CARACTERISTICILE SEDIMENTOLOGICE ŞI GEOLITODINAMICE ALE CORDONULUI LITORAL TECHIRGHIOL

Gl. CARAIVAN, G. OPREANU, A. STĂNICĂ,
Anca DONICI, Constantina FULGA,
Priscila OPREANU, F. PĂUN

Cadrul geomorfologic

Din punct de vedere geomorfologic cordonul litoral Techirghiol este amplasat în extremitatea estică a Platformei Prebalcanice (Dobrogea de Sud), reprezentată printr-un podiş tubular, cu interfluvii larg vălurite şi plane.

Litoralul românesc are o lungime de circa 240 Km. Pe baza caracteristicilor geomorfologice şi sedimentologice, ţărmul românesc al Mării Negre poate fi divizat în trei sectoare distincte:

– sectorul Sulina – Cap Midia, cu ţărmuri joase acumulative şi instabile;

– sectorul Cap Midia - Cap Singol, de trcere, unde apar corpuri acumulative nisipoase mari, extinse între promontorii cu faleză activă;

– sectorul Cap Singol – Vama Veche, în care predomină ţărmul cu faleză activă, întrerupt în dreptul limanelor de bariere litorale.

Din punct de vedere genetic, la litoralul românesc al Mării Negre se disting două categorii de ţărmuri secundare (Shepard, 1963), rezultate la contactul dintre domeniul marin şi cel continental (Caraivan, 1982):

– ţărmuri de eroziune (ţărmuri cu faleză);

– ţărmuri acumulative (ţărmuri barieră).

Ambele tipuri de ţărmuri posedă în prezent, mai mult sau mai puţin, o fâşie de plajă, al cărei profil se deosebeşte de la un caz la altul.

Cordonul litoral Techirghiol este delimitat la nord şi la sud de ţărmuri de eroziune cu faleză activă, sectorul Eforie Nord (Belona) – Capul Agigea, respectiv sectorul Eforie Sud-Capul Turcului.

Sectorul Cap Agigea-Eforie Nord (Belona) prezenta, în perioada 1971-1979, o rată de retragere estimată la circa 50-60 cm/an (Caraivan, 1982).

Faleza, înaltă de 10-14 m, este formată din trei tipuri litologice: calcare sarmatiene în bază, cu lentile de argile verzui, argile roşii cu gipsuri şi depozitele löessoide. Calcarele sarmaţiene sunt reprezentate printr-un pachet de calcare lumaselice compacte, urmate de calcare oolitice şi calcare lumaselice friabile, cu lentile şi pungi de argile grase verzui. Grosimea acestor depozite variază de la 2 la 4 m. Suprafaţa cal-

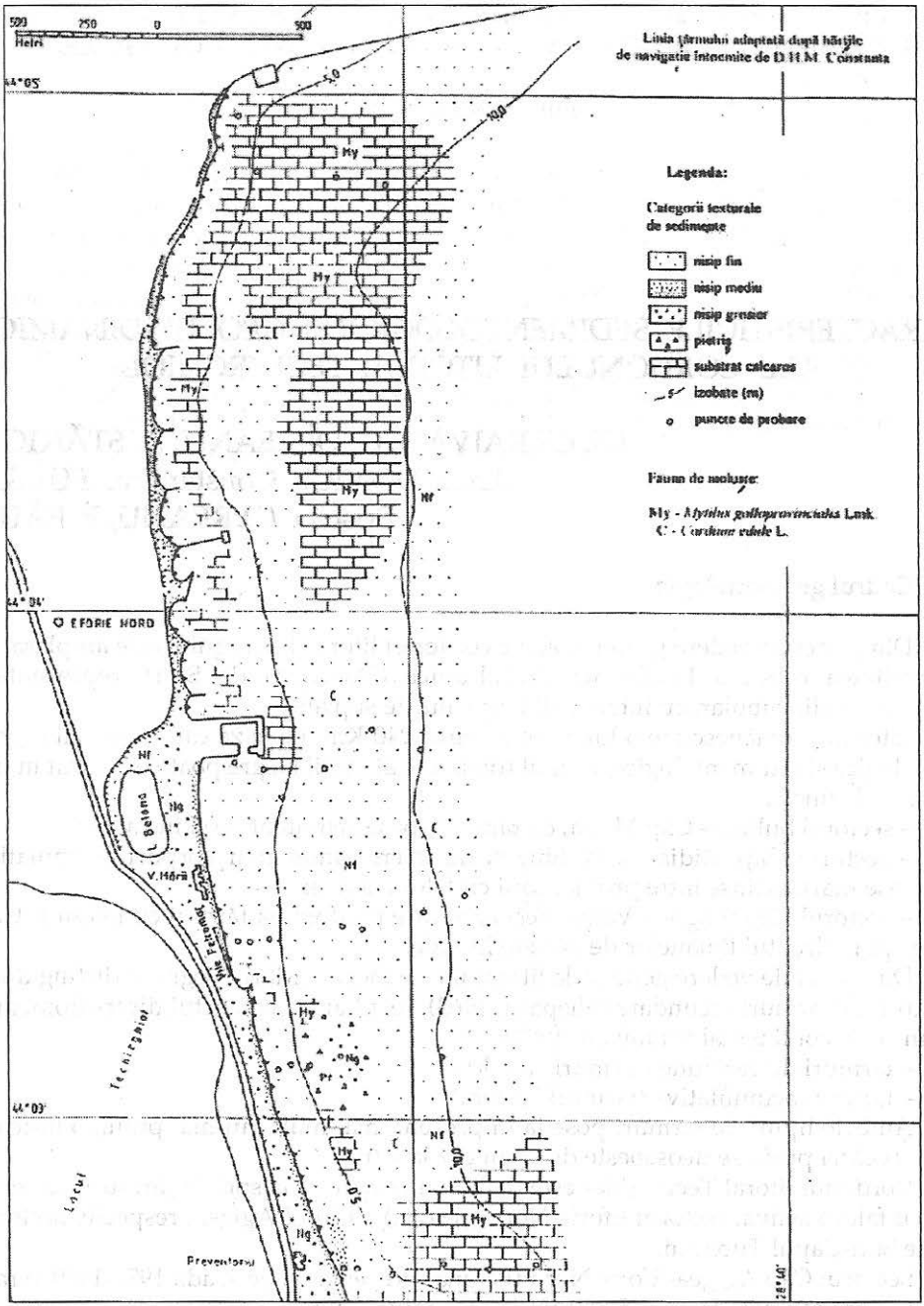

Fig. 1 – Harta sedimentologică a zonei litorale Agigea - Eforie

carelor sarmațiene este neregulată, tipică scoarței de alterare, în goluri acumulându-se argilă roșie reziduală. Calcarele sarmațiene sunt intens carstificate, prezentând numeroase pungi verticale, umplute cu material rezidual provenite din lentile de argile verzui.

