

UNIVERSITATEA “BABEȘ-BOLYAI” CLUJ-NAPOCA

FACULTATEA DE GEOGRAFIE

ȘCOALA DOCTORALĂ DE GEOGRAFIE

**BAZINUL MORFOHIDROGRAFIC AL MAREI - STUDIU DE
GEOGRAFIE INTEGRATĂ DIN PERSPECTIVA
EMERGETICĂ**

-Rezumatul tezei de doctorat-

Conducător de doctorat:

PROF.UNIV.DR. DĂNUȚ PETREA

Student doctorand:

SILVIU VASILE BUMBAK

2017

Cuprins

1	BAZINUL MORFOHIDROGRAFIC AL MAREI CA SISTEM ENERGETIC. ASPECTE INTRODUCATIVE.....	5
1.1	Motivația alegerii temei de cercetare.....	6
1.2	Bazinele hidrografice – unități naturale de management teritorial.....	7
1.3	Argumentare cu privire la relevanța temei de cercetare și implicațiile practice ale acesteia.....	8
1.3.1	Ipoteze și obiective de cercetare.....	8
1.3.2	Obiectivele de referință ale cercetării.....	10
1.3.3	Etapele cercetării și metodologia utilizată.....	11
1.3.4	Aplicabilitatea rezultatelor.....	11
2	FUNDAMENTARE TEORETICĂ PRIVIND ABORDAREA ENTITĂȚILOR TERITORIALE CA STRUCTURI SISTEMICE.....	13
2.1	Retrospectivă privind abordarea entităților teritoriale ca structuri sistemice integrate – Paradigme / Teorii.....	13
2.1.1	Teoria Sistemelor - realitatea teritorială ca sistem.....	14
2.1.2	Bazinele hidrografice ca sisteme teritoriale.....	15
2.2	Sistemele teritoriale ca sisteme termodinamice.....	17
2.2.1	Energia și materia în sistemele teritoriale.....	17
2.2.2	Legile termodinamicii și principiul puterii maxime.....	18
2.2.3	Ierarhie și organizare în sistemele termodinamice.....	19
2.3	Stocuri și fluxuri.....	19
2.3.1	Resurse energetice de tip stoc.....	20
2.3.2	Resurse energetice de tip flux.....	20
3	ASPECTE METODOLOGICE ȘI PROCEDURALE.....	22
3.1	Teoria emergiei – suport metodologic integrat.....	22
3.2	Emergia și ierarhia energetică.....	24
3.3	Transformitatea – formă de reductibilitate și uniformizare a parametrilor măsurabili sub o singură unitate de măsură.....	25
3.3.1	Unități de măsură standard a parametrilor măsurabili în evaluarea emergentă.....	25
3.4	Procedura de evaluare emergentă.....	26
3.4.1	Limbajul sistemic grafic – model conceptual de abstractizare a realității teritoriale.....	26
3.4.2	Variabilele sistemice ca și resurse energetice. Stabilirea categoriilor energetice de tip flux și stoc.....	27
3.4.3	Divizarea suprafeței bazinului în unități energetice omogene.....	28
3.4.4	Conceperea modelului tabelar.....	30

3.4.5	Analiza și comentarea indicatorilor de performanță.....	31
3.5	Date și instrumente utilizate în cercetare.....	32
4	INDIVIDUALITATEA FIZICO – GEOGRAFICĂ A BAZINULUI MAREI – FACTORI DE STRUCTURARE ȘI INTEGRARE SISTEMICĂ.....	33
4.1	Retrospectivă privind cercetările geografice asupra bazinului Mării.....	33
4.2	Așezarea geografică.....	34
4.3	Trăsături definitorii ale substratului geologo-geomorfologic.....	35
4.3.1	Considerații cu privire la evoluția paleogeografică.....	35
4.3.2	Alcătuirea geologică.....	37
4.3.3	Tipuri genetice de relief.....	49
4.3.4	Trepte și subunități de relief.....	43
4.3.5	Aspecte de geomorfometrie.....	45
4.3.6	Procese geomorfologice contemporane.....	54
5	INDIVIDUALITATEA HIDRO-CLIMATICĂ A BAZINULUI MAREI.....	57
5.1	Caracteristici climatice și topoclimatice de ansamblu.....	57
5.1.1	Repartiția radiației solare.....	57
5.1.2	Circulația și condițiile atmosferice.....	60
5.2	Componenta hidrică.....	71
5.2.1	Resursele de apă de suprafață.....	71
5.2.2	Resursele de apă subterane și freatice.....	74
6	CARACTERISTICI BIOPEDOLOGICE ÎN BAZINUL MAREI.....	75
6.1	Învelișul edafic.....	75
6.1.1	Tipuri genetice de sol.....	75
6.1.2	Conținutul de carbon și materie organică.....	76
6.1.3	Susceptibilitatea la eroziune a solului.....	80
6.1.4	Solurile – resurse energetice de tip stoc.....	81
6.2	Învelișul vegetal primar.....	82
6.2.1	Dinamica fondului forestier.....	83
6.2.2	Fondul forestier – resursă energetică de tip stoc.....	84
7	ASPECTE ALE ORGANIZĂRII TERITORIALE ÎN BAZINUL MAREI.....	89
7.1	Componenta socio-economică.....	89
7.1.1	Caracteristici demografice.....	90
7.1.2	Structura vetrelor de locuire.....	92
7.1.3	Infrastructura tehnică – resursă energetică de tip stoc.....	96
7.2	Tipuri de valorificare a terenurilor.....	101
7.2.1	Specificitatea profilului economic.....	103
7.2.2	Indicele de management al terenurilor.....	106
8	FLUXURI DE ENERGIE ÎN BAZINUL MAREI.....	108

8.1	Resurse energetice naturale regenerabile de tip flux (de intrare).....	108
8.1.1	Energia geotermică – potențialul geotermic endogen.....	108
8.1.2	Energia solară – exponent al potențialului energetic exogen.....	110
8.1.3	Energia eoliană – potențialul energetic al suprafeței de contact.....	112
8.1.4	Energia precipitațiilor – potențialul energetic fizic și chimic (evapotranspirația).....	113
8.1.5	Evaluarea potențialului energetic de suprafață al resurselor naturale de tip flux.....	117
8.2	Resurse energetice naturale neregenerabile de tip flux	118
8.2.1	Resursele de sol expuse eroziunii.....	119
8.2.2	Resursele minerale.....	121
8.3	Resurse energetice antropice de tip flux (de import).....	122
8.3.1	Flux de energie și materie importată în bazinul Mării.....	123
8.4	Resurse energetice de tip flux (de export).....	126
8.4.1	Exportul de energie geopotențială și capital natural neregenerabil.....	126
8.4.2	Domeniul forestier – subsistem de producție primară și resursă de consum.....	127
8.4.3	Domeniul agricol – subsistem de producție secundară și resursă de export.....	128
9	REZULTATE ȘI DISCUȚII.....	130
9.1	Bilanțul fluxului anual de energie în bazinul Mării.....	130
9.2	Indicatori de performanță.....	133
9.3	Disfuncții identificate.....	135
	Concluzii.....	137
	Bibliografie.....	139

Cuvinte cheie: bazinul morfohidrografic al Mării, sistem teritorial, energie, sistem energetic, flux de energie, energie, procedura de evaluare energetică

Introducere

Prezenta lucrare, structurată pe nouă capitole, își propune să aducă în atenția celor în a căror atribuții profesionale este inclusă responsabilitatea gestionării unui teritoriu faptul că entități teritoriale delimitate pe criteriul morfohidrografic pot fi luate în calcul ca o alternativă viabilă în segmentarea și gestionarea responsabilă a resurselor conținute. Teza prezintă și explică un procedeu de lucru eficient prin intermediul căruia rezultă noi conținuturi informaționale ce ar putea fi folosite în cadrul proceselor de concepere a unor strategii de dezvoltare teritorială.

Abordarea teoretico-metodologică este în spiritul paradigmei sistemice, aplicând ca metodă de evaluare cantitativă a resurselor definiții ale sistemului teritorial premisele **teoriei energiei**. Acest ansamblu metodologic și procedural s-a dovedit a fi un suport logic de mare valoare, care a contribuit din plin la găsirea unei modalități pertinente de abstractizare a unei realități teritoriale complexe, atât din punct de vedere al suportului fizico-geografic cât și din punct de vedere al gradului de antropizare. Suportul metodologic a reprezentat un instrument pertinent **în cuantificarea de o manieră integrată, pe considerente energetice**, a tuturor variabilelor sistemice, putându-se constitui ca și metodă cantitativă chiar și în domeniul geografiei. Evaluările sistemice prin intermediul metodologiei energetice permit conturarea stării sistemului teritorial la un moment dat prin cuantificarea fluxului de energie ce tranzitează sistemul. Pe de altă parte, acest tip de analiză poate contribui la generarea unui instrument de evaluare teritorială care să vină în sprijinul acțiunilor de planning și management.

Primele două capitole sintetizează punctual obiectivele și scopul cercetării, urmate de o pledoarie privind susținerea eforturilor de implementare a gândirii sistemice în surmontarea unor provocări cu care se confruntă comunitățile umane în spațiile pe care le ocupă, explicând care sunt resorturile științifice care stau la baza acestui tip de abordare.

Capitolul trei detaliază suportul teoretico-metodologic furnizat de teoria energiei, concept perfectat în Statele Unite ale Americii unde s-a dezvoltat cu precădere în cadrul științelor ambientale. Autorul apreciază pragmatismul acestei abordări precum și eficiența în măsurarea cantitativă a parametrilor sistemici, cu atât mai mult cu cât metoda permite încorporarea platformelor SIG în calculul și analiza distribuției spațiale a energiilor care definesc sistemul.

Din punctul de vedere al rezultatelor parțiale, următoarele capitole prezintă demersul propriu-zis de analiză a bazinului morfohidrografic al Mării ca entitate sistemică. Acestea prezintă caracterizarea sintetică a componentelor sale și transpunerea „realității” teritoriale prin intermediul unui model conceptual folosind limbajul grafic propriu sistemelor energetice.

Caracteristicile definiției ale bazinului Mării din punct de vedere fizico-geografic precum și cuantificarea din punct de vedere energetic a principalelor forme materiale de stocaj au fost surprinse în cadrul capitolelor patru – șapte.

Detalierea principalelor categorii de resurse energetice de tip flux definiții pentru funcționarea sistemului, calcularea fluxurilor de energie care tranzitează sistemul teritorial și obținerea unor indicatori de performanță care pot să creioneze starea sistemului, au constituit obiectivele penultimelor două capitole.

Această lucrare a fost elaborată cu sprijinul parțial acordat prin proiectul POSDRU/159/1.5/S/132400, cu titlul “Tineri cercetători de succes – dezvoltare profesională în context interdisciplinar și internațional” implementat de către Universitatea Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca în parteneriat cu Academia Română Filiala Cluj, Universitatea din București, Universitatea “Alexandru Ioan Cuza” din Iași și Universitatea de Vest din Timișoara.

1. BAZINUL MORFOHIDROGRAFIC AL MAREI CA SISTEM ENERGETIC. ASPECTE INTRODUCATIVE

În primul rând, am urmărit să identificăm o modalitate de evaluare a potențialului teritorial pe baza unor suporturi conceptuale și metodologice oarecum inedite, care să asigure un grad relevant de originalitate și noutate, aspecte indispensabile în condiția unei teze de doctorat. Am apreciat că un asemenea studiu ar putea lansa o perspectivă diferită asupra tipologiei și naturii variabilelor ce edifică “zestrea” teritorială, în sensul că acestea *ar putea fi interpretate ca și resurse a căror valoare energetică poate fi evaluată cantitativ, utilizând un denominator comun.*

Pentru reușita unui demers precum cel expus mai sus am considerat oportună aplicarea unei metodologii de cercetare ce valorifică premisele așa-numitei *Teorii a Emergenței (Emergy Theory)* (Odum, 1996, Odum et al., 2003, Brown et al., 2004, Hau et al., 2004), utilizată începând cu anii 1960 - 70 în diverse studii științifice ce au avut ca scop evaluarea distribuției și a disponibilității resurselor pe un teritoriu dat. *Suportul metodologic se conturează într-un model integrat de diagnoză a funcției de stare a sistemului, din perspectivă energetică.*

Prin adaptarea metodologiei aferente teoriei emergenței la caracteristicile specifice ale bazinului morfohidrografic al Mării, studiul își *asumă drept obiectiv major cunoașterea în profunzime, dintr-o perspectivă sistemică, a caracteristicilor sistemului teritorial prin identificarea, conceptualizarea și măsurarea valorii energetice a resurselor sistemice esențiale în funcționarea acestuia, cu scopul evaluării intensității fluxurilor de energie, a distribuției spațiale și a disponibilității energetice a componentelor sale.*

➤ Obiective derivate

- Identificarea și reprezentarea grafică a variabilelor / resurselor definitorii ale sistemului teritorial bazinal al Mării prin intermediul limbajului sistemelor energetice (**energy systems language**);
- Aplicarea procedeelelor de calcul specifice metodologiei emergetice pentru calcularea cantității de energie / emergie generate prin fluxurile ce tranzitează bazinul morfohidrografic al Mării într-un an de referință;
- Aplicarea procedeelelor de calcul specifice metodologiei emergetice pentru calcularea cantităților de emergie cantonate în forme de stocaj naturale și antropice;
- conturarea “stării” sistemului teritorial bazinal al Mării din punct de vedere emergetic, generând o “radiografie” a teritoriului;
- Conceperea de reprezentări cartografice speciale ca instrumente, pe de-o parte **de vizualizare spațială a distribuției emergetice**, pe de altă parte, de sprijin la nivel decizional, în elaborarea unor posibile strategii de dezvoltare sau în furnizarea de soluții ca răspuns la diverse problematici specifice bazinului Mării.

2. FUNDAMENTARE TEORETICĂ PRIVIND ABORDAREA ENTITĂȚILOR TERITORIALE CA STRUCTURI SISTEMICE

Viziunea integrată și unitară asupra unui teritoriu se constituie într-un subiect de actualitate, atât printre geografi, cât și printre exegeți ai altor domenii științifice, ca de exemplu în științele ambientale sau în economie. Există o preocupare serioasă privind înglobarea conceptului de studii integrate în analiza a ceea ce definim ca realitate, dar și pentru promovarea unei metodologii de acest tip.

