CONTRIBUŢIUNI LA MECANICA ALBIEI FLUVIALE

DE

VICTOR V. STOICA

INGINER

Şef de secţie in Direcţia Serviciului Hidraulic.

Un fapt constat, şi care nu este încă studiat decît foarte puţin, este mişcarea fundurilor la cursurile de apă. Oricari ipoteze şi cercetări s'au făcut, mai ales pentru albiile nisipoase. Intre acestea trebuiesc citate încercările lui *Lechalas*, în diferite rapoarte şi *Lokhtin* (*Suramle mecanisme du lit fluvial 1897*).

Voi face oricare generalităţi pentru a se vedea ordinea de idei din care se priveşte această problemă în cele ce urmează.

Cînd la un curs de apă se păstrează un nivel de apă constant mai mult timp, atunci se stabileşte un anume profil al fundului, care este rezultatul unei stări de equilibru dintre forţa vie ce o dezvoltă apa în curgere în diferite punte ale albii şi rezistenţa la erosiune ce o opune pereţii şi fundul albii cursului prin puterea de coesiune a grăunţelor sau elementelor materialului ce formează aceşti pereţi şi prin rugositatea lor. Se stabileşte astfel forma cunoscută dată de diferitele reguli ale lui *Fargue*. Această formă va trebui să rămînă constantă cît timp regimul apei definit prin cota înălţimei apei rămîne constant, în tot lungul cursului apei, deci pantele şi toate celelalte elemente ale mişcărei apei rămîn aceleaş cu aceleaş valori.

Cînd apa este în creştere sau în descreştere dela o asemenea cotă, atunci şi fundul albii se va schimba în consecinţă, tinzînd a lua o altă formă, formă de equilibru pentru noul regim de curgere acum în vigoare.

In genere cînd apele au stat mult timp la o cotă minimă şi încep apoi să crească atunci forţa vie a apei se măreşte iar surplusul de travaliu pe care este capabilă a-l reda acum, se va traduce în parte prin erosiunea ce o va produce pe pereţii albiei pe care curge şi care acum trebue să reziste la alte forţe mai mari decît cele pentru cari se modelase pîna acum.

Rezultă dar din cele spuse. că la o creştere de apă secţiunea de curgere se va mări prin o mîncare sau scobire a malurilor şi fundului albiei, sau cel puţin va avea această tendinţă.

Să vedem ce relaţiuni ar fi, cari ar putea să ne dea cantitatea cu care se afuiază aceşti pereţi şi mai ales fundul, care în primul rînd suferă această erosiune, malurile fiind mult mai rezistente sau chiar întărite. (Dela o înălţime oricare malurile sunt formate, în genere, de strate depuse. mai rezistente ca spre fund.)

Fundul albiei luînd, în fiecare punt, forma ce convine acestui equilibru, trebue ca *rezistenţa ce o opune*, la erosiune, materialele care'l constitue să fie egală în toate puntele cu *puterea erosivă*. Această rezistenţă ce opune materialele ar fi o *putere de aderenţă* A, care face ca materialele să nu se mişte decît cînd apa ce curge pe d'asupra ar putea dezvolta o putere de erosiune F de aşa intensitate ca să învingă puterea de aderenţă A.

Această *putere de aderenţă* A, în momentul cînd s'a stabilit un equilibru, este egală cu puterea erosivă şi ar fi după *Lokhtine* de forma (V. memoriu citat).

$$A = k w^2 + i$$

w fiind viteza apei la fund, i panta fundului în puntul indicat şi k un coificient numeric, depinzînd de mărirea şi densitatea materialului.

Dacă: S este secţiunea cursului de apă, în momentul cînd există equilibru întră F şi A, A puterea de aderenţă a apei pe unitate şi P perimetrul muiat se va putea scrie cînd există equilibru de mai sus, *aplicînd-o proporţionalitate a acestor travalii* că pe o lungime $dl = 1$ din cursul de apă, avem în unitatea de timp:

$$\text{(1)} \qquad K\,\Pi.\,S.\,w^2\,dl = P.\,A.\,dl$$

Π fiind greutatea specifică a apei, iar K un coeficient.

Dacă b este lăţimea secţiunei rîului şi h adîncimea medie a sa, presupunînd că secţiunea este aproximativ rectangulară relaţiunea (1) devine:

$$\text{(2)} \qquad A = \frac{\Pi.\,b.\,h.\,w^2}{b + 2\,h}\,K.$$

Viteza de curgere a apei mărindu-se, sau mai general apele fiind în creştere, atunci avem nişte valori w_1, b_1, h_1, diferite (figi. 1)