Argilele reziduale, având grosimea de 0.60-2.30 m, constau dintr-o matrice argiloasă de culoare roșcată sau verzuie, în care sunt înglobate elemente rulate de pietriș calcaros, acoperite cu pelicule negre de oxizi de fier și mangan.

Depozitele pleistocene sunt reprezentate prin orizonturile de paleosoluri III, II și I, precum și prin ultimele trei nivele de löess.

Retragerea falezei superioare păstrează în acest sector aproximativ același ritm cu abraziunea falezei inferioare sarmațiene.

Sectorul Eforie Sud-Capul Turcului este stabilizat prin lucrări inginerești și structuri hidrotehnice (epiuri, sparge valuri etc.), la adăpostul cărora s-au format plaje artificiale.

Capul Turcului, prezintă o faleză cu profil mixt: o râpă de alunecare în depozitele löessoide, situată la o distanță de 100-150 m de linia țărmului și o înălțime de 20-25 m; corpul de alunecare; faleza marină propriu-zisă, dezvoltată în calcare sarmatiene. Fruntea corpului de alunecare coboară până la țărm, deasupra calcarelor. Suprafața de alunecare corespunde unui nivel freatic dezvoltat la baza depozitelor löessoide, din care apar numeroase izvoare.

Zonele active ale falezei Mării Negre sunt supuse unei abraziuni energice determinată de duritatea rocilor expuse și de configurația țărmului. Produsele finale ale procesului de abraziune sunt pietrișul și nisipul, care se vor integra circulației litorale.

Faleza cuaternară este formată din depozite friabile (argile, depozite löessoide), prin abraziunea cărora ajung în mare cantități importante de material detritic. Particulele siltice și argiloase sunt duse în general, spre larg, în timp ce particulele nisipoase și pietrișul sunt vehiculate în lungul țărmului.

Cordonul litoral al Techirghiolului s-a format sub influența valurilor și a curenților litorali, care au determinat emersarea unei bare submarine, izolând astfel de mare o veche vale de râu, transformată ulterior în liman marin (lacul Techirghiol). Având o lungime de circa 2200 m și o lățime de 200-250 m, înălțimea cordonului litoral atinge, pe alocuri, peste 3 m în zonele de dune apărute ca urmare a plantării unor liziere de arbuști.

Cadrul geologic-sedimentologic

Cordonul litoral Techirghiol se încadrează, din punct de vedere geologic, în unitate structurală a Dobrogei de Sud, cu fundamentalul alcătuit din șisturi cristaline. Cuvertura sedimentară este formată din depozite paleozoice, mezozoice și neozoice, cu grosimi mici și numeroase lacune de sedimentare.

În faleză aflorează depozitele sarmațiene și cuaternare, iar depozitele nisipoase ale cordonului litoral s-au format la finele Cuaternalului târziu.

Sarmațianul din baza falezei marine, ce mărginește la nord și la sud cordonul litoral, este reprezentat prin Bassarabian și Kersonian, fiind predominant calcaros (calcare lumaselice, calcare cu Nubecularii). Depozitele calcaroase se prezintă în pachete decimetrice, orizontale, sau cu stratificație oblică (Capul Turcului), tipică unei sedimentări de self intern. Din aceste depozite se cunoaște o bogată faună de *Mactra vitaliana, Mactra fabreana, Tapes gregarius, Cardium fittoni* etc., precum și o bogată microfaună de elphizi și nonionide.

Depozitele **Kersonianului** au un caracter regresiv, fiind reprezentate prin marne, calcare oolitice și lumaselice, cu numeroase exemplare mici de *Mactra bulgarica, Mactra caspica sinsovi* și *Mactra baltica*.

Formațiunile cuaternare din sectorul studiat sunt reprezentate prin argile roșii villafranchiene, depozite löessoide și sedimente de plajă.

În baza cuverturii de löess, dispusă pe suprafața alterată și carstificată a calcarelor sarmațiene, se întâlnesc depozite argiloase roșii sau galben-roșcate, cu numeroase concrețiuni calcaroase și feri-manganice, cristale de gips și fragmente de roci dobrogene. Liteanu și Ghenea (1966) consideră argilele roșii din Dobrogea drept villafranchiene, indicând existența la începutul Cuaternarului, a unui regim arid continental. Argilele roșii expuse în faleza Mării Negre, în sectoarele limitrofe zonei cercetate, prezintă caracteristici texturale tipice unui transport în regim torențial (Caraivan, 1982).

Depozitele löessoide din faleză aparțin, din punct de vedere textural, categoriilor: silt argilos, silt nisipos, silt.

Caracteristicile fiziografice ale zonei

Zona litorală aparține, din punct de vedere geomorfologic și sedimentologic, domeniului de plajă și de self intern, încadrată de Panin & al. (1977) **"zonei a"** (0-40 m), respectiv subzonei Constanța-Vama Veche. Aceasta se caracterizează printr-un relief mai accidentat, cu zone stâncoase, platforme de abraziune și o cuvertură foarte subțire de sedimente.

Zona litorală cuprinde plaja subaeriană și plaja submersă, extinsă în larg până la limita de acțiune a valurilor, marcate pe profilele batimetrice prin schimbări de pantă, la adâncimi de 6-7 metri.

În dreptul stațiunii Eforie Nord, țărmul relativ înalt, cu faleză, este protejat de o succesiune de 7 diguri și un mic acvatoriu portuar, amplasat în fața Hotelului Belvedere.

O dată cu implementarea acestei configurații antropogenice majore (anii 1975-1977), la sud de aceasta s-au înregistrat schimbări importante, atât în regimul valurilor și curenților cât, mai ales, asupra balanței proceselor sedimentare. Ceea ce se anticipa în anul 1975 (Caraivan, 1975, în Muller et al., 1975) a devenit ulterior o evidență, marcată de intensificarea proceselor de eroziune costieră în sectorul Agigea Institut-Eforie.

Profilele batimetrice din largul plajei de la Agigea – Institut demonstrează evidența acestui proces. Pe intervalul de adâncime 0-11 m apare o rupere de pantă la adâncimea de 9 m, delimitând un sector costier cu panta de 27,7 ‰ și selful intern, cu panta de circa 3,4 ‰. Fundul marin este în general stâncos, numai în lungul unei fâșii litorale înguste (0-2 m adâncime), fiind vehiculate sedimente arenitice și galeți, de provenienă reziduală.

În zona din apropierea țărmului adâncimea crește relativ, la o valoare de circa 2 metri, panta submersă variind de la circa 28,6 ‰, la 80 ‰), sau chiar 106,6 ‰ în fața vilelor PETROMAR, ca urmare a intensificării eroziunii costiere.

La adâncimi, ce variază între 3,5 și 4,5 m, panta subacvatică are valori cuprinse între 14,12 ‰ semnalând existența unor corpuri nisipoase (bare) longitudinale, mobilizate, de obicei, în condițiile unui regim hidrodinamic superior, de furtună.

În partea sudică a zonei se constată extinderea fundurilor stâncoase, cu pante uneori abrupte, marcând prezența unor faleze de abraziune relicte. La baza acestora, la adâncimea de circa 10 m, s-au recoltat chiar și galeți rulați, dovada unei paleoambiante costiere.