Definindu-le succint, sistemele reprezintă un set de componente aflate în interacțiune (Common et al., 2005). Particularitățile de organizare a unui sistem și capacitatea acestuia de a dezvolta proprietăți superioare calitativ, prin emergență, face ca atenția să fie concentrată pe modul de aranjare și interconectare a componentelor sistemice într-un întreg. Proprietățile (auto)organizatorice determină particularitățile unui sistem, independent de realitatea concretă a materiei din care sunt compuse părțile sale (particule, oameni, forme de relief, cursuri de apă, mase de aer, etc.).

Considerăm sistemul teritorial ca fiind cea mai adecvată categorie noțională utilizabilă într-un studiu geografic integrat. În geografia românească, abordarea sistemică a fost teoretizată pe larg de către Roșu și Irina Ungureanu (Roșu et al., 1977), Donisă (1977), Ichim (1989), Petrea (1998, 2005), Ianoș (2000, 2006), Mac (2000), Șimăndan (2003) ș.a. în lucrări care surprind viziunea contemporană asupra spațiului ca dimensiune fundamentală. Acesta s-a transformat dintr-un “container” de plasare a unor “obiecte” în variabila centrală a unui sistem de relații teritoriale (Ianoș et al., 2006 citat în Ianoș et al., 2010).

În sistemele teritoriale, spațiul fizic este “încărcat” de semnificație prin intermediul unor procese de *teritorialitate*, manifestate prin tendința comunității de a controla și valorifica porțiuni din acesta. Din acest punct de vedere, avantajul teoriei energiei constă în faptul că abordarea sistemică este utilizată pentru a sublinia caracterul univoc al relației dintre prosperitatea comunităților umane și integritatea resurselor de mediu. Prima nu se obține în detrimentul celeilalte.

Sistemele teritoriale ca sisteme termodinamice

Toate sistemele utilizează materia pentru a-și construi structura și pentru a stoca energia care tranzitează sistemul sau pentru a efectua schimburi energetice cu sistemele din jur. Materia (forma materială a energiei) necesită energie pentru a fi procesată, pentru că nimic nu se întâmplă în lipsa disponibilității energetice. Energia de orice tip, fie ea chimică, solară, eoliană, geotermică sau informațională este prezentă în orice (Odum et al., 2001). Energia reprezintă potențialul de a genera lucru mecanic, sau de a furniza căldură, fie că este vorba despre un proces fizic mecanic (a mișca un obiect) sau despre un proces chimic (de exemplu fotosinteza).

Legile termodinamicii sunt esențiale în înțelegerea condiției energetice a sistemelor teritoriale. Sistemele energetice sunt în fapt sisteme termodinamice, termodinamica studiind energia aflată în transformare. Transformările energetice implică energie, lucru și căldură. Atât energia și căldura, cât și lucrul, sunt măsurate cel mai frecvent utilizând, conform Sistemului Internațional privind unitățile de măsură, *Joule-ul*.

3. ASPECTE METODOLOGICE ȘI PROCEDURALE

Teoria energiei – suport metodologic integrat

Energia este energia utilizată direct sau indirect în trecut pentru a crea un produs sau pentru a furniza un serviciu (Voora et al., 2010), definindu-se în continuare ca energia încorporată și utilizată ca mijloc de măsurare a acțiunii cumulative a energiilor ce operează într-un lanț (Ianoș, 2000).

Conceptul de **energie** derivă din observațiile lui H.T. Odum, ecologist american renumit pentru munca de pionerat în domeniul ecologiei ecosistemelor și a teoriei sistemelor în general. Odum și-a concentrat atenția și o bună parte din viața profesională studiului variațiilor calitative ale energiilor, derivate din capacitatea diferită a acestora de a genera lucru, propunând metodologii complexe de cuantificare a acestora, metodologii ce au la bază un numitor comun.

Cu o puternică înclinație înspre principiile termodinamicii, metodologia emergetică are la bază premisele principiului al II-lea privind caracterul capacității de transformare și transfer al energiei. **Astfel, energia pentru o unitate dintr-o resursă de orice tip este exprimată ca produsul dintre cantitatea efectivă de energie și valoarea transformității solare a respectivei forme de energie** (pentru informații detaliate privind algoritmi de calcul utilizați în această lucrare, vezi anexa 1).

$$\text{Energia (seJ)} = \text{energia disponibilă (J)} * \text{transformitatea (seJ/J)}$$

Menționăm de pe acum faptul că energia exprimată per unitatea de masă este denumită **energie specifică**, asta datorită faptului că energia solidelor este mult mai bine exprimată raportându-ne la masa acestora (Viglia et al., 2014).

$$\text{Energia (seJ)} = \text{cantitatea disponibilă (g)} * \text{energie specifică (seJ/g)}$$

Abordarea emergetică utilizează valori de energie bazate pe fluxurile de energie disponibilă, potrivite sau convertite în forme de energie capabile să producă mai mult lucru. Abordarea emergetică evaluează în mod obiectiv valorile bunurilor și serviciilor din mediul natural, din societate și economie, exprimându-le în **Emjoule**.

Pentru cunoașterea și determinarea unor astfel de valori, se utilizează **coeficienți de transformitate solară / coeficienți de energie specifică**, care reprezintă energia solară, exprimată în Joule, folosită în trecut pentru a produce un Joule de energie disponibilă la momentul actual sau un gram de masă (a se vedea abstractizarea ecuațiilor algebrice de mai sus).

Deoarece toate bunurile și serviciile disponibile ca și capital natural, social și economic pot fi exprimate în unități de energie, se pot face comparații astfel încât să se poată evalua capacitatea de sustenabilitate a unui sistem teritorial.

În ciuda percepției complexității conceptuale și metodologice, abordarea emergetică este utilizată cu succes atât în mediul academic (Bastianoni et al., 2007, Pulselli et al., 2008, Ulgiati et al., 2011, Brown et al., 2008), cât și în activitatea multor instituții publice, ca de exemplu, Agenția pentru Protecția Mediului (U.S. EPA), sau Agenția pentru Managementul Pădurilor (U.S. Forest Service) din Statele Unite, pentru sprijinirea politicilor în procesul decizional (Brown et al., 2007, Campbell et al., 2009, citat de Voora et al., 2010). În Europa, grupul din cadrul departamentelor pentru Științele Pământului, Mediu și Științe Fizice –

Ecodynamicsgroup – Universitatea din Siena precum și grupul departamentului pentru Știință și Tehnologie din cadrul Universității Parthenope, Napoli, aplică premisele metodologice ale teoriei energiei în efortul de a găsi soluții aplicabile în dezvoltarea sustenabilă a comunităților.

Sintetizând, mai jos sunt explicate principalele noțiuni care alcătuiesc terminologia de bază utilizată în cadrul acestei metodologii:

emergie	toată energia disponibilă utilizabilă pentru a produce un bun sau serviciu, exprimată prin utilizarea unei unități de măsură comune
emjoule	unitatea de măsură care are dimensiunea energiei utilizate în prealabil pentru producerea acelui bun sau serviciu (Joule – gram/centimetru ² / secundă ²)
transformitate solară	valoarea de emergie solară exprimată per unitatea de energie (seJ/ J // seJ/g)
transformitate	factor de convergență a energiei reprezintă o <i>măsură a ierarhiei energiei în sistem</i> . Altfel spus, cantitatea de emergie de un anumit tip necesară pentru producerea unei unități de energie de alt tip. De exemplu, dacă pentru producerea unui joule de energie electrică sunt necesari 3 emjouli de energie provenită din cărbune (cej) și 1 emjoule de servicii, atunci transformitatea energiei cărbunelui în energie electrică este de 4 emjoule de cărbune / 1 joule de energie electrică, adică 4 cej/J.

**După Odum, 1996, Brown & Williams, 2000, în Vooka & Thrift, 2010

Transformitatea – formă de reductibilitate și uniformizare a parametrilor măsurabili sub o singură unitate de măsură

Transformitatea solară, după unitatea de măsură principală a energiei, se definește ca fiind “cantitatea de emergie solară necesară pentru a produce un Joule de energie înglobat într-un produs sau serviciu și reprezintă raportul dintre energia solară necesară producerii sale, divizată la conținutul său energetic sau material”(Odum, 1996). Se exprimă în **emJoule / Joule (seJ/J) și emJoule / gram (seJ/g)**. În cazul din urmă poartă numele de emergie specifică.

Mărimi și unități de măsură standard utilizate în evaluarea emergetică

Ținând cont de varietatea și eterogenitatea resurselor energetice evaluate în lucrarea de față, s-a considerat necesară introducerea unui scurt subcapitol care să prezinte, într-o formă sintetică, unitățile de măsură standard sub care acestea au fost cuantificate iar ulterior convertite în **unitatea de energie de bază – Joule-ul – și unitatea de masă de bază – gramul**. O dată efectuată această conversie, valoarea emergetică (seJ) se determină prin înmulțirea valorii energetice sau de masă, la valoarea coeficientului de transformitate potrivit.

cantități de bază și derivate	unități de măsură standard (SI)	unități de măsură utilizate
suprafața	1 ha = 10 ⁴ m ² = .01 km ²	m ² și ha
masa	1 kg = 10 ³ g	g și g/an
volumul	1 m ³ = 10 ³ L	m ³ și m ³ /an (debit)
densitatea – masei	1kg/m ³ = 10 ³ g/m ³	g/m ³
densitatea – apei	1 m ³ = 10 ⁶ g	g/m ³
densitatea – alte lichide	1kg/L = 10 ³ g/L	g/L
densitatea – aerului la nivelul mării	1 m ³ = 1.2 ³ g	g/m ³
timpul	s = 3.6 ³ s / h = 3.15 ⁷ s/an	s/an

distanța	1 m = 0.001 km	m
viteza	m/s	m/s/an
presiunea	1 atm = 1013.25 mbar = 760 mmHg	mbar și mmHg
temperatura	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
energia	1W = 0.001 Kwh = 3600 Joule	W, kWh și J/an
energia	1Cal = 1 kcal = 1000 cal = 4187 Joule	J/an
flux energetic de suprafață /radiație	$1\text{W}/\text{m}^2 = 3600\text{J}/\text{m}^2$	W/m^2 și J/m^2 și J/ha
energie specifică	$1\text{J}/\text{kg} = 0.001\text{J}/\text{g}$	J/g






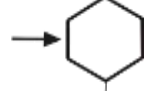

Tabel 1. Unități de măsură standard utilizate în procesul de cuantificare a resurselor energetice definitorii ale sistemului teritorial bazinul morfohidrografic al Mării (după Units & Conversions Fact Sheet, Supple. D., MIT Energy Club, http://web.mit.edu/mit_energy; International System of Units (SI), The NIST Reference on constants, units and uncertainty, <http://physics.nist.gov/cuu/Units/units.html>)

Procedura de evaluare energetică

În general, procedura implică trei etape distincte (după Brown et al., 1999, Voora et al., 2010).

- *Limbajul sistemic grafic – model conceptual de abstractizare a realității teritoriale*

Abstractizarea unui sistem prin intermediul unui desen, folosind un fond convențional de semne grafice, reprezintă primul pas al procedurii de evaluare energetică. Diagramele sunt compuse dintr-un set de simboluri grafice, însoțite de explicații formale privind semantica acestora, prin intermediul cărora este posibilă comunicarea vizuală a complexității unui sistem (structură internă, componente și relații). Diagramele reproduc, într-o formă bidimensională, abstractizată și reductibilă la scară, rețeaua de fluxuri energetice utile unui sistem (teritorial, de producție, organism etc.), precum și restricțiile impuse de legile termodinamicii. Diagramele sistematice mai poartă denumirea de modele conceptuale iar în faza inițială, au caracter pur *calitativ*. Din punct de vedere teoretic, datorită gradului ridicat de schematizare și simplificare, modelul conceptual ar putea fi catalogat ca reprezentând o *abordare grafică deterministică a unui sistem liniar*.

simbol	semnificație	explicație
	circuit energetic	cale a fluxului de energie proporțional cu cantitatea la sursă sau în resursa cu capacitate de stocare
	sursă de energie	sursă de energie externă (exogenă / endogenă), al cărei flux se supune unor comenzi din exteriorul sistemului
	resursă cu capacitate de stocare	variabilă independentă din interiorul sistemului cu capacitate de stocare și rol de echilibru între intrări și ieșiri
	dispersie căldură	dispersia energiei potențiale prin căldura ce însoțește toate procesele de transformare și stocare / pierdere de energie potențială prin căldură, neutilizabilă de către sistem
	interacțiune	intersecție a două circuite de energie, necesare pentru producerea unui anumit tip de flux, produs, serviciu
	consumator	unitate care transformă calitatea energiei, o stochează și o eliberează sub formă de feed-back pentru îmbunătățirea fluxului interior
	comutator	desemnează acțiuni de comutare (activare-dezactivare) a fluxurilor de intrare și ieșire (cutremure, inundații)

	producător	unități care primesc și transformă energia în produse specifice (în special în sfera industrială)
	receptor energetic cu autolimitare	deține capacitatea de autolimitare a fluxurilor atunci când factorii de intrare depășesc valori de prag
	alte variabile / funcții	desemnează orice alte variabile sau funcții

Tabel 2. Limbajul sistemic de bază după Odum (1996), care a derivat simbolurile după alte modele sistemice sau chiar după diferite limbaje de programare

- *Variabilele sistemice ca și resurse energetice. Stabilirea categoriilor energetice de tip flux și stoc*

Pentru stabilirea principalelor categorii de resurse sistemice ce au un impact major asupra sistemului teritorial analizat, s-a ținut cont de unele caracteristici definitorii ale bazinului morfohidrografic al Mării. Având ca suport o structură de relief complexă, compusă din forme condiționate petrografic și tectonic, prezintă la nivel de interfață semnele unei pregnante modelări antropice, efectuate prin perpetuarea unor activități economice seculare. Combinația complexilor factori fizici, hidrici și climatici de bază, influențează caracteristicile umane ale spațiului.

