1394–1404. https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01387.x

4. Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 3(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

5. Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., & Müller, F. (2012). Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. Ecological Indicators, 21, 17–29. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019

6. Chan, K. M. A., Satterfield, T., & Goldstein, J. (2012). Rethinking ecosystem services to better address and navigate cultural values. Ecological Economics, 74, 8–18. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.11.011

7. Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 387, 253–260. https://doi.org/10.1038/387253a0

8. Daily, G. C. (Ed.). (1997). Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems. Island Press.

9. Daniel, T. C., Muhar, A., Arnberger, A., et al. (2012). Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(23), 8812–8819. https://doi.org/10.1073/pnas.1114773109

10. de Groot, R. S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., & Willemen, L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. Ecological Complexity, 7(3), 260–272. https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006

11. Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., et al. (2018). Assessing nature's contributions to people. Science, 359(6373), 270–272. https://doi.org/10.1126/science.aap8826

12. Dominati, E., Patterson, M., & Mackay, A. (2010). A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. Ecological Economics, 69, 1858–1868. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.05.002

13. Duncker, P. S., Raulund-Rasmussen, K., Gundersen, P., et al. (2012). How forest management affects ecosystem services, including timber production and economic return: Synergies and trade-offs. Ecology and Society, 17(4). https://doi.org/10.5751/ES-05066-170450

14. European Commission. (2014). Mapping and assessment of ecosystems and their services (MAES). Publications Office of the European Union.

15. Fish, R., Church, A., & Winter, M. (2016). Conceptualising cultural ecosystem services: A novel framework for research and critical engagement. Ecosystem Services, 21, 208–217. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.09.002

16. Florea, N., & Munteanu, I. (2012). Sistemul Român de Taxonomie a Solurilor (SRTS). Editura Sitech.

17. Gamfeldt, L., Snäll, T., Bagchi, R., et al. (2013). Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species. Nature Communications, 4, 1340. https://doi.org/10.1038/ncomms2328

18. Haines-Young, R., & Potschin, M. B. (2010). The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. În D. G. Raffaelli & C. L. J. Frid (Eds.), Ecosystem Ecology: A New Synthesis (pp. 110–139). Cambridge University Press.
19. ICAS – Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Silvicultură „Marin Drăcea". (2018). Amenajamentul fondului forestier proprietate publică a statului administrat de Ocolul Silvic Lunca Cetățuii. Direcția Silvică Iași.
20. ICAS – Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Silvicultură „Marin Drăcea". (2018). Amenajamentul fondului forestier proprietate publică a statului administrat de Ocolul Silvic Dobrovăț. Direcția Silvică Iași.
21. ICAS – Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Silvicultură „Marin Drăcea". (2019). Amenajamentul fondului forestier proprietate publică a statului administrat de Ocolul Silvic Pădureni. Direcția Silvică Iași.
22. IPBES. (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
23. Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). Ecosystems and human well-being: Synthesis. Island Press.
24. Nedkov, S., Campagne, S., Borisova, B., et al. (2022). Modeling water regulation ecosystem services: A review in the context of ecosystem accounting. Ecosystem Services, 56, 101458. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101458
25. Nelson, E., Mendoza, G., Regetz, J., et al. (2009). Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. Frontiers in Ecology and the Environment, 7. https://doi.org/10.1890/080023
26. Nicoară, M., & Bomher, E. (2014). Ghidul ariilor protejate din județul Iași. Editura Tipo Moldova.
27. Pan, Y., et al. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. Science, 333, 988–993. https://doi.org/10.1126/science.1201609
28. Sincron. (2015). Planul de management al sitului ROSCI0135 Pădurea Bârnova–Repedea. Iași.
29. TEEB. (2010). The economics of ecosystems and biodiversity: Ecological and economic foundations. Earthscan.
30. Vlami, V., Kokkoris, I. P., Zogaris, S., Kehayias, G., & Dimopoulos, P. (2021). Cultural Ecosystem Services in the Natura 2000 Network: Introducing Proxy Indicators and Conflict Risk in Greece. Land, 10(1), 4. https://doi.org/10.3390/land10010004