Ambianța de plajă a fost cercetată în detaliu, atât pe plaja subaeriană cât, mai ales, pe plaja subacvatică, în intervalul batimetric 0-7 metri.

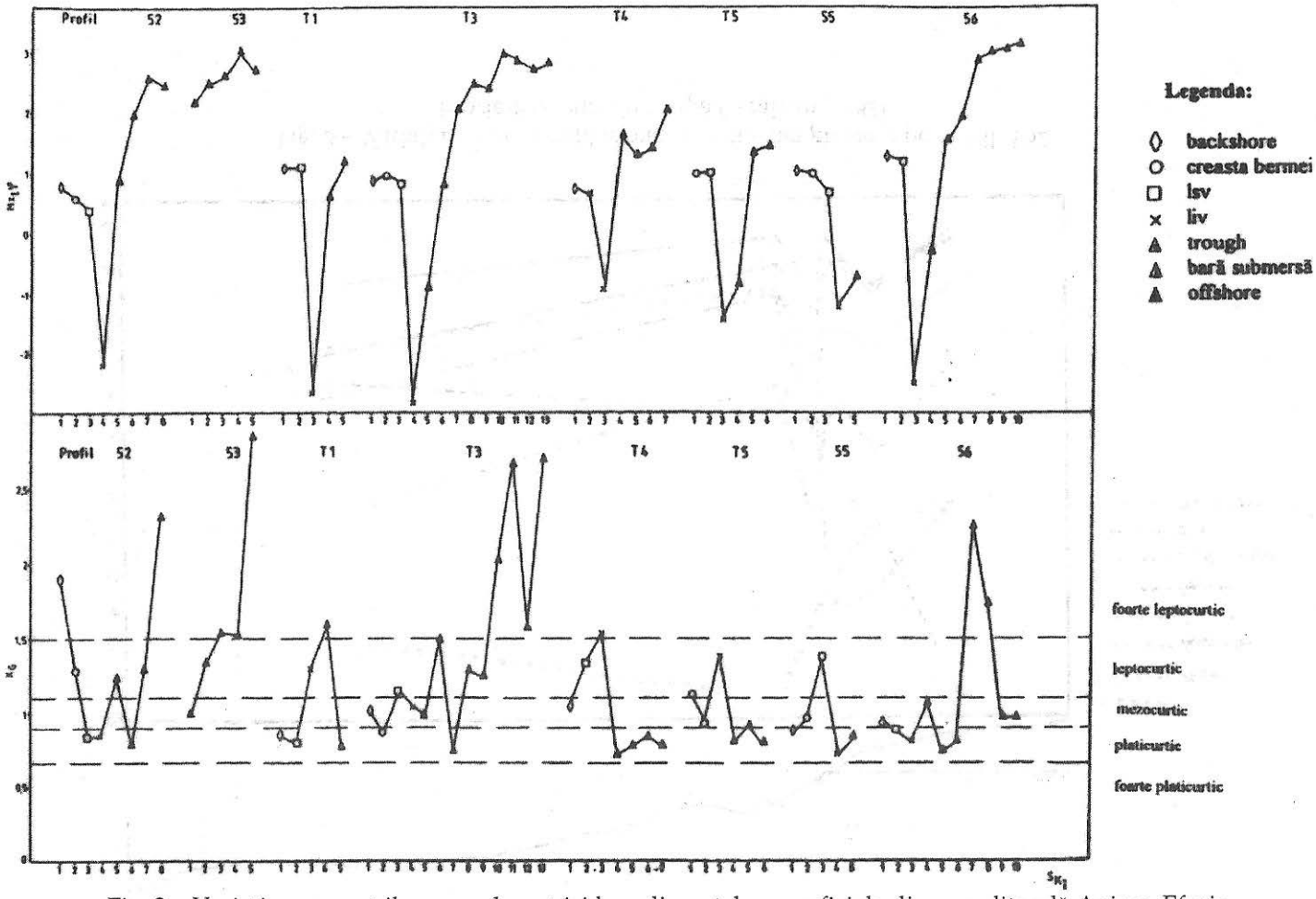

Fig. 2 – Variația parametrilor granulometrici la sedimentele superficiale din zona litorală Agigea-Eforie

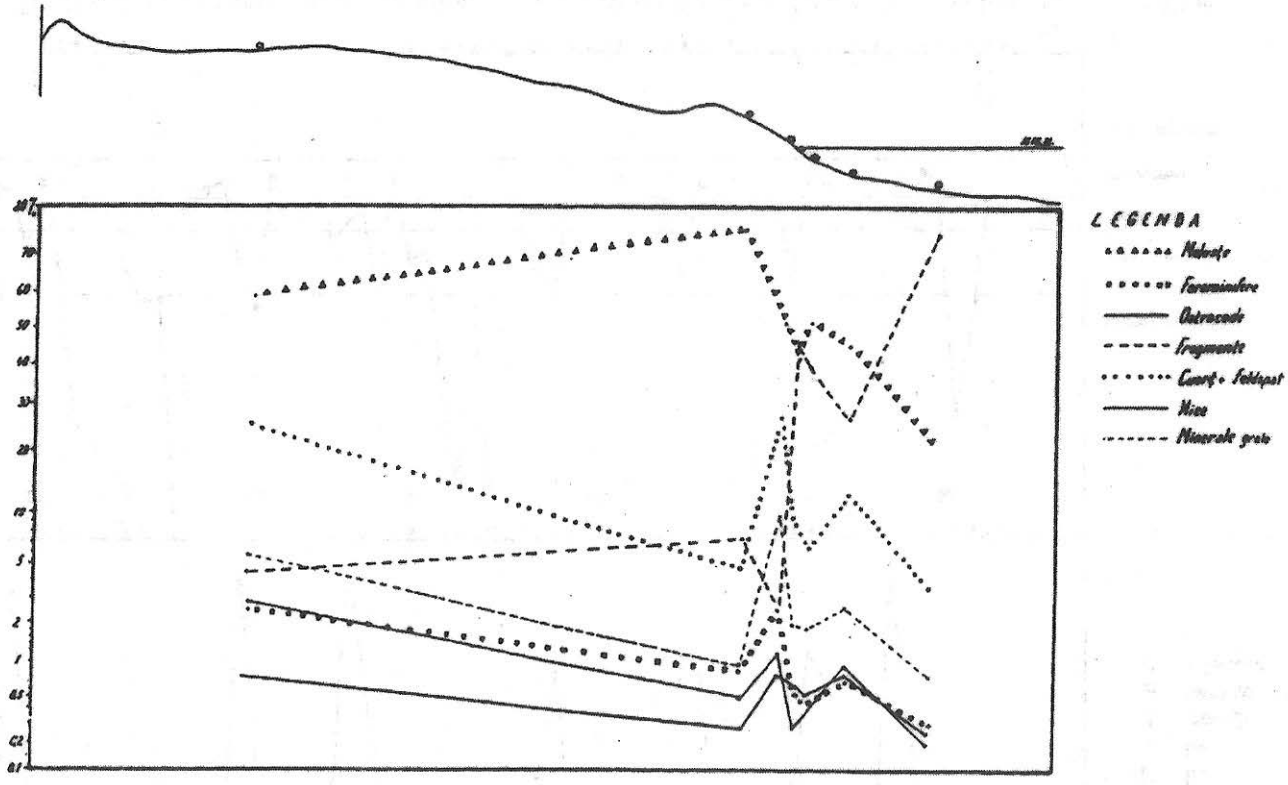

Fig. 3 – Variația constituienților majori ai fracției grosiere pe profilul 52 Eforie-Preventoriu (după Caraivan, 1982)