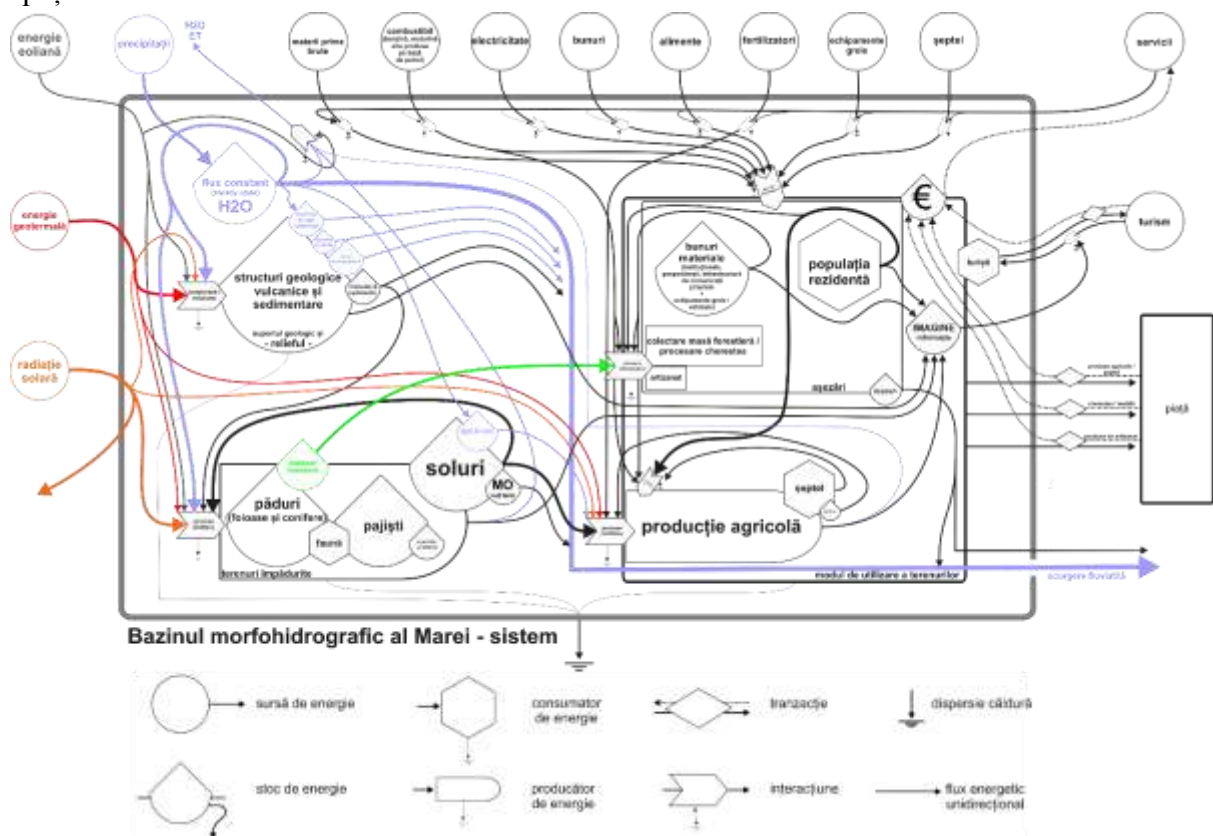


Fig. 1 Modelul structural-energetic al sistemului teritorial bazinal al Mării

Dintre aceștia, configurația reliefului, prin factorii săi de control morfologici și morfometrici, determină variații în regimul drenajului, precipitațiilor, radiației calorice primite, cu efecte asupra caracterelor locuirii. Mai mult, aceștia se întrepătrund cu factorii evolutivi

antropici, de natură istorică și socio-economică, generând unicitatea și specificitatea teritoriului. Profilul economic preponderent agro-pastoral și agro-forestier al comunităților din bazinul Mării, reliefat la nivel de peisaje geografice trădează dependența de resursele locale (resursele forestiere, hidrice și de sol) precum și modul de percepție asupra spațiului. Calitatea medie a solurilor cambice și luvice specifice sectorului depresionar, pretabile în special dezvoltării pajiștilor ca formă de valorificare antropică, contribuie la imprimarea caracterelor economiei de subzistență ce caracterizează acest areal.

Pe baza acestei scurte caracterizări, s-a construit o diagramă energetică ce descrie din punct de vedere sistemic arealul studiat.

- *Divizarea suprafeței topografice în unități teritoriale omogene*

Un aspect deosebit de important, în special în ceea ce privește repartitia energetică la suprafața bazinului, fie la intrarea în contact cu aceasta, fie prin stocaj propriu-zis a energiilor de intrare, este legat de segmentarea suprafeței topografice în areale omogene. Omogenitatea poate avea în vedere aspecte cu caracter morfometric (geodeclivitate, altitudine), tipul de acoperire cu vegetație, tipul de sol, tipologia rocilor subiacente ș.a.m.d. (Leavesley et al., 1983).

Datorită faptului că **valorile de energie se exprimă de regulă la hectar**, s-a decis divizarea întregii suprafețe a bazinului în unități omogene cu extensiunea spațială de un hectar. Reprezentând cu ajutorul platformelor Quantum GIS / ARC GIS / Saga GIS distribuția spațială a energiei pe unități cu suprafața de un hectar, acestea vor fi numite *unități omogene*.

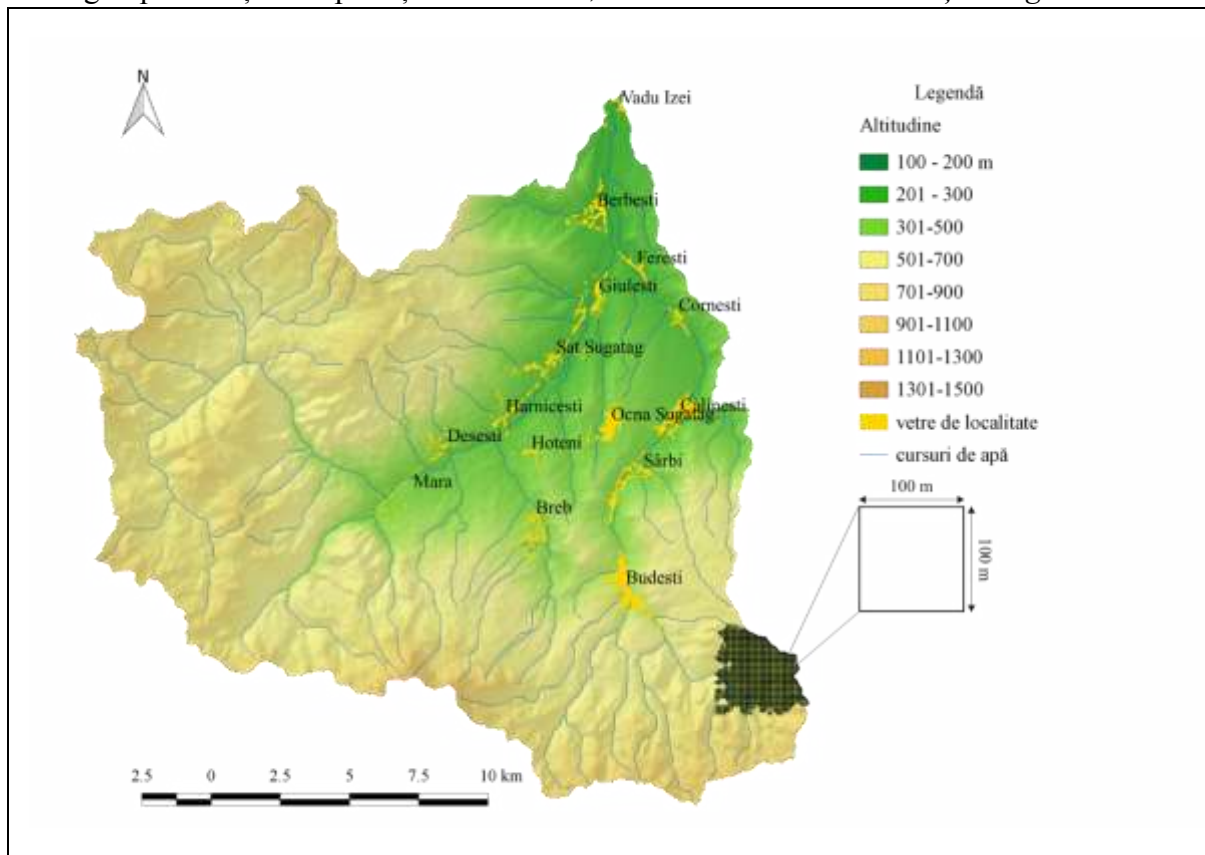


Fig.2 Unități energetice omogene în bazinul Mării

- *Conceperea modelului tabelar*

Următorul pas al procedurii de evaluare a presupus crearea unei baze de date privind valorile din punct de vedere energetic al tuturor variabilelor esențiale implicate în funcționarea sistemului teritorial, conform modelului conceptual prezentat mai sus. Mai apoi, valorile energetice sau de masă a stocurilor și fluxurilor au fost convertite în unități de energie, folosind coeficienții de transformitate specifici fiecărui tip de resursă în parte. Pentru cuantificarea fluxurilor, valorile de energie au fost exprimate per unitatea de timp – un an de zile.

Pilonul central al procedurii de evaluare energetică este reprezentat de modelul tabelar de mai jos. Păstrarea structurii tabelare reprezintă condiția univocă în pregătirea oricărei cercetări de acest tip.

1	2	3	4	5	6	7
crt.	item	unități J/g/\$	date / an	UEV sej/unitate	referințe UEV	energie seJ/an
câte un rând pentru fiecare resursă energetică de tip flux, stoc, proces de interes						

Tabel 3. Modelul tabelar standard utilizat în evaluările energetice (după Odum, 1996, pag. 79)

Baza de date utilizată în această lucrare a fost dezvoltată în programul Microsoft Excel, conform structurii și procedurii standardizate aferente. Pentru calculele care au stat la baza prelucrării, denominării și obținerii în final a valorilor de energie, s-a făcut uz de suita de funcții a programului.

- *Analiza și comentarea indicatorilor de performanță*

Apriori acestei etape de final în evaluarea energetică, itemii selectați se împart în 4 categorii tabelare mari :

- flux de resurse regenerabile (R)
- flux de resurse neregenerabile (N)
- fluxuri de import (I)
- fluxuri de export (E)

Pe scurt, se redau mai jos indicatorii de performanță utilizați în lucrarea de față. Semnificația acestora a fost detaliată corespunzător în ultimul capitol al lucrării.

Randamentul energetic (energy yield ratio) EYR = (U/I) – indicator al gradului de deschidere al sistemului, măsoară abilitatea unui sistem de a genera resurse de energie către export, prin utilizarea resurselor de energie regenerabilă exogene.

** U – cantitatea totală de energie care susține sistemul teritorial = (R+I)-N

Gradul de încărcare environmentală (environmental loading ratio) ELR = (N+I)/R - compară cantitatea de energie asociată resurselor neregenerabile de tip flux (N) și de import (I) cu cantitatea de energie asociată surselor regenerabile exogene (R).

Indicele de sustenabilitate energetică (energy sustainability index) ESI = EYR/ELR - acest indicator măsoară gradul de sustenabilitate, precum și gradul de exploatare potențială a resurselor disponibile local.

Densitatea energetică (energy density) ESI = U / suprafață - măsoară cantitatea de energie “investită” pe parcursul unui an pe hectar, unitatea de suprafață de referință.

Emergia per locuitor (emergy per capita) E/K = U / locuitori - este un indicator environmental, care reprezintă bogăția naturală de care se bucură comunitatea care conviețuiește în interiorul sistemului.

Date și instrumente utilizate în cercetare

Datele utilizate în cercetare aparțin următoarelor categorii:

- **Date în format raster**

- Hărți topografice 1:25.000 aferente bazinului studiat;
- Harta geologică a României 1:200.000 disponibilă pe portalul www.geo-spatial.org;
- Harta geologică 1:100.000 Foaia Sighet;
- Hărți pedologice și hărți pedologice tematice disponibile pe portalul http://esdac.jrc.ec.europa.eu/images/Eu_dasm/RO/;
- Imagini satelitare Digital Globe preluate cu ajutorul aplicației Quantum GIS utilizate în digitizarea vectorială a unor elemente de interes (locuințe, căi de acces, modul de folosință a terenurilor etc);
- Modele numerice altitudinale ale terenului EU-DEM, cu rezoluție spațială de 30 m, disponibile de pe portalul www.eea.europa.eu etc;
- Hărți tematice cu componentă geografico-umană relevantă pentru studiul infrastructurii, a presiunii demografice, economiei etc;
- Date raster privind coeficienții utilizați în calcularea susceptibilității la eroziune în suprafață a solurilor, cu o rezoluție temporală de referință de 30 minute www.esdac.jrc.ec.europa.eu;

- **Date în format vector**

- Date LandCorine pentru anii 2000, 2006 și 2012 privind modul de folosință al terenurilor, disponibile gratuit pe portalul www.eea.europa.eu și <http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012>;

- **Date statistice**

- Baze de date statistice de pe portalul Recensământului General Agricol 2010, Recensământul Populației și Locuințelor 2011;
- Alte date numerice de pe portaluri județene, naționale sau europene.

După cum s-a menționat anterior, suita de funcții Microsoft Excel a reprezentat un real contributor la structurarea datelor numerice privind fluxurile de energie înspre și dinspre sistemul teritorial. De asemenea, platformele Quantum GIS 2.6.1 / SAGA GIS 2.2.7 / ARC GIS 9.3 au permis extragerea unor informații numerice pentru acele fluxuri a căror *distribuție spațială a fost influențată de particularitățile morfologice și biopedologice ale suprafeței bazinului Mării.*

5. INDIVIDUALITATEA HIDRO – CLIMATICĂ A BAZINULUI MAREI

Caracteristici climatice și topoclimatice de ansamblu

Tiparul climatic regional poate explica situația existentă la nivelul bazinului Mării, cu nuanțările de rigoare datorate configurației și orientării reliefului în primul rând (grad de fragmentare, expoziție, geodeclivitate), sau a caracteristicilor suprafeței active (distribuția vegetației, petrografia etc.). Parametrii meteorologici joacă un rol de prim ordin în individualizarea arealului de studiu, precum și asupra potențialului energetic natural provenit din surse exogene (radiație solară, precipitații vânt), condiționat, la rândul său, de particularitățile topoclimatice și microclimatice de factură regională și locală impuse de factorii fizico geografici. Nu în ultimul rând, individualizează arealul prin influențele exercitate asupra activităților umane, aflate în relație de dependență față de caracteristicile condițiilor fizico-geografice.