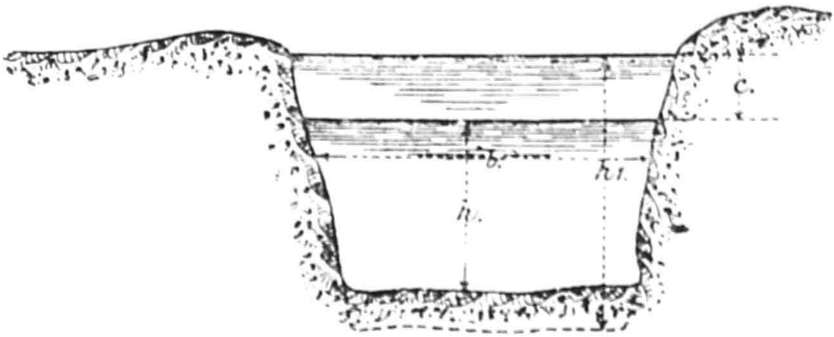

Fig. 1

de cele anterioare şi pentru cari formula (1) devine:

$$(3) \qquad K\,\Pi\,S_1 w_1^2\,d\,l = P_1\,A\,d\,l$$

iar formula (2) devine:

$$(4) \qquad A = \frac{\Pi\, h_1\, b_1\, w_1^2}{l_1 + 2\,h_1}\,K.$$

In adevăr se poate admite, că pentru fiecare natură de materiale constituind fundul albiei unui curs de apă în stare de equilibru, cantitatea $A = k\,w^2 + i$ este egală cu o constantă.[1]

In acest caz debitul cursului şi viteza de curgere crescînd va trebui ca lungimea pe care această aderenţă se întinde, în secţie transversală, să se mărească, adică tocmai perimetrul muiat; căci numai în acest caz forţa totală de aderenţă, crescută astfel, va opune rezistenţa mai mare equilibrînd acum din nou forţa de erosiune mărită prin creşterea apelor.

Din egalitatea (1) şi (3) rezultă:

---

1) Presupunînd că aderenţa rămîne constantă, presupun implicit că materialul ce formează albia rămîne acelaş cît timp se afuiază şi în genere aşa şi este, căci natura materialului rămîne aceeaş pe o adîncime relativ destul de mare. Aşa albiile nisipoase au totdeauna o grosime mare de acest strat la fundul cursului. In cele zise aci se admite a priori că felul materialelor rămîne aceleaş oricît s'ar afuia fundul cursului de apă.

$$\frac{P_1}{P} = \frac{S_1\, w_1^2}{S.\, w^2} \tag{5}$$

iar din (2) și (4):

$$\frac{h.w^2}{b + 2\,h} = \frac{h_1\, w_1^2}{b_1 + 2\,h_1}.$$

Secţiunea fiind rectangulară $b = b_1$ și deci:

$$h_1 = \frac{h\, w^2\, b}{w_1^2\,(b + 2\,h) - 2\,h\,w^2}$$

și cantitatea cu care se va adînci secţiunea va fi:

$$\Delta = h_1 - h - C = \frac{h\,(2\,h + b)\,(w_1^2 - w^2)}{b\,w_1^2 + 2\,h\,(w_1^2 - w^2)} - C \tag{6}$$

C fiind cantitatea cu cît a crescut apa în intervalul celor două observaţii.

In cazul unei secţiuni oricare, la creșteri de ape, dividem secţiunea de curgere în fîșii verticale cari au cam acelaș regim de curgere, adică adîncimi cam uniforme. Rezultă dar că formula (6) se va putea aplica și aci, natural pentru fiecare element al secţiunei în parte și însumînd în urmă pentru a avea efectul total.

Exemplu. O secţiune rectangulară în care viteza pe fund crește de la: $w = 0{,}3$ m./sec., la $w_1 = 0{,}6$ m./sec., C=3,50 m. iar h=6 m., și $b = 60$ m. Acestea corespund cu o porţiune a rîului Prut, în amonte de gura sa 88 km., în timpul unor creșteri mari cînd am avut ocazia a face oricari măsurători. Se găsește după formulă, un afuiment al fundului de 1,19 m. corespunzînd cu cel găsit în natură de aproximativ de 1,10 m.

Discutînd puţin formula (6) vedem că avem trei cazuri de studiat, corespunzînd la trei feluri de secţiuni sau faze de curgeri, căci putem avea:

$$h_1 - h \lesseqgtr C.$$

Cazul I. $h_1 - h > C$ sau $\Delta > 0$. Secţiunea se adîncește cu cantitatea Δ și corespunde unui curs de apă cu albia strînsă în timpul unor ape în creștere sau la creșteri obicinuite de apă care nu trec de malurile obicinuite ale rîului. *Atunci* w_1 *crește foarte mult faţa de* w *iar termenul întîi din membrul al doilea al equaţii (6) este mai mare ca C.*