Profilele batimetrice măsurate în spațiul litoral cuprins între portul Belona și cele două diguri din fața Taberei Luminița ilustrează sugestiv diferențele existente în distribuția sedimentelor superficiale, datorate specificului local al balanței proceselor de sedimentare. Construcțiile hidrotehnice delimitează la nord și la sud acest sector costier, invidualizându-l din punct de vedere hidrodinamic.

Plaja subaeriană relevă existența unei zone de dune eoliene, prin formarea cărora altitudinea cordonului litoral ajunge la aproximativ 3 m. Fixarea acestora a fost înlesnită de plantarea la limita șoselei a unei liziere de arbuști.

Zona de backshore este limitată spre mare de zona de swash prin creasta bermei. Sedimentele sunt grosiere, fracția fin nisipoasă fiind îndepărtată prin deflație, fie spre zona de dune, fie spre mare.

În timpul verii, în sectorul turistic, această zonă este nivelată, astfel încât nu mai conservă alura profilului natural.

De-a lungul cordonului litoral al Techirghiolului lățimea zonei de backshore variază între 50 și 100 de metri, mai îngustă în partea extrem sudică (Preventoriu-Eforie Sud), extinderea sa crescând până aproape de 100 de metri spre nord (între Plaja Azur și Tabăra Luminița). Zona de backshore se îngustează din nou în dreptul Solarului și a Vilei PETROMAR (ca efect al prezenței celor două epiuri), pentru ca în apropierea digului Belona să aibă extinderea maximă.

Zona de swash reprezintă porțiunea aflată în echilibru dinamic, ca rezultat al interacțiunii regimului hidrodinamic marin (valuri, curenți) cu sedimentele de plajă.

În sectoarele de plajă aflate în eroziune, zona de swash este mai lată, cu o pantă relativ mai domoală. În dreptul zonelor de acumulare, lățimea zonei de swash este mai mică, iar panta acesteia crește.

În zona cercetată panta zonei de swash variază, în medie, între 13% și 17%.

Limita internă a zonei de inshore este la baza zonei de swash, unde se produce colapsul final al valurilor de spargere. Aici se formează un canal îngust (runnel), de circa 20-50 cm, mărginit spre mare de un val mic de nisip grosier cu amplitudinea de circa 15-20 cm (ridge).

Primul trough are o adâncime de 1-1,3 metri, cu profil asimetric, panta mai lină fiind orientată spre țărm, iar cea mai abruptă spre larg.

Elementele morfologice cele mai importante sunt barele subacvatice. Profilul asimetric al barelor arată un flanc anterior mai abrupt, o zonă de creastă aplatizată și un flanc posterior cu pantă mai lină, spre larg. Lărgimea acestor bare submarine atinge circa 60 de metri. În sens longitudinal, barele au extinderea de 60-100 m, fiind separate de canale create de curenții de rip. Pe suprafața barelor submarine se observă ripplemarks asimetrice, perpendiculare pe direcția curentului.

În dreptul Vilei PETROMAR se distinge o bară submarină largă de circa 100 de metri, având flancul dinspre larg mai abrupt, element care indică deosebit de clar faptul că acest corp nisipos este format atât sub acțiunea curentului longitudinal costier, cât și a curentului de fund, de întoarcere spre larg.

Înspre largul acestor corpuri acumulative, pe profilele batrimetrice, se schițează o depresiune longitudinală (trough) cu adâncimea maximă de 4-5 m (uneori dezvelind fundul stâncos), urmată de bare submarine largi, cu flancul dinspre țărm mai abrupt. Aceste bare marchează traseul curentului litoral de sedimente din timpul furtunilor, în lungul căruia apar și primele aliniamente de spargere a valurilor de furtună.