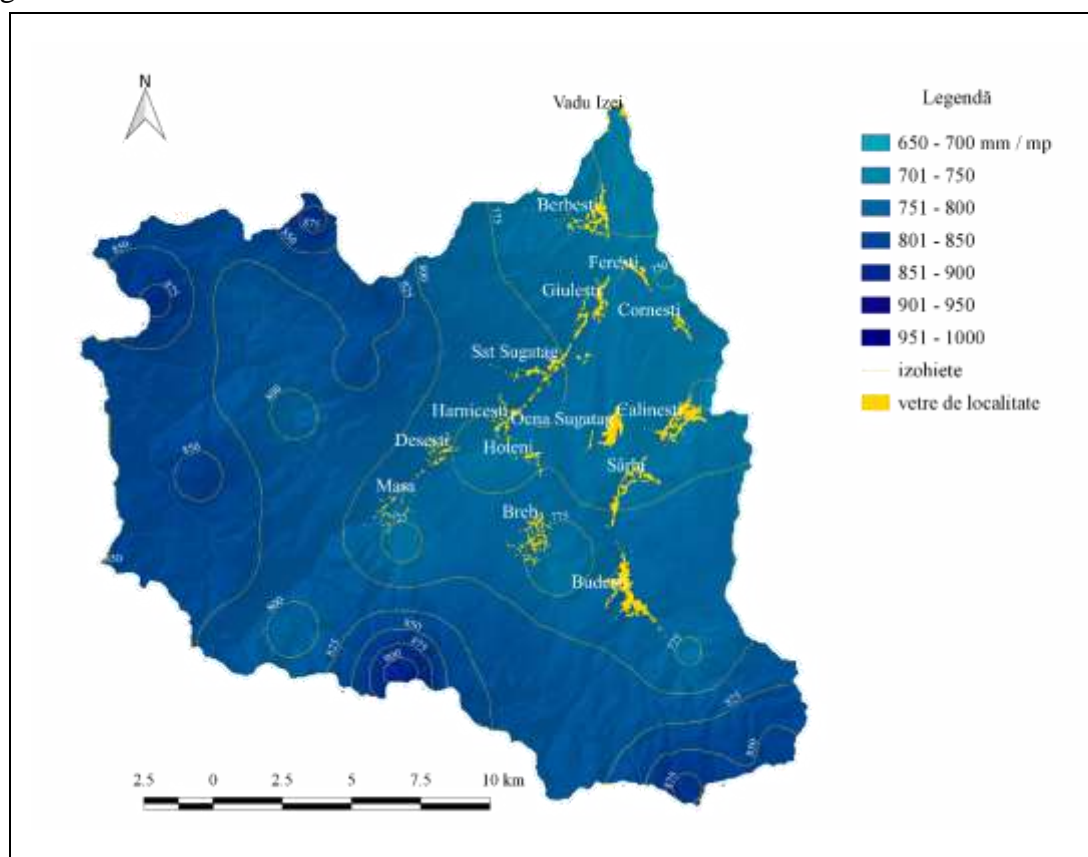


Figura 4. Harta precipitațiilor medii multianuale (intervalul 1950-2000)

În bazinul Mării, configurația reliefului joacă un rol determinant în distribuția spațială a multor parametri climatici. Cu toate că bariera orografică blochează intrarea în Depresiunea Maramureșului a maselor de aer dinspre vest și sud-vest, precipitațiile atmosferice se situează în jurul valorii de 700 – 1000 milimetri pe an.

6. CARACTERISTICI BIOPEDOLOGICE ÎN BAZINUL MAREI

Tipuri genetice de sol

În general, solul este considerat o resursă de mare valoare, și, din păcate, neregenerabilă, deoarece timpul de refacere depășește două secole (Brown, 2001). În bazinul Mării resursele de sol de bună calitate sunt limitate la câteva areale din sectorul de luncă, pe terasele fluviale și pe versanții cu declivitate redusă. Prin faptul că populația locală se bazează încă pe o economie agrară, această resursă devine cu atât mai importantă.

Solurile – resurse energetice de tip stoc

Numeroase studii, în special cele de factură environmentală subliniază importanța pe care o au solurile în buna funcționare a unui teritoriu. În funcție de perioadă sau de orientarea preocupărilor, primele încercări de clasificare a solurilor **ca formă de capital natural**.

categorie	unități standard de măsură (masă / energie)	tipuri de sol				
		ANDOSOLURI	EUTRICAMBOLOLURI DRISTRICAMBOSOLURI	LUVOSOLURI	REGOSOLURI	ALUVIOSOLUR I
suprafață totală	ha	1.64E+04	1.61E+04	2.95E+03	2.16E+03	2.57E+03
conținutul specific de energie a materiei organice	Kcal/g	5.40E+00	5.40E+00	5.40E+00	5.40E+00	5.40E+00
	J/kcal	4.19E+03	4.19E+03	4.19E+03	4.19E+03	4.19E+03
STRAT SUPERIOR 0-30 CM						
conținutul de materie organică 0-30 cm	g/ha	2.28E+08	1.00E+08	6.20E+07	6.20E+07	7.60E+07
conținutul de energie în materia organică 0-30cm / ha	J/ha	5.15E+12	2.26E+12	1.40E+12	1.40E+12	1.72E+12
energie materie organică / suprafață	J	8.46E+16	3.65E+16	4.14E+15	3.03E+15	4.41E+15
EMERGIE** / ha	seJ / ha	3.81E+17	1.67E+17	1.04E+17	1.04E+17	1.27E+17
EMERGIE** / suprafață	seJ	6.26E+21	2.70E+21	3.06E+20	2.24E+20	3.26E+20
STRAT MEDIU 0-100 CM						
conținutul de materie organică 0-100 cm	g/ha	5.08E+08	1.92E+08	1.92E+08	1.00E+08	1.86E+08
conținutul de energie în materia organică 0-100 cm / ha	J/ha	1.15E+13	4.34E+12	2.94E+12	2.26E+12	4.20E+12
energie materie organică / suprafață	J	1.88E+17	7.01E+16	8.68E+15	4.88E+15	1.08E+16

Tabel 4. Conținutul de energie / energie în materia organică

Fondul forestier – resursă energetică de tip stoc

Fondul forestier constituie principala resursă de energie și materie primă, ușor accesibilă în zona de studiu. Principalul rezervor energetic este reprezentat de către pădurile de foioase, formate în principal din arbori aparținând speciilor fagului, stejarului, frasinului, mesteacănului și paltinului.

	unități de măsură	categoriile de vegetație Corine Land Cover 2012		
		CLC 311	CLC 312	CLC 313
suprafața	ha	1.60E+04	8.92E+02	3.33E+03
volum mediu estimat	m ³ /ha	2.17E+02	2.17E+02	2.17E+02
capacitatea de regenerare anuală	m ³ /ha/an	5.60E+00	4.55E+00	5.47E+00
densitatea medie (lemn verde)	g/m ³	1.14E+06	8.13E+05	9.76E+05
conținut de apă	%	8.71E+01	8.71E+01	8.71E+01
densitatea calorică	kcal/g	4.50E+00	4.50E+00	4.50E+00

energie specifică	J/g	1.88E+04	1.88E+04	1.88E+04
conținut energetic	J	7.48E+16	2.96E+16	1.33E+16
UEV	seJ/J	4.11E+03	4.11E+03	4.11E+03
conținut emergetic	seJ	3.07E+20	1.21E+19	5.46E+19
conținut emergetic / ha	seJ	1.92E+16	1.36E+16	1.64E+16

Tabel 5. Evaluarea emergetică a stocurilor forestiere

**CLC 311 – păduri de foioase / CLC 312 – păduri de conifere / CLC 313 – păduri de amestec

7. ASPECTE ALE ORGANIZĂRII TERITORIALE ÎN BAZINUL MAREI

Acest capitol scoate în evidență caracterul relativ al spațiului ca mediu transformat prin intermediul relațiilor de teritorialitate. Impulsurile exercitate asupra spațiului prin transformările de natură umană imprimă acestuia o fizionomie distinctă. Noul conținut este format din elemente ce compun **capitalul antropic**. Acesta nu reprezintă altceva decât o formă de conversie a materiei în structuri tehnice care permit desfășurarea unor activități. Din punct de vedere ierarhic, capitalul antropic trebuie să aibă un *conținut energetic superior calitativ*.

Infrastructura de locuire – resursă energetică de tip stoc

Conform metodologiei, conținutul de **emergie** al stocurilor de materie din clădiri se exprimă înmulțind cantitatea de materie cu coeficientul de transformitate omonim per gram (vezi tabelul 6). Agregarea unui procent semnificativ al capitalului antropic în localitățile de pe valea Cosăului, în special Budești (5,29 E+20 seJ - 2011) și Călinești (5.79 E+20 seJ - 2011),

așezare	2002				2011			
	masă (g)	UEV sej / g	emergie seJ	seJ / ha	masă (g)	UEV sej / g	emergie seJ	seJ 2002-2011
Budești	1.84E+11	2.66E+09	4.89E+20	6.40E+19	1.99E+11	2.66E+09	5.29E+20	+0.40E+20
Sârbi	6.79E+10	2.66E+09	1.80E+20	6.52E+19	7.40E+10	2.66E+09	1.96E+20	+0.16E+20
Călinești	1.95E+11	2.66E+09	5.18E+20	6.40E+19	2.18E+11	2.66E+09	5.79E+20	+0.61E+20
Cornești	5.59E+10	2.66E+09	1.48E+20	6.40E+19	6.02E+10	2.66E+09	1.60E+20	+0.12E+20
Desești	6.41E+10	2.66E+09	1.70E+20	6.41E+19	6.96E+10	2.66E+09	1.85E+20	+0.15E+20
Hărnicеști	3.92E+10	2.66E+09	1.04E+20	6.39E+19	4.31E+10	2.66E+09	1.14E+20	+0.10E+20
Mara	6.70E+10	2.66E+09	1.78E+20	6.41E+19	7.25E+10	2.66E+09	1.92E+20	+0.14E+20
Giulești	7.78E+10	2.66E+09	2.06E+20	6.40E+19	8.46E+10	2.66E+09	2.25E+20	+0.19E+20
Berbești	1.02E+11	2.66E+09	2.71E+20	6.38E+19	1.11E+11	2.66E+09	2.95E+20	+0.14E+20
Ferești	3.20E+10	2.66E+09	8.51E+19	6.40E+19	3.51E+10	2.66E+09	9.33E+19	+0.18E+19
Mănăstirea	1.01E+10	2.66E+09	2.69E+19	6.39E+19	1.08E+10	2.66E+09	2.81E+19	+0.12E+19
Ocna Șugatag	1.70E+11	2.66E+09	4.52E+20	6.46E+19	1.85E+11	2.66E+09	4.92E+20	+0.40E+20
Breb	4.72E+10	2.66E+09	1.25E+20	6.40E+19	5.13E+10	2.66E+09	1.36E+20	+0.11E+20
Hoteni	1.49E+10	2.66E+09	3.96E+19	6.39E+19	1.61E+10	2.66E+09	4.28E+19	+0.32E+19
Sat Șugatag	5.03E+10	2.66E+09	1.33E+20	6.37E+19	5.44E+10	2.66E+09	1.44E+20	+0.11E+20
Vadu Izei	4.31E+10	2.66E+09	1.14E+20	1.07E+20	4.31E+10	2.66E+09	1.14E+20	-
TOTAL			3.20E+21				3.52E+21	+3.25E+20

Tabel 6. Conținutul brut de **emergie (seJ)** în construcțiile destinate locuirii

8. FLUXURI DE ENERGIE ÎN BAZINUL MAREI

Fluxurile de energie se definesc ca rate de transfer energetic exprimat per unitatea de suprafață, în timp, ca măsură a intensității și a capacității acestora de a genera lucru. Procesele geologice (vulcanismul, cutremurele, formarea zăcămintelor de minerale și combustibili etc.) și orografice pot fi explicate prin proprietățile energiei radioactive de a se transforma din interior. În cadrul proceselor de suprafață, acțiunea factorilor responsabili cu eroziunea sau acumularea de stocuri biologice este rezultatul transformărilor energiei solare prin intermediul proceselor climatice și biologice.

Resurse energetice naturale regenerabile de tip flux (de intrare)

În bazinul Mării, sursele de energie regenerabilă sunt compuse din energia geotermică, ca formă de energie potențială endogenă, alături de energia solară, ca formă de energie potențială exogenă, din care derivă celelalte tipuri – energia precipitațiilor și a vântului.

Energia geotermică – potențialul geotermic endogen

Cuantificarea potențialului geotermic al bazinului s-a realizat prin identificarea datelor numerice privind fluxul geotermic la suprafață exprimat în mW/m^2 . În prima fază, datele au fost obținute de pe platforma cartografică a Institutului Geologic Român, (<http://harti.igr.ro/geofizica-v1>) pentru un număr de 30 de puncte (alături de coordonatele geografice).

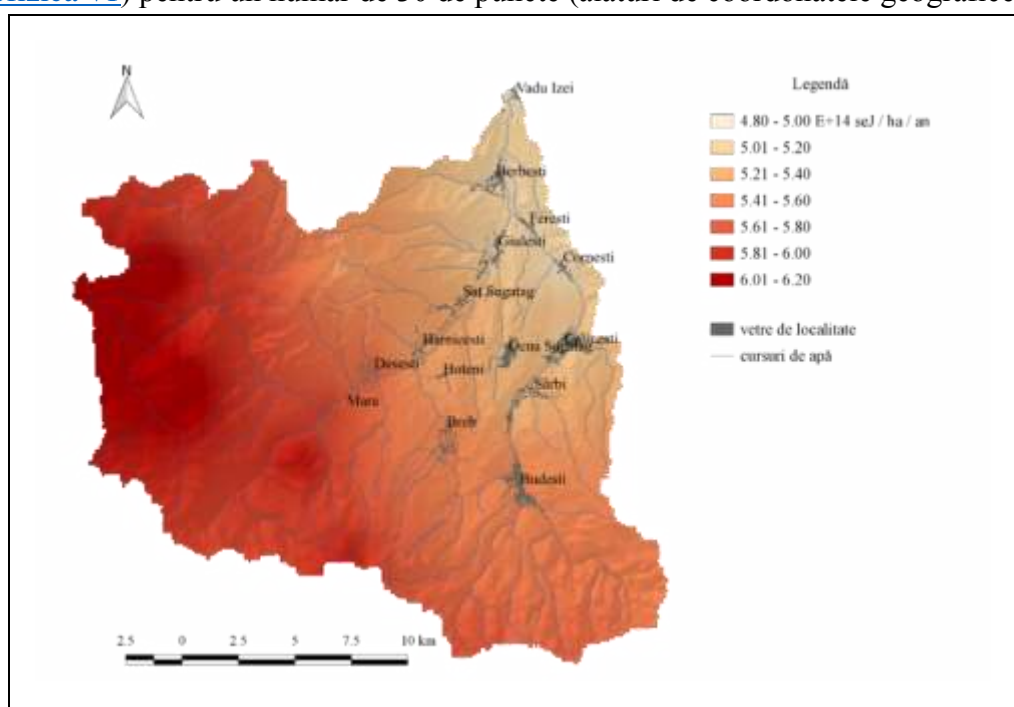


Figura 5. Harta distribuției fluxului geotermic exprimat în unități de energie

Media fluxului geotermic de suprafață în bazinul Mării este de circa 0.09 W/m^2 , valoare insuficientă pentru valorificarea la scară largă al acestui tip de potențial ca sursă de energie termică. Areale din platoul Igriș, formate din roci bazaltice, prezintă valori mai ridicate ale acestui tip de energie, cu valori de energie cuprinse între 6.00 și 6.20 seJ/ha/an . Aceste valori sunt parțial explicabile și prin proprietățile termice ale rocilor andezito-bazaltice, cunoscute ca fiind bune conductoare termice (cca. $1.87 - 2.26 \text{ W/(m K)}$), Eppelbaum et al., 2014).

