

REZUMAT

Această teză este un memoriu al activităților mele de cercetare din ultimii 10 ani (2004 – 2014) desfășurate predominant în domeniul Geomorfologiei (Geomorfologie costieră, Variabilitatea climatică și dinamica reliefului, Procese periglaciare).

Secțiunea din teză dedicată realizărilor științifice cuprinde 4 capitole, dintre care primele 3 prezintă evoluția mediului costier la diferite scări spațio-temporale, de la dinamica pe termen scurt și mediu - de la ore la ani - a diferitelor unități ale țărmului (cap. 2) până la co-evoluția multidecadală a liniei țărmului (cap. 3) sau evoluția seculară și milenară a sistemelor deltaice (cap. 4); ultimul capitol tratează procesele periglaciare asociate permafrostului din Carpații Meridionali (cap. 5).

Dezvoltat pe o lungime de ca. 150 km țărmul românesc al Deltei Dunării etalează o morfologie evoluată rod al unui input sedimentar fluvial bogat (20 mil t/an, 1985-2013), și totuși de circa trei ori mai mic decât cel atins până în deceniul 8 al sec. 20 (56.5 mil t/an, 1840 – 1984), al unei energii marine considerabile ($H_{s\text{ val}} = 1.43\text{ m}$) și al unui transport sedimentar intens exercitat de curenții longitudinali de țărm ($500-1000 \times 10^3\text{ m}^3/\text{an}$). Asociația unică a acestor factori conferă o puternică individualitate redată morfologic printr-un ansamblu inedit de câmpuri marine nisipoase (Sărăturile, Periteașca, Chituc), delte secundare aflate în expansiune rapidă (Chilia, Sfântu Gheorghe: 12-14 m/an), insule barieră (Sacalin, Musura), țărmuri de eroziune violentă (barierele deltaice: Împușita – Ivancea, Zătoane, cu rate de retragere de până la - 12...- 20 m/an), țărmuri acumulative (5 - 14 m/an țărmul Sulina, 4.5 m/an pe țărmul Periteașca) și țărmuri stabile la nivel multidecadal cu cele mai evolute morfologii (Sfântu Gheorghe).

În capitolul 2, fiecare unitate majoră a țărmului (dune, plaje, bare submerse) a fost analizată detaliat din punct de vedere al morfologiei, dinamicii și morfometriei. În ce privește dinamica interanuală a fordunelor, pe țărmul Sf. Gheorghe, am constatat o creștere pe termen mediu a volumului ($1-5\text{ m}^3/\text{m}/\text{an}$; 1998 - 2013) cu rate mai mari în sud, în acord cu lățimea mai mare a plajei. Agradarea fordunelor poate fi limitată de furtunile extraordinare desfășurate din direcții onshore, dar ultima de această magnitudine a fost în iarna 1997-1998; ultimii 10 ani s-au caracterizat printr-o scădere dramatică a frecvenței furtunilor severe, care a favorizat creșterea volumetrică a fordunelor. Măsurătorile topografice și experimentele eoliene au indicat că regimul diferit sezonier al vântului și densității vegetației induc o creștere a dunelor în intervalul aprilie – noiembrie și o tendință erozivă sau stabilă în decembrie – martie. Fluxul sedimentar eolian în cadrul fordunelor este cu ca. 25 – 50 % mai mic decât în cadrul plajei, dar rămâne foarte ridicat în comparație cu majoritatea sistemelor dunicole formate în climat temperat, în special datorită precipitațiilor scăzute și a vegetației rare, astfel încât e responsabil de dezvoltarea unei morfologii aerodinamice pe versantul maritim. Acesta este afectat de acumulări în timpul

vânturilor onshore slabe și medii (6-15 m/s) și este erodat în timpul vânturilor puternice (> 15 m/s) care transportă nisipul pe versantul interior al dunelor.

Ridicările batimetrice efectuate pun în evidență existența unui sistem multi-barat (cel mai adesea 3 bare) pe țărmurile stabile, cu dezvoltare armonioasă, și reducerea frecvență la 0-2 bare pe țărmurile erozionale. S-a stabilit tendința medie de evoluție multianuală a barelor submerse manifestată prin deplasarea către larg a acestora cu rate de 20 – 50 m/an, care se corelează direct cu dinamica liniei țărmului: barele se distanțează lent pe țărmurile stabile și de acumulare și rapid pe cele erozive. Relația dintre comportamentul barelor submerse și fordunelor este moderată pe țărmurile stabile și acumulative și redusă pe cele erozive. În primul caz, plajele late depășesc fetchul critic eolian în timpul cazurilor cu vânt slab și mediu (< 15 m/s) și permit oscilații similare ale dunelor și barelor, în timp ce pe țărmurile erozive fordunele au o variabilitate semnificativ mai redusă.