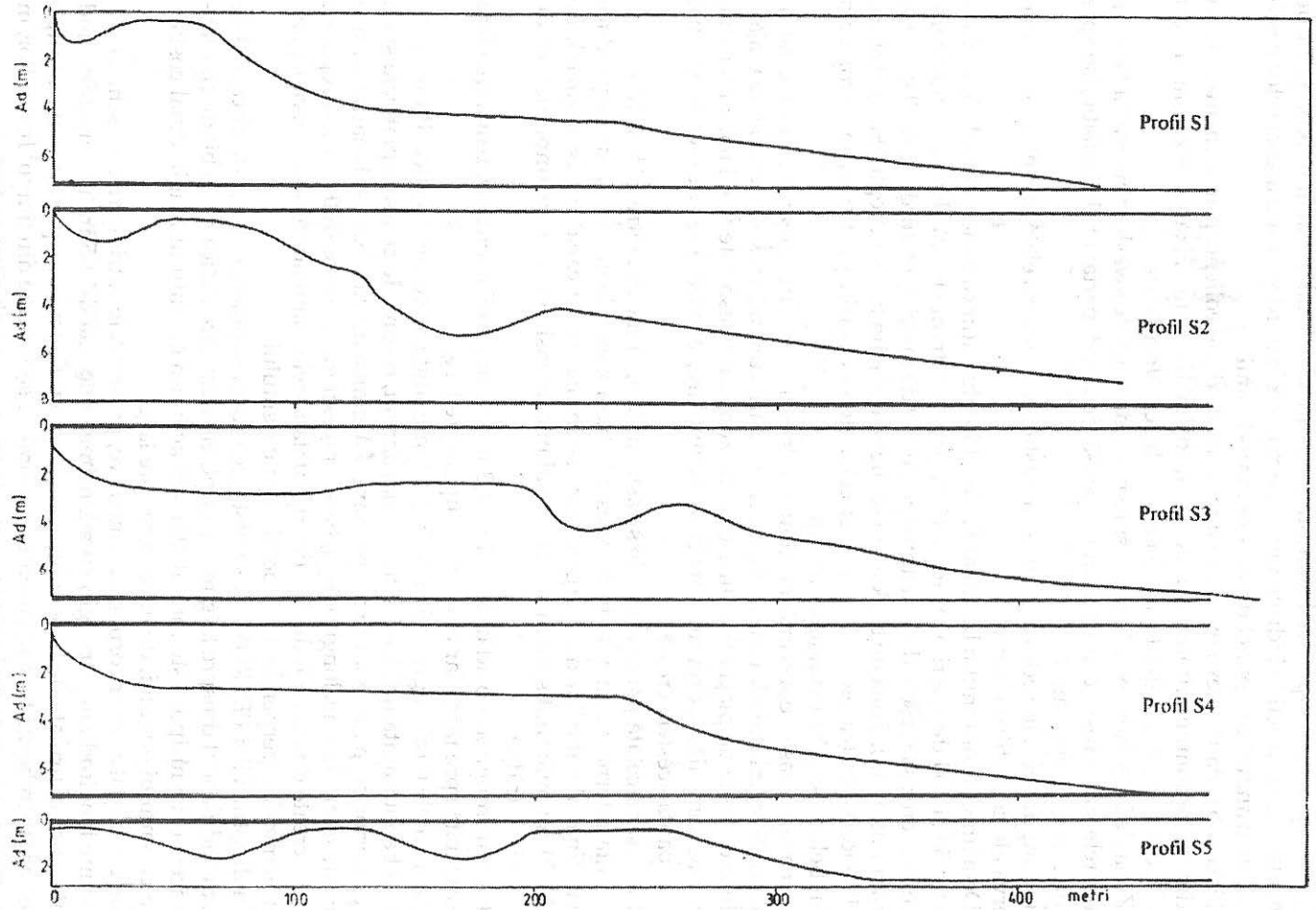

Fig. 4 – Profile batimetrice în zona costieră aferentă VILEI PETROMAR

Caracteristicile texturale ale sedimentelor superficiale

Tipurile texturale de sedimente

Ținând seama de specificul textural al sedimentelor superficiale din zona studiată, am adoptat pentru clasificarea lor, diagrama lui Folk, care utilizează ca termeni extremi: pietriș, nisip, mâl.

În marea lor majoritate, probele recoltate se plasează pe latura nisip-pietriș a diagramei, fiind reprezentate, în principal, prin cele două fracții granulometrice (definite conform scării lui Wentworth). Distribuția areală a tipurilor texturale este redată în fig. 1.

Pietrișul (granule cu dimensiuni mai mari de 2 mm) este constituit în principal, din elemente calcaroase și fragmente de cochilii. Astfel definită, clasa pietrișului reprezintă, în general, sub 10% din masa totală a probelor. În lungul zonei de swash (la baza sa) însă, pietrișul este dominant, participând în proporție de 30,51-94,99% la formarea sedimentelor. Raportul galeți/cochilii este de obicei supraunitar.

Nisipul reprezintă fracția granulometrică cea mai răspândită în zona cercetată, atât pe plaja emersă, cât mai ales, pe panta submersă (Fig. 1). Probele nisipoase aparțin la trei subclase:

– nisipul fin (Mz_1=2-3 phi) este distribuit în largul zonei cercetate, devenind tot mai fin spre adâncimile mai mari. Nisipul fin este, de asemenea, constituientul dominant al dunelor eoliene.

– nisipul mediu (Mz_1=1-2 phi) caracterizează zona de swash.

– nisipul grosier (Mz_1= 0-1 phi) este tipic sedimentelor plajei subaeriene (în special backshore), sedimentele fiind îmbogățite în elemente grosiere, datorită deflației eoliene, care îndepărtează particulele fine.

În largul Taberei de copii Luminița apar petice de sedimente mai grosiere, la adâncimi de 5-7 m (nisip grosier, pietriș fin). Luând în considerație gradul avansat de rulare al particulelor, considerăm aceste corpuri sedimentare ca fiind relicte, reprezentând sedimente prelucrate în regim costier (zona de swash), în timpul regresiunii phanagoriene.

Sedimente mâloase nu apar în zona cercetată, datorită regimului hidrodinamic superior care o caracterizează, particulele siltice și argiloase fiind duse în suspensie de curenți spre larg.

Variația parametrilor texturali în lungul țărmului

Textura sedimentelor de plajă din lungul cordonului litoral al Techirghiolului, variază în limite restrânse, dată fiind sursa comună de material, prelucrat în condiții hidrodinamice asemănătoare. Pentru a face posibilă o comparație din punct de vedere textural al depozitelor de plajă din lungul țărmului, au fost luate în considerație numai probele recoltate în partea mediană a zonei de swash (lsv), în condiții hidrodinamice asemănătoare (valuri de spargere cu amplitudinea de 50-60 cm), circulație slabă de la nord la sud.

Valoarea Mediei (Mz_1) variază de la 1,46 phi (Profilul 52 Preventoriu) la 0,43 phi pe Profilul T4. Profilul 52 este situat la nord de un promontoriu, continuat în larg cu o platformă stâncoasă largă (bench), care furnizează materialul mai grosier (galeți calcaroși, cochilii de midii), supus prelucrării de către valuri.

În zona cuprinsă între Solar și portul Belona, țărmul este structurat în mai multe celule de circulație. În cadrul acestora, materialul sedimentar este vehiculat în sensul curentului longshore (spre sud), realizându-se o sortare a particulelor după dimensiuni și formă. Astfel, în lungul celulei de circulație cuprinsă între profilele T1-T4, se observă diminuarea treptată a dimensiunilor particulelor (valorile Mz_1) în sensul curentului longshore, pe măsura scăderii competenței acestuia, înainte de a fi deviat spre larg, printr-un curent de rip. În mod similar, se observă acest fenomen în cadrul unei alte celule de circulație situată mai spre nord, în zona profilelor 55 și T5 (Tabel I).

Tabelul I. Variația parametrilor granulometrici în lungul țărmului, în zona cordonului litoral Techirghiol

Profilul	Md φ	$Mz_1\varphi$	$\sigma_1\varphi$	SK_1	K_G
52-Preventoriu	1,41	1,46	0,66	0,13	0,83
T1-Solar	1,07	1,1	0,55	0,05	0,8
T3-Vila Petromar	0,78	0,83	0,65	0,05	1,16
T4-Stația pompare	0,41	0,43	0,49	0,06	1,33
T5-Vraja Mării	0,92	1,01	0,59	0,14	0,93
55-Cherhana	0,63	0,67	0,7	0,02	1,38
56-Belona	1,08	1,19	0,7	0,23	0,89

Sortarea materialului (σ_1) variază în funcție de condițiile locale privind aportul de material, precum și de intensitatea și direcția curentului longshore. Astfel, de la Belona spre sud se înregistrează două segmente litorale (profilele 55-T5 și T4-T1), în lungul cărora sortarea sedimentelor vehiculate în lungul țărmului înregistrează două tendințe de îmbunătățire; de la 0,70 la 0,59 phi în primul caz, și de la 0,55 la 0,49 phi în cel de-al doilea caz.

Asimetria (S_{K1}) curbelor de distribuție este, în general, ușor pozitivă, având valori cuprinse între 0,05 și 0,23, ilustrând un ușor trend al curbelor de distribuție în domeniul de dimensiuni fine, mai accentuat în sensul curentului longhore spre sud.

Boltirea (K_G) curbelor de distribuție se menține în jurul domeniului mezocurtic, cu abateri nesemnificative în domeniile limitrofe (leptocurtic și platicurtic).