Energia solară – exponent al potențialului energetic exogen

În bazinul Mării, potențialul energiei solare directe, parametru luat în calcul la cuantificarea fluxului de energie solară, este influențat de configurația reliefului, precum și de valorile de albedo ale suprafeței, la care se adaugă particularitățile climatice.

Aspecte legate de repartitia radiației la suprafață au fost detaliate într-unul din capitolele anterioare. Valoarea energetică a acestui tip de flux se ridică la aproximativ $1.47 \text{ E}+18 \text{ seJ/an}$, cu o medie de $3.60 \text{ E}+13 \text{ seJ/ha/an}$. Valorile cele mai ridicate sunt specifice versanților sudici.

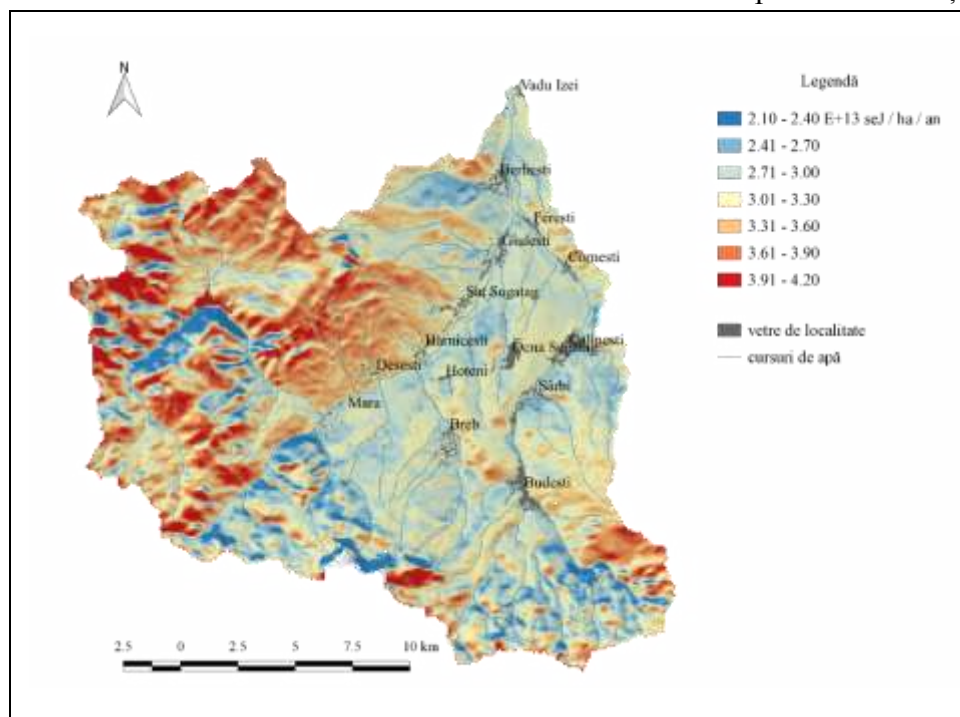


Figura 6. Harta distribuției fluxului de energie solară exprimat în unități de **energie**

Energia eoliană – potențialul energetic al suprafeței de contact

Deși fără un rol activ în economia locală, energia vântului participă indirect la aceasta, prin contribuțiile în formarea sistemelor atmosferice generatoare de precipitații, energizarea procesului de transpirație și transfer al gazelor sau polenizare. Contribuția în procesele de meteorizare a rocilor, proces deosebit de important în geneza pedologică este, de asemenea, importantă. Vântul reprezintă o formă de energie mai concentrată decât energia solară, aspect reflectat din punct de vedere metodologic prin coeficientul de transformitate. Energia eoliană este atât de dispersată încât necesită structuri costisitoare, de mari dimensiuni, pentru a putea fi captată și convertită în energie utilă economiei.

În bazinul Mării, valoarea energetică a energiei eoliene se ridică la $2.04 \text{ E}+17 \text{ seJ/an}$ (vezi tabelul 36). Cu o medie de $5.00 \text{ E}+12 \text{ seJ/ha/an}$ (vezi figura 34) vântul reprezintă energia regenerabilă cu potențialul cel mai redus, atât cantitativ cât și calitativ. Aceasta se pretează valorificării antropice prin mijloace de design, la ventilarea locuințelor.

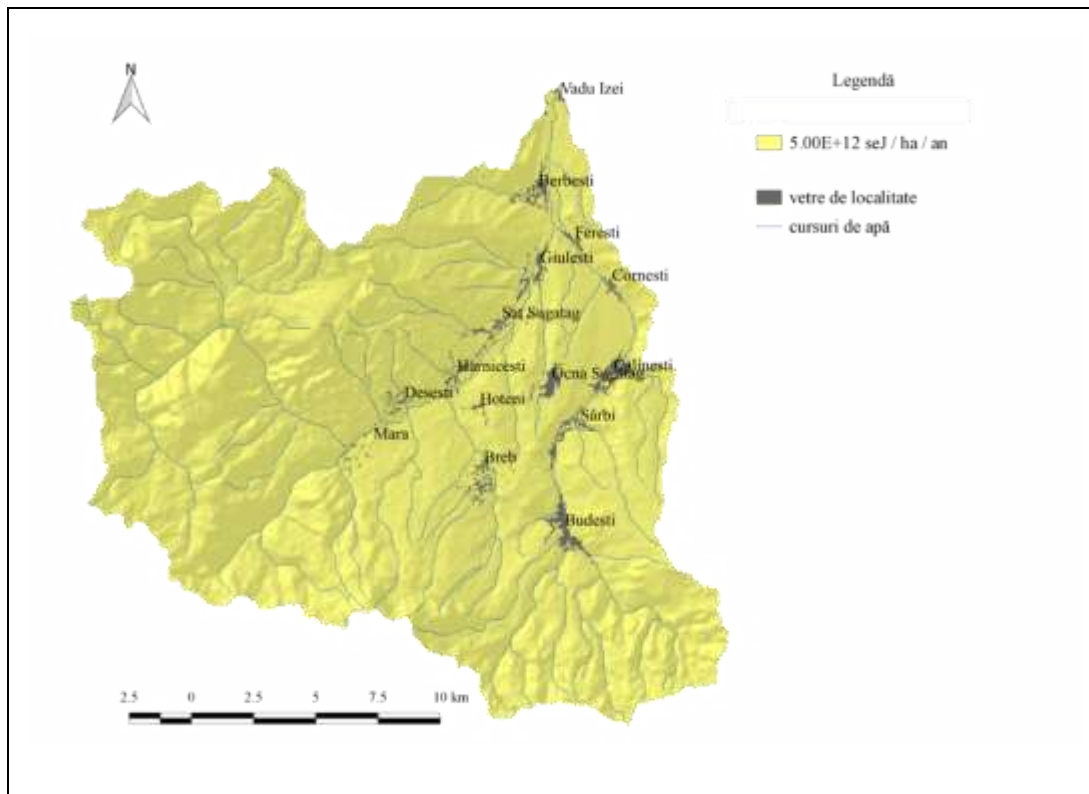


Figura 7. Harta distribuția fluxului de energie eoliană de suprafață exprimat în unități de **emergie**

Energia precipitațiilor – potențialul energetic fizic și chimic (evapotranspirația)

- *Potențialul energetic chimic (evapotranspirația)*

Acesta poate fi estimat cantitativ folosind o tipologie variată de algoritmi. Într-un mod empiric, evapotranspirația potențială poate fi derivată cu ajutorul ecuației Turc (Mellino et al., 2014), sau Penman-Montheith (Croitoru et al., 2013). În studiul de față, s-a optat pentru estimarea evapotranspirației potențiale în programul Quantum GIS folosind ecuația Turc întrucât aceasta a dat rezultate mulțumitoare în regiunile cu temperaturi medii anuale între 0 și 25° C (Kriiger et al., 2001, în Mellino et al., 2014).

$$ET_m = \frac{P}{\sqrt{0.9 + P^2/L^2}} / 1000 \quad // \quad ET(J) = ET_m * \rho * G$$

unde

ET_m – potențialul de evapotranspirație (m)

P – raster reprezentând cantitatea medie multianuală de precipitații în perioada 1950-2000 (mm/an)

$L = 300 + 25T + 0.05T$, T – temperatura medie multianuală (7.6° C)

ρ – densitatea apei (1000 g/l)

G – energia liberă Gibbs (4.94 J/g)

Evapotranspirația potențială la nivelul bazinului Mării se situează în jurul valorii de circa $429 \text{ mm/m}^2/\text{an}$ și aproximează calculele empirice efectuate pe categorii de vegetație. Din punct de vedere energetic, valoarea evapotranspirației potențiale în bazinul Mării se situează în jurul valorii de $5.53 \text{ E}+18 \text{ seJ/an}$. Rata de evapotranspirație se apropie de media valorilor moderate, de tip intracarpatic (Croitoru et al., 2013).

- *Potențialul energetic fizic al precipitațiilor și al râurilor*

Energia precipitațiilor, prin acțiunea mecanică a picăturilor de ploaie asupra solului, a rețelilor hidrografice complexe ce sculptează peisajul sau prin acțiunea ghețarilor, are capacitatea de a “depune” cel mai eficace efort geologic.

Datorită potențialului ridicat, precipitațiile beneficiază conform metodologiei de o transformare ridicată, ceea ce face ca suma totală a fluxului de energie la suprafața bazinului să înregistreze valorile cele mai mari comparativ cu celelalte tipuri de energii regenerabile, respectiv de $2.84 \text{ E}+19 \text{ seJ/an}$ / $6.60 \text{ E}+14 \text{ seJ/ha/an}$. Din punct de vedere energetic, apa meteorică reprezintă sursa naturală capabilă să genereze cel mai mult lucru și contribuie substanțial la susținerea sistemului teritorial. Distribuția spațială a acestui parametru pune în evidență sectoarele montane înalte. Valori maxime de $7.50 \text{ E}+14 \text{ seJ/ha/an}$ sunt specifice sectorului de vest al culmii Gutâului (Creasta Cocoșului), adevărat pol al precipitațiilor în bazinul Mării, precum și sectoarelor montane de cumpene.

În cazul râurilor bazinului, fluxul ridicat de energie geopotențială al colectorului principal, râul Mara, este calculat ca fracție din cantitatea totală de precipitații de pe parcursul unui an luând în calcul valoarea de debit la vărsarea în colectorul Iza. Energia geopotențială a râului Mara s-a obținut scăzând din totalul valorii energetice a precipitațiilor cantitatea eliberată prin procesul de evapotranspirație. Energia geopotențială a râului Mara se ridică la valoarea de $1.61 \text{ E}+19 \text{ seJ/an}$ (vezi tabelul 38). Râul reprezintă în același timp și principala formă de export (output) din sistemul teritorial bazinal al Mării.

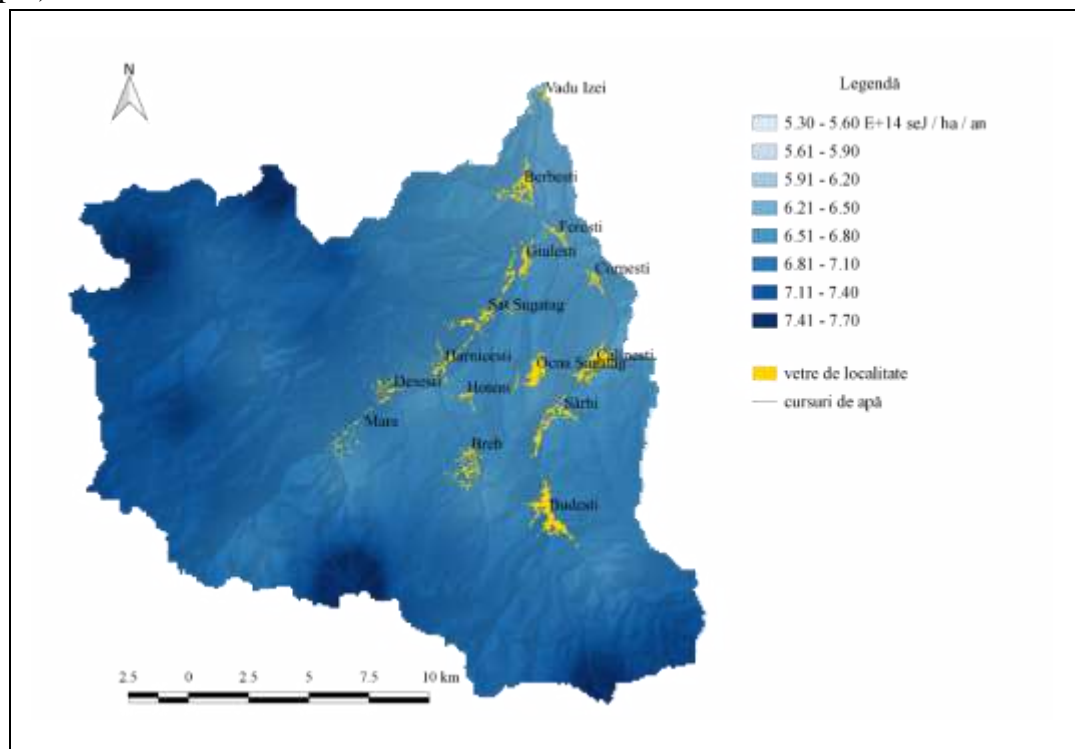


Figura 8. Harta intensității fluxului de energie a precipitațiilor exprimat în unități de energie

Evaluarea potențialului energetic de suprafață al resurselor naturale de tip flux

Cuantificarea resurselor de energie regenerabilă și asocierea acestora într-un indice de densitate energetică raportată la unitatea suprafață (hectarul) permite estimarea valorii și a importanței acestora pentru sistemul teritorial în cauză. Acest indice reprezintă valorile de energie care susțin din punct de vedere natural sistemul teritorial pe parcursul unui an.