În cap. 3 am propus prima clasificare a furtunilor de pe coasta României, în 5 categorii, după criteriile energetic (intensitatea furtunii) și morfologic (impactul potențial al furtunii, determinat deopotrivă de intensitatea furtunii și unghiul de atac al valurilor față de linia țărmului). În sezonul activ (octombrie-martie) se înregistrează 70 % din furtunile produse într-un an și 84 % din furtunile severe (cat III – V). Furtunile cele mai puternice se produc mai ales în intervalul decembrie-februarie, cu un maxim de probabilitate în decembrie și ianuarie (1.35 zile/luna cu furtuni puternice). Tendințele multianuale ale stormicității din ultimii 50 ani revelă un climat al furtunilor cu o variabilitate accentuată, ce poate fi încadrată în patru interval majore: două intervale cu stormicitate ridicată (1962-1977; 1994-2004), separate de o perioadă cu stormicitate moderată (1978-1993) și continuate în prezent de o perioadă calmă, cu o frecvență redusă a furtunilor puternice (2005-2014).

O analiză comprehensivă dinamicii liniei țărmului în ultimii 50 ani (bazată pe hărți topografice, imagini satelitare, ridicări GPS și profile de plajă) revelă două patternuri diferite: i) mobilitate ridicată în intervalul 1960 – 1979 cu rate mari de retragere sau progradare, și ii) o mobilitate mult redusă după aceea (1979 – 2006). Sectoarele de țărm corespunzătoare zonelor de divergență ale curenților longitudinali de țărm experimentează cele mai mari rate de retragere (~20 m/an în primul interval, respectiv ~10 m/an în al doilea), în timp ce procesele de acumulare se desfășoară cel mai rapid pe fronturile deltelor secundare ale lobilor activi (Chilia și Sf. Gheorghe). Descreșterea ratelor de migrație ale liniei țărmului în cel de-al doilea interval este relativ constantă pentru toate sectoarele de eroziune (cu 55-66%) și variabilă pentru sectoarele de acumulare (20-60 % pentru coastele deschise și 80 % pentru deltele secundare). Coroborate cu analiza climatului eolian, care indică o puternică legătură între frecvența furtunilor și fazele Oscilației Nord-Atlantice (NAO), reiese că intensitatea evoluției liniei țărmului la scară multidecadală este determinată de NAO care controlează fluctuațiile stormicității pe coasta Deltei Dunării.

Studiile privind evoluția deltei sudice (cap. 4) aduc probe concrete asupra modului în care schimbările costiere au afectat destinul cetății antice Histria. Datarea paleoțărurilor, alături de probele arheologice, a indicat că amplasamentul inițial al cetății (sec VII î.e.n) a fost pe un complex peninsular compus dintr-o insulă stâncoasă, țărmul unui câmp marin cu grindurile aliniate N-S și o barieră de tip tombolo, de 100-200 m lungime, care conecta insula de țărmul nisipos. La o distanță de 10-20 km nord de Histria, brațul cel mai sudic al Dunării (Dunavăț) a construit un lob deltaic în intervalul 2000 – 1300 BP. Este probabil că în timpul stadiilor timpurii și medii ale lobului Dunavăț, adâncimile fundului mării au început să scadă afectând navigația pe traseele nordice și estice față de cetate. Lobul atinge maximul extensiunii în sec 7 e.n. când Histria devine complet decuplată de coasta marină. Tot atunci brațul devine abandonat, odată cu mutarea curgerii principale pe brațul Sf. Gheorghe, iar curenții de țărm redistribuie sedimentele erodate din lobul Dunavăț către nou-formatul câmp marin Saele-Chituc, ale cărui rate mari de progradare (10-15 m/an în intervalul 1300-700 BP) vor împinge linia țărmului la aproape 8 km distanță de cetate. În ultimii 700 ani începe și schițarea lacurilor Sinoe și Istria prin procese neotectonice foarte localizate, în funcție de dispunerea faliilor active. Studiul paleoenvironmental al deltei sudice a inclus și o reconstrucție a curbei nivelului local al mării, care indică o poziție relativ stabilă a acestuia pentru ultimele patru milenii, între -2 m și cota actuală 0 m. Aceste constatări contrazic ipoteza unei regresii Fanagoriene în mileniul I î.e.n.

În capitolul 5 am prezentat succinct rezultatele investigațiilor noastre asupra permafrostului din Carpații Meridionali. Astfel, am putut confirma existența permafrostului sporadic și discontinuu în forme de relief precum ghețarii de pietre, grohotișuri și pereți stâncoși. Am demonstrat apoi cum porozitatea depozitelor de deșeurilor din masive cu litologii diferite controlează extensiunea permafrostului, precum și limita altitudinală inferioară a acestuia: cu cât mai mare porozitatea, cu atât mai joasă limita altitudinală. În masivele granitice Retezat și Parâng unde depozitele au o porozitate ridicată permafrostul este destul de răspândit în ghețarii de pietre și grohotișuri la peste 1950-2000 m, în timp ce în masivele dezvoltate pe șisturi cristaline (porozitate mai redusă) limita inferioară urcă spre 2150 m. Pereții stâncoși afectați de permafrost au expunere nordică și altitudini mai mari de 2350 m. Ghețarii de pietre activi se găsesc doar în masivele granitice și se dezvoltă la peste 2100 m. Analiza celor doi factori climatici de control ai permafrostului – perioadă rece fără zăpadă (din intervalul octombrie – decembrie) care a devenit mai scurtă și media anuală a temperaturii aerului care își menține tendința de creștere – ne-a condus către concluzia că majoritatea suprafețelor cu permafrost din Carpații Meridionali sunt în dezechilibru cu climatul actual.