Variația parametrilor texturali pe profilul plajei

Ambianța de plajă este structurată într-o serie de zone morfologice și energetice, în cadrul cărora sedimentele superficiale posedă caracteristici texturale specifice. Pentru a avea o bază unitară de comparație, probarea s-a făcut în condiții hidrodinamice asemănătoare (amplitudinea valurilor de spargere H=50 cm, circulație slabă dinspre nord). Simultan, s-au făcut înregistrări batimetrice pentru zona de larg, precum și ridicări topografice în zona emersă.

În Fig. 2 este ilustrată poziția punctelor de probare, precum și variația parametrilor texturali, atât areal, cât și pe profilul plajei.

Zona backshore este activă numai în timpul marilor furtuni de iarnă, când devine zonă de swash. În restul timpului această zonă se află numai sub influența vântului, deflația eoliană determinând îndepărtarea fracțiunii nisipoase fine înspre zona de dune, sau înspre mare. În zona cercetată, sedimentele zonei backshore sunt în general nisipuri medii și grosiere, cu valori ale Mediei (Mz_1) variind între 0,48 și 1,29 phi, mai grosiere în zonele cele mai expuse deflației eoliene.

Deviația standard inclusivă ($\sigma_1\varphi$) ca măsură a sortării sedimentelor, se înscrie în limitele unor valori bune și moderate.

Proba cea mai elocventă privind efectul deflației eoliene este proba 52/1, cu asimetrie puternic negativă, ilustrând existența unei prelungiri a curbei de distribuție în domeniul grosier.

Boltirea (Kurtozis-K_G) curbelor de distribuție la probele zonei backshore arată o sortare centrală relativ bună a populațiilor de particule (K_G variind în jurul valorilor mezocurtice).

Zona de swash este domeniul de plajă cu dinamica cea mai intensă. Aici este concentrat întregul spectru textural al depozitelor de plajă. De la creasta bermei inferioare până la baza zonei de swash se realizează sortarea particulelor, atât după dimensiuni cât și după forma acestora.

În sectorul cercetat se înregistrează un spectru larg de dimensiuni ale particulelor sedimentare vehiculate în cadrul zonei de swash.

Valoarea Mediei ($Mz_1\varphi$) variază între 0,43 și 2,86 phi, ilustrând concentrarea particulelor celor mai grosiere la baza zonei de swash și a celor mai fine spre creasta bermei.

Sortarea particulelor este influențată atât de masa, cât și de forma acestora. Variația deviației standard inclusive ($\sigma_1\varphi$) indică, prin scăderea valorilor sale înspre partea superioară a zonei de swash, o îmbunătățire a sortării particulelor în această direcție.

Asimetria (S_{K1}) variază între -0,26 și 0,06 pe creasta bermei și între 0,15 și 0,18 la baza zonei de swash, ilustrând tendința de predominare a valorilor pozitive la baza zonei de swash, unde particulele fine sunt între interstițiile galeților calcaroși. Valorile negative ale S_{K1} întâlnite pe creasta bermei sunt datorate prezenței particulelor cu dimensiuni mai mari, aplatizate, cu portantă mare, care pot fi mobilizate de curentul uprush. Acest fenomen determină apariția uneori, a unor valori platicurtice, la sedimentele dinspre creasta bermei.

Zona inshore din sectorul cercetat se caracterizează prin dezvoltarea a 1-2 bare subacvatice în zona aflată în umbra de protecție a acvatoriului portuar de la Belona, lipsind, practic, în partea de sud a Vilei PETROMAR, supusă eroziunii. Sedimentele plajei subacvatice (zona inshore) sunt supuse acțiunii de transport și sortare, realizată de valurile de spargere, caracteristicile texturale fiind comparabile cu cele ale depozitelor din zona de swash. Dacă la baza zonei de swash se concentrează materialul cel mai grosier, începând cu primul trough și continuând cu zonele de spargere ale valurilor, se constată scăderea treptată a dimensiunilor particulelor, Media (Mz_1) variind de la valori cuprinse între -1,05-1,61 phi, în primul trough, la valori de 0,85-2,60 phi pe prima bară subacvatică.

Sortarea ($\sigma_1\varphi$) se îmbunătățește, în general, spre largul zonei inshore, variind de la valori cuprinse între 0,65-1,56φ în primul trough, la valori de 0,68-0,76φ pe barele

subacvatice.

Asimetria ($S_{K1}\varphi$ curbelor de distribuție prezintă valori apropiate de zero, variind între -0,06 și 0,21, ilustrând o sortare bună. De asemenea, se observă o virare a valorilor Boltirii (K_C), de la valori mezocurtice, sau ușor leptocurtice (1,25-1,61), spre valori slab platicurtice.

Caracteristicile mineralogice ale sedimentelor superficiale

Studiul mineralogic și petrografic global al sedimentelor de plajă (Caraivan, 1982) a relevat existența a trei categorii majore de constituienți: biogeni, litici și minerali (Fig. 3).

Componenții biogeni (50-70%) sunt reprezentanți prin fragmente de moluște, foraminifere, ostracode etc., cochiliile de Mytilus dominând cu autoritate.

Pe profilul plajei, cochiliile de moluște se concentrează, de obicei, pe suprafața bermei inferioare, sau în zona backshore, datorită portantei lor ridicate. Foraminiferele și ostracodele participă în proporție redusă (sub 1%) la constituția sedimentelor de plajă.

Componenții litici provin din eroziunea rocilor aflate în baza falezei sau pe fundul mării, și cu totul subordonat, din aluviunile Dunării. În zona cercetată, unde aflorează pe fundul mării calcarele sarmațiene, procentul de fragmente litice variază între 7-75%.

În funcție de disponibilitățile locale, litoclastele, de obicei grosiere, se acumulează la baza zonei de swash.

Componenții minerali sunt reprezentați prin cuarț, feldspați, minerale grele, făcând parte, aproape în totalitate, din fracția nisipoasă.

Fauna de moluște din sedimentele superficiale

Necesitatea studiului faunei de moluște din sedimentele de plajă, rezultă din importanța acestor organisme ca sursă de material sedimentar. Moluștele care trăiesc în zona litorală aparțin unor specii adaptate la agitația puternică a valurilor și la calitatea substratului (stâncos, sau nisipos).

În zona litorală, sunt caracteristice două asociații de moluște actuale: asociația midiilor de stâncă (*Mytilus galloprovincialis* Lmk.) și asociația *Cardium edule* L – *Scapharca inaequivalvis* Brug.

Asociația midiilor de stâncă, populează substratul care aflorează pe arii întinse, atât pe țărmul cu faleză, cât și pe fundul mării, până la limita de larg a zonei cercetate (cu adâncimi de 10-11m). În afară de *Mytilus* se mai întâlnesc *Mytilaster, Nassarius, Chione gallina corrugatula* Nev.

În timpul furtunilor mari, de iarnă, cochiliile de midii sunt aruncate pe țărm, formând falune uriașe.