Hărțile tematice prezentate în acest capitol pun în evidență distribuția și calitatea surselor de energie regenerabilă în bazinul Mării, acestea putând fi ierarhizate în funcție de intensitatea emergetică. De asemenea, ajută la identificarea celor mai importante fluxuri naturale disponibile local și care contribuie cel mai mult la susținerea sistemului și proceselor de producție primară. Materialele vizuale reprezentând fluxul emergetic de suprafață sunt utile și în identificarea arealelor în care resursa în cauză este mai concentrată, putând fi utilizate ca sursă consultativă în procesul decizional.

crt	item	unități/an	date	UEV sej / unitate	referințe UEV	emergie seJ
1	energia solară	J/an	1.47E+18	1.00E+00	Odum, 1996	1.47E+18
2	energia geotermică	J/an	1.17E+15	2.00E+04	Brown & Ulgiati, 2010	2.34E+19
3	energia eoliană	J/an	1.24E+14	1.58E+03	Brown & Ulgiati, 2013	1.96E+17
4	potențialul energetic chimic (evapotranspirația)	J/an	8.70E+11	6.36E+03	Brown & Ulgiati, 2013	5.53E+15
5	potențialul energetic al apelor din precipitații	J/an	1.61E+15	1.76E+04	Odum, 2000	2.84E+19
6	potențialul chimic al râurilor	J/an	7.45E+11	1.80E+04	Brown & Ulgiati, 2013	1.34E+16
7	potențialul energetic al râurilor	J/an	1.48E+15	1.09E+04	Brown & Ulgiati, 2013	1.61E+19
	TOTAL (R)					6.95E+19

Tabel 7. Energia resurselor naturale regenerabile de tip flux

Indicele de concentrare a energiei înregistrează valori ridicate (emergie înaltă) în zonele în care intervenția antropică este minimă, indicând o convergență a fluxurilor în aceste zone și implicit, o valoare environmentală mai mare.

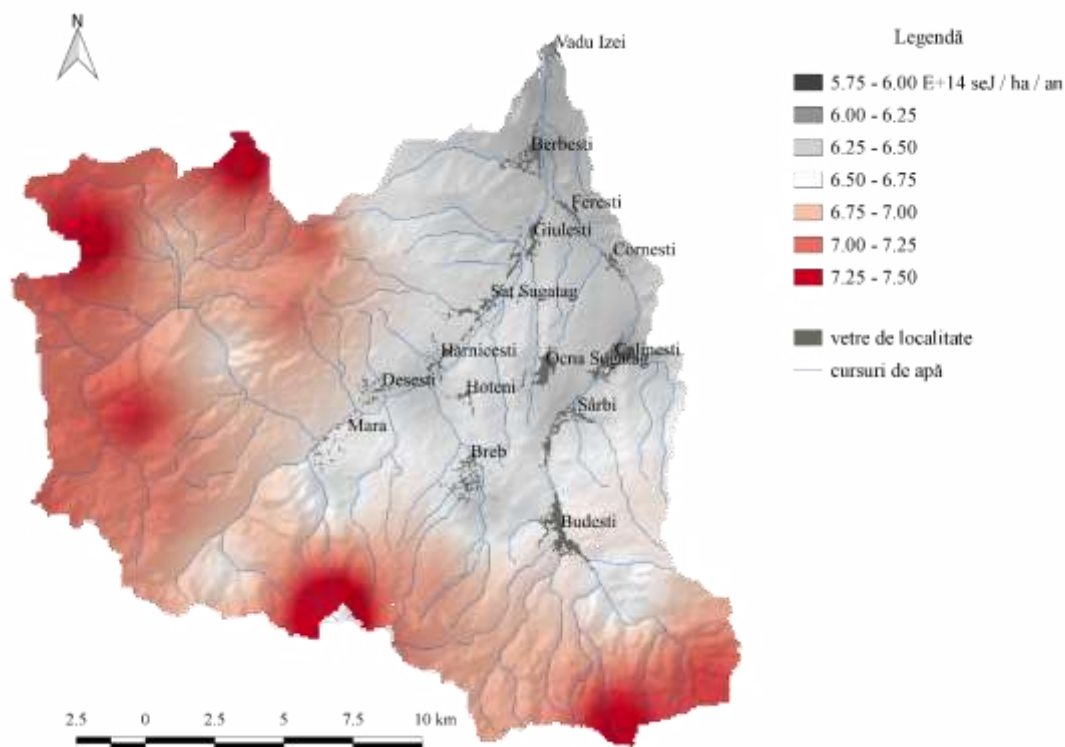


Fig. 9 Harta densității emergetice de suprafață a surselor de energie regenerabile

Acestor areale aflate în sectoarele montane înalte beneficiază de un flux energetic cu o densitate de aproximativ $7.50 \text{ E}+14 \text{ seJ/ha/an}$ (vezi figura 36). Zonele sunt ocupate în prezent cu păduri de foioase, unde natura exploatează la maxim potențialul environmental.

Prin valoare se poate înțelege faptul că elementele sistematice din aceste sectoare contribuie cel mai mult la întreținerea serviciilor ecosistemice pe care comunitatea umană le

folosește, în speță ajustarea temperaturii, controlul și filtrarea apelor, stocarea dioxidului de carbon, producția de materie organică și sol, adăpost pentru faună. Zonele de convergență se suprapun în principal peste arealele montane, cu valori maxime în zona masivului Gutâi (Creasta Cocoșului) sau bordura și platoul vulcanic Igriș. Diferențele față de sectorul de depresiune însumează între 1.00 și 1.25 E+14 seJ/ha/an. Indicele scade în intensitate (emergie joasă) pe măsură apropierea de sectoarele de vale locuite, aspect explicabil prin gradul moderat de antropizare.

Resurse energetice neregenerabile de tip flux

Resursele energetice sunt clasificate ca și neregenerabile dacă acestea nu se pot refăce în urma exploatării pe durata câtorva decenii. Carbonul stă la baza tuturor formelor de materializare a energiei neregenerabile. Când acest termen este întrebuințat, sub corolarul său intră așa numiții combustibili fosili, de neînlocuit până la ora actuală în economie. Resursele neregenerabile, prin durata mare de timp necesară pentru a se forma, reprezintă capacitatea naturii de a stoca energie în structuri materiale.

- *Estimarea riscului de eroziune a solului prin intermediul ecuației USLE (Universal Soil Loss Equation)*

Estimarea empirică a pierderilor de sol prin intermediul acestui model deterministic indirect ia în calcul cinci variabile spațiale. Acest model pune în evidență cantitatea maximă de sol ce ar putea fi erodată în decursul unui an. Rezultatul se obține ca produs al celor cinci variabile spațiale - factorii R, K, LS, C și P – ce au fost detaliate în capitolele precedente. Factorul P este un indicator ce se referă la practicile de conservare. Pentru bazinul Mării, acesta ar fi putut fi estimat prin evaluarea agroterasărilor. Abandonarea și gradul avansat de degradare a acestora au condus la ignorarea acestui indicator. Ecuația pentru estimarea susceptibilității la eroziune ia forma:

$$A=R*K*LS*C$$

unde

A – cantitatea estimativă de sol erodat (t/ha/an)

R – factorul de erozivitate al precipitațiilor ((MJ mm) / ha/h/an)

K – factorul de erodabilitate al solurilor ((t ha) / ha MJ mm)

LS – lungimea și declivitatea versanților (grade)

C – factorul de management al terenurilor (0 – 1)

Calculul a fost întreprins cu ajutorul funcției raster calculator de pe platforma Quantum GIS și pune în evidență un potențial de eroziune al solurilor de până la 4,7 t/ha. Suprafața potențial afectată de valori de eroziune peste 4 t/ha cuprinde o suprafață de circa 481 hectare. O estimare brută a cantității de sol erodat în fiecare an în aceste zone însumează peste 2.200 de tone.

Din punct de vedere al cuantificării fluxului de energie aferent acestui tip de resursă, nu este luată în considerare atât cantitatea netă de sol erodat cât mai ales *conținutul de materie organică*. O estimare efectuată pe baza procentului mediu de materie organică din sol evidențiază o cantitate netă de circa 152 tone, deloc neglijabil, în special dacă se are în vedere că arealele afectate de eroziune sunt valorificate agricol. Această valoare are o echivalență energetică de 2.54 E+17 seJ/an (vezi tabelul 40). Fluxul potențial de materie organică din solurile expuse eroziunii poate fi tratat ca variabilă de ieșire din sistemul teritorial.

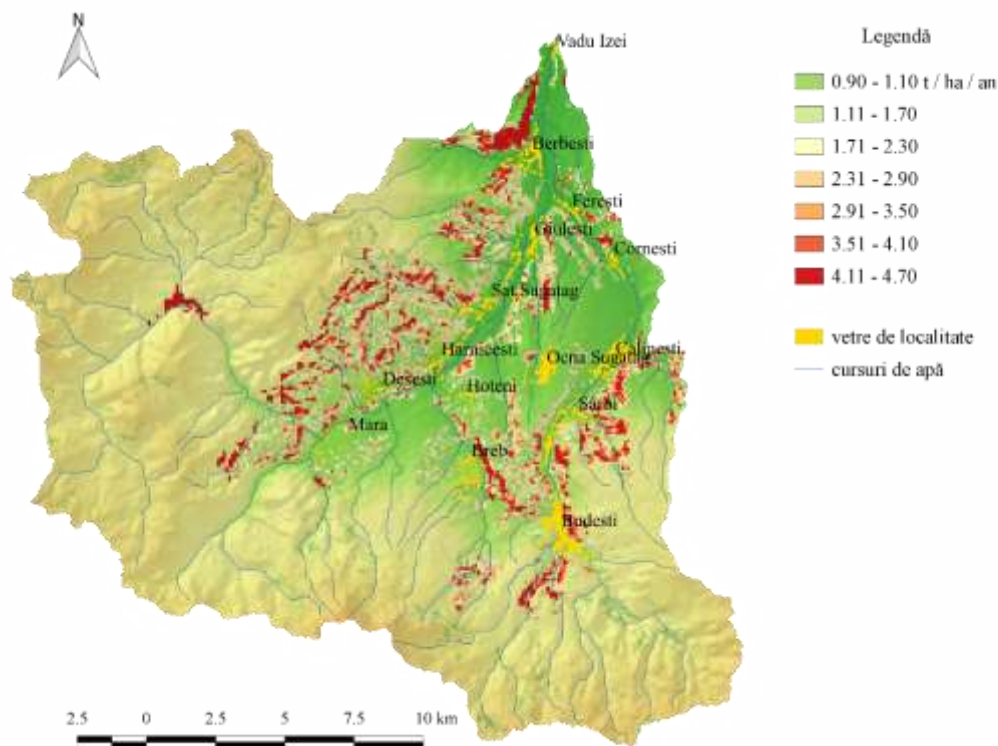


Fig. 10 Harta susceptibilității eroziunii solurilor

Resurse energetice antropice de tip flux (de import)

Bazinul Mării este un sistem teritorial deschis, iar acest aspect este reflectat din punct de vedere antropic prin fluxuri specifice de bunuri, energie și informație. Orientarea atenției asupra fluxurilor energetice antropice în sistem, conceptualizează populația ca și consumatori de resurse.

Resursele de energie importate reprezintă **feedback-ul din economie** și au fost calculate prin încadrarea acestora în cele mai importante categorii, conform diagramei sistemice (vezi figura 1). În mod normal, în toate fluxurile de materie și energie înspre sistem pot fi distinse două componente distincte. O componentă este reprezentată de **echivalentul energetic al energiei / substanței intrate în sistem** iar cea de-a doua componentă vizează **energia asociată serviciilor care au făcut posibilă intrarea acelor resurse în sistem (extracție, procesare, livrare)**. Cu toate acestea, dacă valoarea transformităților a fost calculată incluzând contribuția acestor servicii, atunci acestea nu se vor calcula separat întrucât ar presupune contabilizarea aceleiași surse de energie de două ori.

	item	unități standard de măsură	date / an	unități standard energie	energie J / an	UEV** sej / g	energie seJ / an
resurse importate de tip flux (f)							
10	electricitate	kwh/an	3.89e+07	j	1.40e+14	2.00e+05	2.80e+16
11	gaz butan	g/an	5.19e+08	j	2.54e+13	1.70e+05	4.31e+18
12	combustibili - benzină	g/an	9.01e+08	j	3.89e+13	1.87e+05	7.27e+18
13	combustibili - motorină	g/an	1.05e+09	j	4.48e+13	1.81e+05	8.11e+18

	motorină vehicule agricole	g/an	1.25e+07	j	5.37e+11	1.81e+05	9.72e+16
14	materiale de construcții	g/an	1.18e+10			2.66e+09	3.15e+19
15	vehicule (fracție)	g/an	7.32e+07			6.43e+09	4.71e+17
16	produse alimentare	g/an	9.91e+09			2.54e+09	2.52e+19
	cereale furajere	g/an	4.17e+09			6.55e+05	2.73e+15
17	fertilizatori agricoli	g/an	2.98e+07				
	azot (n) – 69.46%	g/ha/an	3.01e+04			6.38e+09	1.32e+17
	fosfor (p) – 23.59%	g/ha/an	1.02e+04			6.55e+09	4.61e+16
	potasiu (k)	g/ha/an	3.01e+03			2.92e+09	6.05e+15
	servicii asociate importurilor	€/an	4.25e+07				
	emergie total						1.07e+20

Tabel 8. Cuantificarea fluxului de energie, materie și **emergia** asociată importurilor

Cele mai substanțiale tipuri de fluxuri sunt reprezentate de importurile de materiale de construcții (3.15 E+19 seJ/an), produse alimentare (2.52 E+19 seJ/an) și combustibili fosili (1.63 E+19 seJ/an). Ocupațiile forței de muncă în alte domenii decât agricultura precum și structura grupelor de vârstă a populației din bazinul Mării, susțin ipoteza conform căreia o bună parte din veniturile anuale sunt asigurate din surse externe prin capitalul financiar trimis de către membrii familiilor care lucrează temporar în alte țări.