Asociația *Cardium edule – Scapharca inaequivalvis* se întâlnește pe un substrat nisipos, fiind distribuită uniform în largul zonei cercetate, la adâncimi de 3-10 m. Ca forme însoțitoare apar *Mya arenaria* L. și *Cyclope neritea* L.

Contribuția cochiliilor de moluște ale acestor asociații, ca sursă de material sedimentar pentru sedimentele de plajă, este cu totul subordonată față de midiile de stâncă.

Elementele cochiliere relicte (grad de rulare avansat, pigmentare în brun) constituie, alături de materialul rezidual calcaros, componentul principal al depozitelor de

plajă din zona cercetată. Astfel, apar numeroase cochilii relicte de *Ostrea edulis* L., *Cardium edule var. major* Rev., *Mytilus, Chione, Cyclope, Nassarius, Corbula, Donax, Cerithitidium.*

Existenţa acestui material pe plaja emersă aduce un argument în plus, care evidenţiază intensitatea eroziunii costiere, care a determinat remobilizarea unor corpuri de sedimente de plajă, expuse pe fundul mării în zona offshore.

Surse de material sedimentar pentru zona de plajă

Analiza detaliată, din punct de vedere textural faunistic şi mineralogic, a sedimentelor de plajă din zona cercetată, a pus în evidenţă existenţa a trei surse de material sedimentar: sursa organogenă, sursa terigenă şi o sursă reziduală.

Sursa organogenă este foarte importantă, fiind reprezentată prin material carbonatat, cochilifer, oferit de moluşte în primul rând. Cu totul subordonat, se adaugă testurile de foraminifere şi valvele de ostracode (0,5-2%).

În partea de sud a litoralului, midiile de stâncă reprezintă principalul furnizor de particule cochiliere. Fracţiunea organogenă din sedimentele de plajă cuprinde cochilii ale unor moluşte actuale, (ex. Mytilus, Cardium), dar şi ale unor moluşte relicte (Mytilus, Donax, Nassarius, Chione etc.), care mai poartă amprenta transformărilor chimice şi mecanice datorate schimbărilor ambientale.

Sursa terigenă are drept cale principală de transport Dunărea şi râurile din partea de nord-vest a Mării Negre, fiind constituită din particule de cuarţ, mice, feldspaţi, litoclaste erodate din formaţiunile geologice existente în bazinul de recepţie al Dunării. La sud de Constanţa, sursa terigenă danubiană nu atinge ţărmul actual datorită pantei mai mari a fundului, cât şi datorită barierei ridicate în calea curentului de aluviuni de acvatoriul portuar Constanţa Sud-Agigea.

În asociaţia de minerale grele se constată o creştere a frecvenţei mineralelor opace şi a piroxenilor, în comparaţie cu provincia danubiană. Sursa acestui material a constituit-o Dobrogea centrală şi sudică, de unde râurile au erodat depozitele sedimentare vechi.

Aportul de material terigen înregistrează o scădere considerabilă, proces declanşat în urmă cu circa 25 de ani. Una din principalele cauze este, desigur, reţinerea aluviunilor în numeroasele lacuri de acumulare construite pe Dunăre şi pe afluenţii săi.

Sursa reziduală de material sedimentar o reprezintă rocile erodate de valuri din faleză şi de pe fundul mării. Astfel, calcarele sarmaţiene furnizează elemente de pietriş şi nisip calcaros.

Din depozitele cuaternare ale falezei Mării Negre, valurile preiau şi pun în circulaţia litorală particule de cuarţ eolian, minerale grele, pietriş rulat pigmentat cu oxizi de fier şi mangan, concreţiuni carbonatice etc.

O sursă sedimentară suplimentară este reprezentată de materialul încorporat în construcţiile hidrotehnice costiere (diguri, porturi, plaje artificiale).

Variaţia profilelor de plajă

Parametrii morfologici utilizaţi pentru a ilustra configuraţia profilului de plajă sunt: panta, amplitudinea şi lărgimea locală a plajei. Profilul plajei este un sistem dinamic, care acumulează o anumită cantitate de material în domeniul subaerian, dis-

tribuit în mod specific. Acest sistem este descris în termeni, care reprezintă cantitatea de sediment conținută în limitele profilului, lărgimea plajei și configurația profilului.

În scopul stabilirii unor posibile relații, care există între parametrii valurilor și stocul de sediment, s-au construit diagrame de variație a valorilor stocului de sediment (Q), în funcție de amplitudinea valurilor de spargere. S-au observat, astfel, (Caraivan, 1975) faptul că eroziunea plajei are loc sub influența valurilor de spargere cu amplitudinea mai mare de 40 cm, stocul de sedimente micșorându-se în funcție de durata de acțiune a acestui tip de regim hidrodinamic.

Creșterea plajei se desfășoară sub acțiunea unui regim hidrodinamic inferior, caracterizat prin valuri de spargere cu amplitudinea de 10-40 cm. A fost stabilită, astfel, existența unui "prag hidrodinamic" (Caraivan, 1975), care separă cele două faze de evoluție a plajei, de depunere și de eroziune, caracterizat prin valuri de spargere cu amplitudinea de 40-50 cm.

Eroziunea și acumularea sunt strict controlate de relația, care se stabilește între regimul hidrodinamic produs de agitația valurilor din zona litorală, morfologia submarină a plajei și textura sedimentelor de plajă. Ciclul plajei este în strânsă legătură cu periodicitatea furtunilor în zona litorală, când plaja are dimensiunile cele mai reduse.

După construirea celor două epiuri din fața Taberei de copii, la nord de acestea, s-a instaurat un regim hidroninamic, care a indus eroziuni puternice. Acestea s-au concretizat prin retragerea liniei țărmului cu valori cuprinse între 12 m, în dreptul Solarului, până la circa 25 m în fața Vilei PETROMAR. În schimb, se înregistrează chiar ușoare depuneri în fața Complexului Vraja Mării, pe seama materialului erodat dinspre sud.

Variația anuală a extinderii cordonului litoral

În cadrul programului de monitoring anual al zonei litorale, s-au efectuat studii în zona cuprinsă între Belona și Eforie Sud pe 4 profile (52-58). Începând cu anul 1998 au fost efectuate măsurători morfologice de detaliu pe alte patru profile (T1-T4) în dreptul Vilei PETROMAR. Pentru o mai bună corelare a datelor, vor fi comparate valorile pozițiilor limitei superioare ale zonei de swash măsurate anul anterior (pe timp de calm atmosferic, după o lungă perioadă cu regim dinamic scăzut) cu valorile maxime obținute în acest an (fig. 4).