Resurse energetice de tip flux (de export)

Transferul de energie în cadrul sistemelor termodinamice este studiat în trei moduri în funcție de tipologia sistemului. Sistemele deschise permit schimbul de materie și energie cu sistemul superior ierarhic prin intermediul unor relații strânse. Sistemele închise acceptă intrări de energie și materie, însă cantitatea cedată este infimă. În schimb, sistemele izolate nu permit niciun tip de transfer energetic sau material.

Exportul de energie geopotențială

Apele părăsesc sistemele în care au efectuat lucru geologic și chimic prin debușarea într-un colector. Râul Mara, principalul curs de apă din bazin, debușează în râul Iza pe raza localității Vadu Izei, urmând să efectueze lucru în sistemul bazinal al acestuia din urmă.

	item	unități standard de măsură	date / an	unități standard energie	energie J / an	UEV** sej / g	emergie seJ / an
Resurse de export (E)							
18	SCURGEREA FLUVIATILĂ	g/an	1.51E+14	J/an	1.48E+15	1.89E+04	1.61E+19

Tabel 9. Fluxul de energie geopotențială / **emergie** al scurgerii fluviatile

9. REZULTATE ȘI DISCUȚII

Imaginea de ansamblu asupra fluxului de energie în sistemul analizat nu este completă fără o sistematizare a bilanțului energetic, însoțită de o prezentare a principalilor indicatori de performanță ce permit aprecierea **funcționalității** sistemului teritorial.

Cuantificarea bilanțului fluxurilor de energie în bazinul Mării oferă posibilitatea extragerii unei valori orientative privind cantitatea de energie care susține funcționarea sistemului teritorial pe parcursul unui an.

Bilanțul fluxului anual de energie în bazinul Mării

Cantitatea totală de energie marchează o valoare care sugerează funcția de stare a sistemului teritorial la un moment dat. Pentru bazinul Mării, cantitatea de energie care susține sistemul este de **1.76 E+20 seJ anual**. Luată ca valoare de referință sau ca valoare de prag, aceasta poate fi utilizată în monitorizarea cantitativă și calitativă a oscilațiilor viitoare ale sistemului, în înregistrarea tuturor abaterilor, precum și a efectelor concrete avute în sistem.

Interpretarea materialului cartografic de mai jos pune în evidență următoarele aspecte. Indubitabil, ponderea energiilor regenerabile naturale este importantă (6.95 E+19 seJ/an) și marchează semnătura energetică a bazinului morfohidrografic al Mării.

Valoarea energetică ridicată a importurilor de materie și energie (1.07 E+20) depășește contribuția resurselor naturale. Acestea reprezintă cel mai important tip de flux în bazinul Mării.

crt	item	unități/an	date	UEV sej / unitate	referințe UEV	energie seJ
1	energia solară	J/an	1.47E+18	1.00E+00	Odum, 1996	1.47E+18
2	energia geotermică	J/an	1.17E+15	2.00E+04	Brown & Ulgiati, 2010	2.34E+19
3	energia eoliană	J/an	1.24E+14	1.58E+03	Brown & Ulgiati, 2013	1.96E+17
4	potențialul energetic chimic (evapotranspirația)	J/an	8.70E+11	6.36E+03	Brown & Ulgiati, 2013	5.53E+15
5	potențialul energetic al apelor din precipitații	J/an	1.61E+15	1.76E+04	Odum, 2000	2.83E+19
6	potențialul chimic al râurilor	J/an	7.45E+11	1.80E+04	Brown & Ulgiati, 2013	1.34E+16
7	potențialul energetic al râurilor	J/an	1.48E+15	1.09E+04	Brown & Ulgiati, 2013	1.61E+19
	TOTAL (R)					6.95E+19
8	materie organică din solurile expuse eroziunii	J/an	3.43E+12	7.40E+04	Brown, 2001	2.57E+17
9	resurse minerale	g/an	1.33E+10	3.04E+09	Brown & Ulgiati, 2010	4.03E+19
	TOTAL (N)					4.05E+19
10	electricitate	J/an	1.40E+14	2.00E+05	Odum, 1996	2.80E+16
11	gaz butan	J/an	2.54E+13	1.70E+05	Brown & Ulgiati, 2010	4.31E+18
12	combustibili – benzină	J/an	3.89E+13	1.87E+05	Brown & Ulgiati, 2010	7.27E+18
13	combustibili – motorină	J/an	4.48E+13	1.81E+05	Brown & Ulgiati, 2010	8.11E+18
14	materiale de construcții	g/an	1.18E+10	2.66E+09	Pulselli et al., 2007	3.15E+19
15	vehicule / echipamente	g/an	7.32E+07	6.43E+09	Mellino, 2014	4.71E+17
16	produse alimentare	g/an	9.91E+09	2.54E+09	Mellino, 2014	2.52E+19
17	N	g/an	2.07E+07	6.38E+09	Brown & Ulgiati, 2013	1.32E+17
	P	g/an	7.04E+06	6.55E+09	Brown & Ulgiati, 2013	4.61E+16
	K	g/an	2.07E+06	6.55E+09	Brown & Ulgiati, 2013	4.61E+16
	TOTAL (I)					1.07E+20
	TOTAL U (E+I)					1.76E+20
18	export - scurgerea fluviatilă	J /an	1.48E+15	1.19E+05	estimarea noastră	1.76E+20
19	export - producție agricolă	g/an	3.93E+10	4.48E+09	estimarea noastră	1.76E+20
20	export - alcool produs artizanal	g/an	2.68E+08	6.57E+11	estimarea noastră	1.76E+20

Tabel 10. Bilanțul fluxurilor anuale de energie / **energie** în bazinul Mării

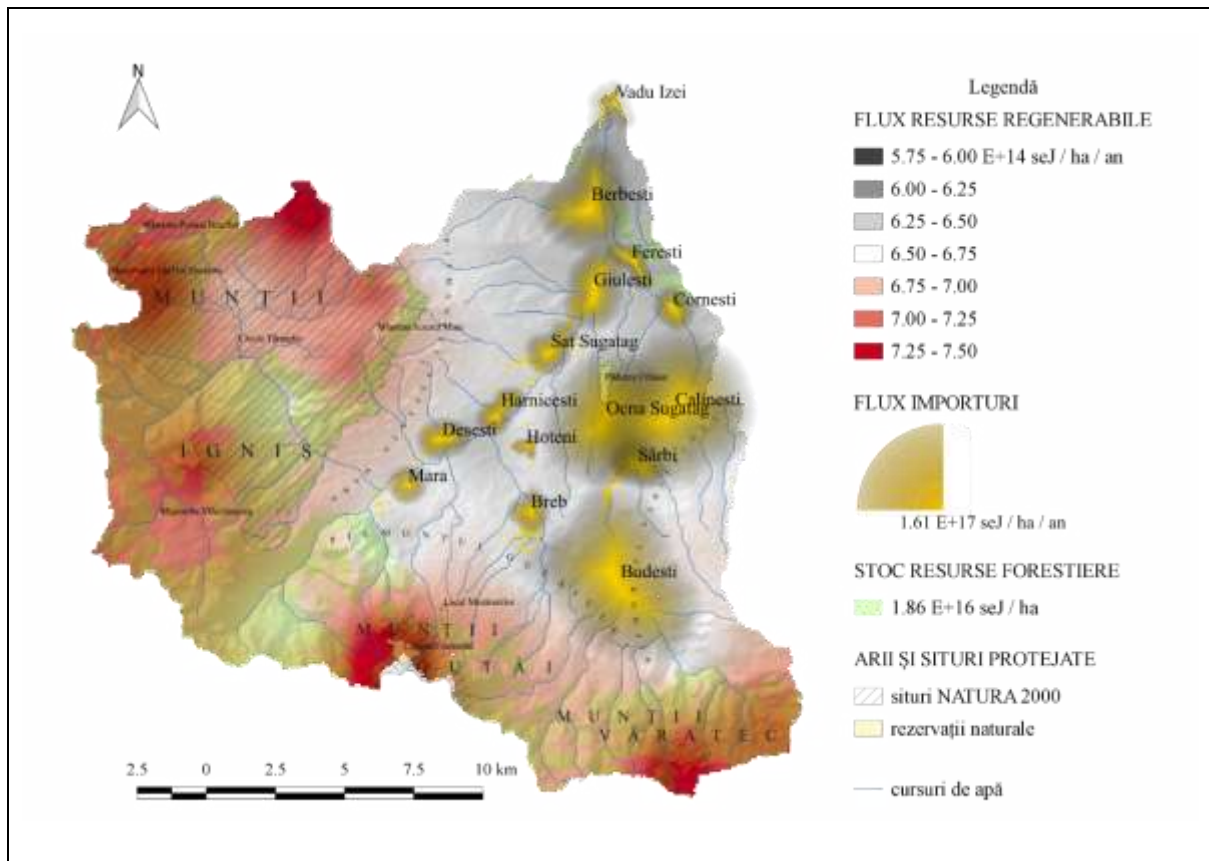


Fig. 11 Hartă de sinteză a fluxurilor emergente anuale de suprafață și localizarea principalelor structuri de stocaj

Indicatori de performanță

Indicatorii sunt necesari în monitorizarea progreselor înregistrate de orice entitate ce poate fi evaluată prin metode cantitative și calitative. Plaja acestora este extrem de largă, adaptată pe de-o parte tipologiei entității sau procesului analizat iar pe de altă parte obiectivelor în baza cărora se face monitorizarea.

- *Randamentul energetic privind gradul de permeabilitate a sistemului (emergy yield ratio) EYR = (U/I)*

Calculat ca și raport între cantitatea totală de energie care susține sistemul într-un an (U) și cantitatea de energie provenită din importuri (I), măsoară abilitatea unui sistem de a genera resurse de energie către export (care vor susține alte sisteme).

Pentru bazinul Mării, acest indicator se situează în jurul valorii de **1.64**. Sugerează incapacitatea comunității de a transforma eficient resursele importate prin investiții și adăugarea de valoare produselor sau serviciilor ce ar putea fi exportate. Resursele importate sunt folosite *exclusiv pentru consumul intern*.

- *Gradul de încărcare environmentală (environmental loading ratio) ELR = (N+I)/R*

Indicator sensibil la fluxurile de energie neregenerabilă din sistem, compară cantitatea de energie asociată resurselor neregenerabile de tip flux (N) și resurselor de import (I) cu cantitatea de energie asociată surselor regenerabile exogene (R)

Valoarea acestui indicator în bazinul Mării este **1.54**, valoare deloc surprinzătoare având în vedere tipologia sectorului economic și presiunea umană asupra spațiului.

Indicele de sustenabilitate energetică (emergy sustainability index) $ESI = EYR/ELR$

Acest indicator măsoară gradul de sustenabilitate precum și gradul de exploatare potențială a resurselor disponibile local. De asemenea, poate fi util în cuantificarea în timp a gradului de permeabilitate și încărcătură a sistemului.

În bazinul Mării, indicele reprezintă o valoare limită de **1.06**, ceea ce sugerează caracterul tranzițional al sistemului teritorial dinspre consumator spre producător.

- *Densitatea energetică (emergy density) $ESI = U / \text{suprafață}$*

Indicator de intensitate, măsoară cantitatea de energie investită pe parcursul unui an pe hectar, unitatea de suprafață de referință. Atenție sporită trebuie acordată acestui indicator precum și indicatorului privind energia per locuitor întrucât sunt parțial dependenți de suprafața sistemului teritorial pentru care sunt calculați, influențând în mod sensibil valoarea acestora.

Valorile scăzute ale acestui indicator caracterizează spațiile rurale și mediile cu grad de naturalitate ridicat. Valoarea indicatorului pentru bazinul Mării se situează în jur de **4.29E+15 seJ/ha** ($6.82E+11 / m^2$) și reprezintă o valoare moderată.

- *Energia per locuitor (emergy per capita) $E/K = U / \text{locuitori}$*

Din punct de vedere environmental, este un indicator ce reprezintă bogăția naturală de care se bucură comunitatea care conviețuiește în interiorul sistemului și cu siguranță că din această perspectivă, locuitorii sunt privilegiați. Cantitatea de energie se situează în jurul valorii de **1.19E+16 seJ/locuitor**. Această valoare ridicată este explicabilă în parte datorită presiunii demografice într-o continuă scădere și faptului că sistemul teritorial bazinal al Mării reprezintă un bazin hidrografic de categoria a III-a, ocupând un areal extins pe sute de kilometri pătrați.

Concluzii

Sintetizând, redăm punctual principalele concluzii ale studiului:

- fluxul anual de energie în bazinul morfohidrografic al Mării se ridică la **1.76E+20 seJ/an**;
- fluxul anual de energie reprezintă o valoare generală privind funcția de stare a sistemului teritorial;
- **spațial, fluxurile de energie regenerabilă** marchează semnătura energetică a întregului bazin;
- **cantitativ, importurile de energie reprezintă cel mai important tip de flux energetic** dar acestea sunt folosite exclusiv pentru consumul intern;
- sistemul teritorial se încadrează în categoria **sistemelor de tranziție** (spre sistemele consumator);
- sistemul teritorial se încadrează în categoria **sistemelor de intensitate redusă**;
- procesele economice interne transformă ineficient resursele de energie regenerabile sau importate (coeficient de transformitate ridicat);
- procesele economice interne au impact redus asupra integrității ambientale generale;
- procesele economice interne generează valoare adăugată scăzută produselor și serviciilor create.

ANEXA 1

Formule de calcul pentru obținerea echivalenței energetice / emergetice utilizate în această lucrare.

**datele numerice sunt exprimate utilizând formatul *Scientific* – Microsoft Excel. Formatul *Scientific* afișează datele numerice în notare exponențială, înlocuind șirul de numere de după primele două decimale cu $E+10^n$ (unde E reprezintă *Exponentul*). Codarea nu afectează valoarea reală a numărului.