Se poate constata că întreg cordonul litoral dintre Preventoriul din Eforie Sud (profil 52) și lacul Belona (profil 55) este în eroziune, variabilă fiind rata retragerii liniei țărmului. Astfel, pe profilele 52 – Preventoriu și 58 – Azur a fost măsurată o retragere importantă a liniei țărmului (3,6 m, respectiv 6 m în interval de un an), în timp ce pe profilele liniei țărmului în acest an a fost de numai 1 metru. Retrageri importante au fost măsurate și în dreptul Vilei PETROMAR). Profilul T4 este stabil, acesta fiind situat pe proeminența unei zone de acumulare.. Această variație a ritmului eroziunii se datorează orientării predominant sud-nord a curentului longitudinal în această zonă și a poziționării profilelor 54 și 55 la sud de digurile de protecție ale Taberei Luminița, respectiv a portului Belona.

Concluzii

Zona costieră cunoaște o intensificare deosebită a eroziunii marine, care periclitează siguranța construcțiilor existente. Cauzele fenomenului prezintă componente regionale și strict locale.

Circulația atmosferică din partea de vest a Mării Negre s-a modificat ușor față de situația existentă în urmă cu 30 de ani (predominantă nordică și nord-estică) în sensul creșterii frecvenței vânturilor din sectorul estic și sud vestic. În consecință, regimul valurilor și curenților marini costieri se adaptează prin activarea circulației sudice și estice, pe același fond dominant al circulației nordice.

În paralel, s-a diminuat drastic volumul de material terigen adus de fluvii în mare, cauza principală fiind reținerea aluviunilor în numeroasele lacuri de acumulare.

Astfel, pe litoralul românesc al Mării Negre, eroziunea litorală s-a generalizat, manifestându-se prin retragerea, uneori alarmantă, a liniei țărmului.

Circulația sedimentelor terigene în lungul țărmului a fost barată, de asemenea, prin construirea digurilor portuare de la Midia, Constanța Sud-Agigea și Mangalia-2 Mai.

Dacă circulația nordică este încă prevalentă în partea de nord a țărmului românesc., neafectat de structuri hidrotehnice majore, în partea de sud a structurilor portuare amintite, atât vânturile cât și valurile din sectorul nordic sunt atenuate.

O astfel de situație caracterizează și sectorul costier cercetat, aflat în partea de sud a portului Constanța Sud-Agigea, al cărui dig sudic pătrunde în mare pe o lungime de 5 km. Digul determină modificări în circulația sedimentelor de plajă care, în sectorul sudic învecinat, este orientată de la sud spre nord.

Deficitul cronic al balanței proceselor de sedimentare conduce la erodarea sedimentelor de plajă în tendința satisfacerii capacității de transport a agenților hidrodinamici marini costieri.

Sursa locală principală de material sedimentar este de natură reziduală și organogenă, fiind reprezentată de platforma submersă de calcare (bench) cu coloniile aferente de midii, extinsă în partea de sud a zonei cercetate.

Întrucât regimul circulației de sedimente în zona cercetată prezintă o rezultantă orientată de la sud spre nord, apare necesitatea de a nu se bara fluxul litoral de sedimente.

În anii 1980 însă, în dreptul hotelului Belvedere, se construiește portul turistic Belona, care pătrunde în mare 200 m, iar în fața Taberei de copii Luminița, se construiesc două epiuri în formă T, cu un dig "sparge val" submers în largul lor.

În acest fel, zona costieră situată la nord de Tabăra Luminița, este supusă unei eroziuni intense, deoarece după depășirea digurilor din partea de sud, curentul longshore, deposedat de debitul său solid reținut în capcana artificială, devine foarte agresiv refăcându-și potențialul de transport pe seama sedimentelor de pe plaja submersă și emersă.

În dreptul Vilei PETROMAR se localizează un curent de retur spre larg, foarte puternic pe timp de furtună care scoate din circuitul costier o mare cantitate de nisip.

Sedimentele de plajă sunt, în general, nisipuri medii și fine, predominant calcaroase și organogene. Fracția ruditică este strict localizată în lungul zonei de swash, fiind reprezentată prin galeți de calcare sarmatiene și fragmente de cochilii.

Lucrările inginerești de protecție împotriva eroziunii se pot grupa în două mari categorii, din punctul de vedere al modului de acțiune al acestora:

a) Prima mare categorie este reprezentată de lucrările de protecție, care se bazează pe retenția materialului sedimentar transportat în lungul liniei țărmului de către curenții litorali. În cadrul acestei prime categorii, cele mai importante structuri de protecție împotriva eroziunii sunt *epiurile* – digurile transversale pe țărm. Aceste diguri trebuie extinse spre larg până la interceptarea curentului litoral de sedimente.

b) O a doua mare categorie de opere inginerești de protecție costieră împotriva

eroziunii o reprezintă lucrările care au ca scop diminuarea impactului valurilor asupra liniei țărmului în perioada furtunilor. Principiul de funcționare al acestor structuri îl reprezintă crearea unei zone artificiale de spargere a valurilor, astfel încât energia lor să fie micșorată la contactul cu țărmul.

Cele două mari categorii de structuri de protecție împotriva eroziunii necesită de cele mai multe ori și acțiuni suplimentare, ca de exemplu alimentarea artificială cu sedimente a plajelor. Materialul sedimentar utilizat pentru suplimentarea balanței litorale trebuie să aibă cel puțin aceleași dimensiuni ale particulelor din sedimentul existent în mod natural pe plajă.

Chiar cu rezultate foarte bune pentru zona protejată, neajunsul tuturor structurilor de protecție costieră pe coastele cu deficit de aport de material sedimentar natural îl reprezintă faptul că fenomenul erozional nu poate fi stopat, ci doar deplasat în sensul curentului longitudinal.

Este deosebit de important ca protejarea unei plaje să nu ducă la scăderea valorii sale turistice.

Abrevieri

G. Caraivan, 1975 – *Cercetări Marine*, 7, 21-37, Constanța

G. Caraivan, 1982 – *Studiul sedimentologic al depozitelor din zona de plajă și a selfului intern din fața țărmului românesc între Portița și Tuzla.* Teză de doctorat, Universitatea București, 1982.

S. Liteanu, C. Ghenea, 1966 – *Cuaternarul din România.* St. tehn. econ. Seria H, Com. Geol., București, 1966.

G. I. Muller et al., 1975 – *Caracterizarea comparativă a condițiilor oceanografice, sedimentologice și hidrobiologice de pe litoralul românesc și prognozarea efectelor deschiderii canalului Dunăre-Marea Neagră asupra acestor caracteristici.* Raport Arhiva I.R.C.M., Constanța, 1975.

N. PANIN, G. SALOMIE, V. VARODIM, 1977 – *Cercetări batimetrice pe platforma continentală a Mării Negre.* St. cercet. Geol. Geofiz., Geofizica 15, București.

F. P. SHEPARD, 1963 – *Submarine Geology.* Ed. Harper and Row publ. New York, 1963.

SEDIMENTOLOGY AND GEOLITHODYNAMICS OF THE TECHIRGHIOL BARRIER BEACH

– Abstract –

The Techirghiol barrier beach is one of the shortest ways along the coast, crossing the littoral valleys, used since ancient times. That is why, the understanding of the coastal sedimentology and lithodinamics is very useful.

In this paper, beach sediments geology is desribed and the evolution of the shore erosion as well.