Resurse energetice regenerabile de tip flux (R)

$$\text{Energie solară} = [K \cdot (1-a)] \cdot 4184 \text{ J} \cdot \text{UEV} = 1.47 \text{ E}+18 \text{ seJ/an}$$

unde

- K – raster radiația solară directă (8.58 E+09 kcal/ha/an) la suprafața bazinului (4.10E+04 ha)
- a – raster albedo-ul suprafeței bazinului
- UEV – 1.00E+00 seJ/J

$$\text{Energie geotermică} = \text{HFU} \cdot T \cdot \text{UEV} = 2.34\text{E}+19 \text{ seJ/an}$$

unde

- HFU – raster fluxul geotermic (9.00E+02 W/ha/s) la suprafața bazinului (4.10E+04 ha)
- T – secunde / an (2.15E+07 secunde)
- UEV – 2.00E+00 seJ/J (Brown&Ulgiati, 2010)

$$\text{Energie eoliană} = \rho \cdot C_r \cdot (V_{\text{geo}}^3) \cdot S \cdot T \cdot \text{UEV} = 2.04\text{E}+17 \text{ seJ/an}$$

unde

- V_{geo} – vântul geostrofic (1.37 m/s)
- C_r – coeficientul de rezistență (0.003 %)
- ρ – densitatea aerului (1.3 kg)
- T – secunde / an (2.15E+07 secunde)
- S – suprafața bazinului (4.10E+04 ha)
- UEV – 1.53E+03 seJ/J (Brown&Ulgiati, 2013)

**calcularea valorii emergetice nu a implicat utilizarea funcției raster calculator QGIS

$$\begin{aligned} \text{Energie precipitații} &= [(P \cdot 0.001) \cdot \text{Alt}_{(\text{max-min})-\text{min}} \cdot \rho \cdot g \cdot \text{UEV}_1] - [(ET_m \cdot \rho \cdot G) \cdot \text{UEV}_2] \\ &= 2.84\text{E}+19 \text{ seJ/an} \end{aligned}$$

unde

- P – raster cantitate precipitații (valoare medie multianuală la suprafața bazinului (mm/an) în perioada 1950 - 2000)
- $\text{Alt}_{(\text{max-min})-\text{min}}$ – 498.7 m
- ρ – densitatea apei (1000 g/l)
- g – accelerația gravitațională (9.81 m/s)
- ET_m – evapotranspirația = $\frac{P}{\sqrt{0.9+P^2/L^2}}/1000$ (ecuația Turc)
L – 300+25T+0.05T, T – temperatura medie multianuală (7.6°C)
- G – energia liberă Gibbs (4.94 J/g)
- UEV_1 – 1.76E+04 seJ/J (Odum, 2000)
- UEV_2 – 6.36E+03 seJ/J (Brown&Ulgiati, 2013)

$$\text{Energie scurgere fluviatilă (energie geopotențială)} = Q \cdot \rho \cdot H \cdot g \cdot \text{UEV} = 1.61\text{E}+19 \text{ seJ/an}$$

unde

- Q – debitul mediu multianual la vărsare al râului Mara (1.51E+08 m³/an // 4.78 m/s)
- ρ – densitatea apei (10⁶ g/m³)
- H – altitudinea medie în zona zona de obârșie a râului Mara (1000 m)
- g – accelerația gravitațională (9.81 m/s)
- UEV – 1.09 E+04 seJ/J (Brown&Ulgiati, 2013)

Energie scurgere fluviatilă (energie chimică) = $Q \cdot \rho \cdot G \cdot UEV = 1.34E+16$ seJ/an

unde

- Q – debitul mediu multianual la vărsare al râului Mara (1.51E+08 m³/an // 4.78 m/s)
- ρ – densitatea apei (1000 g/l)
- G – energia liberă Gibbs 4.94 J/g
- UEV – 1.80 E+04 seJ/J (Brown&Ulgiati, 2013)

Densitatea energetică de suprafață = $(A>B \text{ și } A>C \text{ și } A>D) \cdot A + (B>A \text{ și } B>C \text{ și } B>D) \cdot B + (C>A \text{ și } C>B \text{ și } C>D) \cdot C + (D>A \text{ și } D>B \text{ și } D>C) \cdot D = 2.34E+19$ seJ/an

unde

- A – raster energia solară
- B – raster energia geotermică
- C – raster energia eoliană
- D – raster energia precipitațiilor

Resurse energetice neregenerabile de tip flux (N)

Energie materie organică = $[(A' \cdot 10^6) \cdot 6.86\%] \cdot e \cdot 4184 \text{ J} \cdot UEV = 2.54E+17$ seJ/an

unde

- A' – cantitatea estimativă de sol potențial erodat (t/ha/an) de pe suprafețele afectate de valori ≥ 4.6 t/ha (S = 481 ha)
- e – energia calorică specifică (5.40 kcal/g)
- UEV – 7.40E+04 seJ/J (Brown, 2001)

Energie resurse minerale = $V \cdot \rho \cdot 10^6 \cdot UEV = 4.03E+19$ seJ/an

unde

- V – volumul mediu estimat de roci exploatare în carieră (5.00E+03 m³/an)
- ρ – densitatea medie a rocilor (2.65E+05 g/m³)
- UEV – 3.04E+09 seJ/g (Brown&Ulgiati, 2010)

Resurse energetice antropice de tip flux (I)

Energie electricitate = $F_{\text{elctr}} \cdot 3.6 \cdot 10^6 \cdot UEV = 2.80E+19$ seJ/an

unde

- F_{elctr} – fluxul de curent electric în bazinul Mării (3.89E+07 kWh /an)
- UEV – 2.00E+05 seJ/J (Odum, 1996)

Energie gaz butan = $F_b \cdot \rho \cdot e \cdot UEV = 4.31E+18$ seJ/an

unde

- F_b – fluxul de gaz butan în bazinul Mării (5.19E+08 l/an)
- ρ – densitatea medie gaz butan (5.40E+02 g/l)
- e – energia specifică (4.89E+04 J/g)
- UEV – 1.70E+05 seJ/J (Brown&Ulgiati, 2010)

Energie combustibili – benzină = $F_{\text{benzină}} \cdot \rho \cdot e \cdot UEV = 7.27E+18$ seJ/an

unde

- $F_{\text{benzină}}$ – fluxul de combustibili (benzină) în bazinul Mării (1.21E+06 l/an)
- ρ – densitatea medie benzină (7.45E+02 g/l)
- e – energia specifică (4.31E+04 J/g)
- UEV – 1.87E+05 seJ/J (Brown&Ulgiati, 2010)

Energie combustibili – motorină = $F_{\text{motorină}} \cdot \rho \cdot e \cdot UEV = 8.11 E+18$ seJ/an

unde

- $F_{\text{motorină}}$ – fluxul de combustibili (motorină) în bazinul Mării (1.25E+06 l/an)
- ρ – densitatea medie motorină (8.37E+02 g/l)
- e – energia specifică (4.28E+04 J/g)

UEV – 1.81E+05 seJ/J (Brown&Ulgati, 2010)

Energie materiale de construcții = $V_{\text{mat.constr.}} \cdot \rho \cdot \text{UEV} = 3.15\text{E}+19$ seJ/an

unde

$V_{\text{mat.constr.}}$ – volumul de materiale de construcții importate în bazinul Mării (2.94E+04 m³/an)
 ρ – densitatea medie (4.02E+05 g/m³)
UEV – 2.66E+09 seJ/J (Pulselli et al., 2007)

Energie vehicule = $Nr_{\text{.auto}} \cdot m \cdot \text{UEV} = 4.17\text{E}+17$ seJ/an

unde

$Nr_{\text{.auto}}$ – unități importate anual în bazinul Mării (4.75E+01 unități/an)
 m – masă estimată (1.39E+06 g/unitate)
UEV – 6.43E+09 seJ/J (Mellino, 2014)

Energie produse alimentare = $(C_{\text{alim1}} + C_{\text{alim2}} + \dots + C_{\text{alim9}}) \cdot \text{UEV} = 2.52\text{E}+19$ seJ/an

unde

C_{alim1} – carne și produse din carne (cantitate estimată de 5.38E+08 g/an)
 C_{alim2} – pește și produse din pește (cantitate estimată de 5.61E+07 g/an)
 C_{alim3} – legume / fructe și produse din legume / fructe (cantitate estimată de 1.55E+09 g/an)
 C_{alim4} – lapte și produse din lapte (cantitate estimată de 1.57E+09 g/an)
 C_{alim5} – ouă (cantitate estimată de 2.71E+08 g/an)
 C_{alim6} – cereale și produse din cereale (cantitate estimată de 5.35E+09 g/an)
 C_{alim7} – băuturi (cantitate estimată de 1.16E+05 g/an)
 C_{alim8} – zahăr și produse din zahăr (cantitate estimată de 3.67E+08 g/an)
 C_{alim9} – grăsimi vegetale (cantitate estimată de 2.04E+08 g/an)
UEV – 2.54E+09 seJ/g (Mellino, 2014)

**valorile cantitative au fost estimate pe baza consumului mediu anual la principalele produse alimentare și băuturi, pe locuitor, pentru anul 2014, conform *Anuarului Statistic al României, cap. 4, Venituri, cheltuieli și consumul populației*.

Energie fertilizatori agricoli = $(N \cdot \text{UEV}_1) + (P \cdot \text{UEV}_2) + (K \cdot \text{UEV}_3) = 1.84\text{E}+17$ seJ/an

unde

N – azot (2.07E+07 g/an) – 69.46%
P – fosfor (7.04E+06 g/an) – 23.59%
K – potasiu (7.04E+06 g/an) – 6.95%
 UEV_1 – 6.38E+09 seJ/g (Brown&Ulgati, 2013)
 UEV_2 – 6.55E+09 seJ/g (Brown&Ulgati, 2013)
 UEV_3 – 2.92E+09 seJ/g (Brown&Ulgati, 2013)

Resurse energetice de export

Energie scurgere fluviatilă = $Q \cdot \rho \cdot H \cdot g \cdot \text{UEV} = 1.76\text{E}+20$ seJ/an

unde

Q – debitul mediu multianual la vărsare al râului Mara (1.51E+08 m³/an // 4.78 m/s)
 ρ – densitatea apei (10⁶ g/m³)
H – altitudinea medie în zona de obârșie a râului Mara (1000 m)
g – accelerația gravitațională (9.81 m/s)
UEV – 1.19 E+05 (estimarea noastră – $U / (Q \cdot \rho \cdot H \cdot g)$)
U – total energie 1.76E+20 seJ/an

Energie producție agricolă = $(C_{\text{prod.agr.1}} + C_{\text{prod.agr.2}} + C_{\text{prod.agr.3}} + C_{\text{prod.agr.4}}) \cdot \text{UEV} = 1.76\text{E}+20$ seJ/an

unde

$C_{\text{prod.agr.1}}$ – producție cartofi (cantitate estimată de 1.01E+10 g/an)
 $C_{\text{prod.agr.2}}$ – producție fructe (cantitate estimată de 6.04E+09 g/an)
 $C_{\text{prod.agr.3}}$ – producție lapte (cantitate estimată de 2.30E+10 g/an)
 $C_{\text{prod.agr.4}}$ – grăsimi animale (cantitate estimată de 6.40E+07 g/an)

$$\text{UEV} - 4.48\text{E}+09 \text{ seJ/g (estimarea noastră - } U / (C_{\text{prod.agr.1}} + C_{\text{prod.agr.2}} + C_{\text{prod.agr.3}} + C_{\text{prod.agr.4}}))$$

$U - \text{total energie } 1.76\text{E}+20 \text{ seJ/an}$

$$\text{Energie alcool produs artizanal} = C_{\text{alc.}} \cdot \text{UEV} = 1.76\text{E}+20 \text{ seJ/an}$$

unde

$$C_{\text{alc.}} - \text{alcool produs artizanal (cantitate estimată de } 2.68\text{E}+08 \text{ g/an)}$$

$$\text{UEV} - 6.57\text{E}+11 \text{ seJ/g (estimarea noastră - } U / C_{\text{alc.}})$$

$U - \text{total energie } 1.76\text{E}+20 \text{ seJ/an}$

Resurse energetice de tip stoc

$$\text{Energie resurse forestiere} = (S_{\text{CLC311}} \cdot V \cdot \rho_1) + (S_{\text{CLC312}} \cdot V \cdot \rho_2) + (S_{\text{CLC313}} \cdot V \cdot \rho_3) \cdot e \cdot 4186$$

$$J \cdot \text{UEV} = 3.74\text{E}+20 \text{ seJ}$$

unde

$$S_{\text{CLC311}} - \text{suprafață păduri foioase în anul 2012 (} 1.60\text{E}+04 \text{ ha)}$$

$$S_{\text{CLC312}} - \text{suprafață păduri conifere în anul 2012 (} 8.92\text{E}+02 \text{ ha)}$$

$$S_{\text{CLC313}} - \text{suprafață păduri de amestec în anul 2012 (} 3.33\text{E}+03 \text{ ha)}$$

$$V - \text{volumul mediu (} 2.17\text{E}+02 \text{ m}^3/\text{ha)}$$

$$\rho_1 - \text{densitatea medie (} 1.16\text{E}+06 \text{ g/m}^3)$$

$$\rho_2 - \text{densitatea medie (} 4.00\text{E}+05 \text{ g/m}^3)$$

$$\rho_3 - \text{densitatea medie (} 9.76\text{E}+05 \text{ g/m}^3)$$

$$e - \text{energia calorică specifică (} 4.5 \text{ kcal/g)}$$

$$\text{UEV} - 4.11\text{E}+03 \text{ seJ/J (Mellino, 2014)}$$

$$\text{Energie stoc de materie în clădirile destinate locuirii} = (V_{\text{loc}} \cdot \rho_{\text{loc}}) \cdot N \cdot \text{UEV} = 3.52\text{E}+21 \text{ seJ}$$

$$V_{\text{loc}} - \text{volumul mediu estimat pentru o locuință (} V = S (100\text{m}^2) \cdot h (6\text{m})$$

$$\rho_{\text{loc}} - \text{densitatea medie (} 401822 \text{ g/m}^3), \text{ Pulselli et al., 2007}$$

$$N - \text{numărul de locuințe din bazinul Mării (} 5473 \text{ locuințe - 2011)}$$

$$\text{UEV} - 2.66\text{E}+09 \text{ seJ/g (Pulselli, 2007)}$$