Este foarte important în *cazul indiguirilor, producînd astfel o erosiune a fundului pe tot parcursul cît va ține indiguirea. Aceasta se va întîmpla la fiecare creștere de apă pînă cînd se va ajunge, după un interval de timp oricare dela indiguire, secțiunea de scurgere să-și scobească un fund la o așa profunzime ca să permită aplicația formulei (6).* Această adîncire s'a observat de altfel la toate rîurile unde s'a făcut lucrări de indigare şi putem cita Garona fluvială, unde observaţiuni stricte, au arătat o lăsare a fundului de 1,30 m. în unele punte iar în altele 1,85 m. în timp aproximativ de 40 ani.[1])

Cazul II $k_1 - h = C$ sau $\Delta = 0$. Fundul rămîne invariabil şi este cazul cînd secțiunea are o aşa formă ca să permită acest fenomen. Fundul ar afecta forma curbei dată de formula (6) egalînd-o cu zero, adică punîndu-se anume condiţiuni lui b, w_1, w şi b ca equaţiunea să subsiste totdeauna.

Cazul III $k_1 - h < C$ sau $\Delta < 0$. In acest caz se produc depuneri în această secţiune, cînd apele ar avea în suspensiune materii luate din punte unde albia ar fi avut aceeaş aderenţă A. Grosimea stratului ce se va depune va fi dar dată de formula:

$$\Delta = C - (k_1 - h).$$

Examinînd formula (5) sau (6) vedem că acest caz corespunde la o creştere a elementelor ce exprimă perimetrul muiat mult mai repede decît creşte înălţimea de apă C şi viteza w_1 care viteză poate chiar să descrească. Adică *este cazul inundaţiunilor*, cînd este o vale submersibilă şi apa ese din albia minoră revărsîndu-se peste maluri şi deci perimetrul muiat se măreşte foarte mult faţă de celelalte elemente ale cursului. Secţiunile evasate sau prea largi prezintă acelaş caracter, deci se pretează la depuneri şi deci sunt în dauna navigabilităţi. In aceste condiţii u_1 creşte foarte puţin sau chiar se micşorează.

Cînd avem o scădere de viteză sau o descreştere de apă atunci formula (5) şi (6) se scimbă de semn şi raţionamentul făcut mai sus se aplică în mod invers. In acest caz formula va trebui restabilită pe noile baze afectînd termenii de semnele cuvenite

Natural că cele de mai sus sunt juste numai în măsura ipotezelor în care au fost stabilite formulele şi cît permit cunoştinţele noastre hidraulice de azi.

Această observaţie aşa de importantă a formei fundului unui

1) V. Fargue. La forme du lit des rivières à fond mobil.

rîu o vedem dată acum de curînd pentru *Rhône* de o formulă empirică de forma :[1])

$$y = a + b\,x$$

în care : y este adîncimea apei în dreptul unui fund ridicat [2]) corespunzînd la o cotă x, citită pe o scară vecină ; a este o constantă positivă, nulă sau negativă depinzînd numai de puntul luat de origine a gradaţiunii scărei considerate ; iar coeficientul b defineşte condiţiunile pragului. Cînd $b > 1$ avem depuneri, $b = 1$ fundul rămîne invariabil, $b > 1$ pragul se mănîncă la creşteri de apă şi se ridică din nou la descreşteri. Ne arată dar această formulă scoasă empiric tocmai cele găsite de noi în formula (6) în cele trei cazuri schiţate. Formula aşa cum am stabilit-o este însă mai generală şi ne poate ghida mai bine în studiul unui regim cînd am aplica-o, căci avem elementele hidraulice aproape toate cu valorile lor juste cari sunt legate de o relaţiune mecanică generală.

Nu intru în studii mai amănunţite ale formulei şi a multiplelor concluzii foarte importante ce s'ar putea scoate căci ar eşi din cadrul unui simplu articol. Ţin să menţionez câteva chestiuni unde s'ar putea aplica cum este cea a strîmtorării secţiunilor de scurgere şi a dragajelor. Se poate găsi astfel secţiunile unde la o anumită epocă dragarea este o soluţie pentru menţinerea unei adîncimi de apă sau unde dragarea este inutilă.

Se poate vedea din formulele de mai sus, şi din premisele pe care se bazează, că în cazul unor lucrări, pe o porţiune a cursului de apă sau pe tot parcursul său, lucrări ce ar tinde să modifice secţiunea de scurgere, cum ar fi indiguirile restrîngînd-o şi cari în aparenţă s'ar părea că fac să crească înălţimele de apă, mişcarea fundului cursului de apă ar deveni foarte puternică pe tot parcursul cît ar ţine acele lucrări şi ar tinde a se racorda în mod continuu cu regimul din amonte şi aval revenind la un equilibru stabil şi chiar la regimul anterior în ce priveşte panta generală superficială. Vechea supoziţie a ridicărei nivelului apelor prin indiguire, argument ce servea mai de mult contra acestor lucrări, şi cari cei ce nu sunt la curent cu studiile actuale de hidraulică îl mai aduc şi azi, se vede cît este de falş chiar în mod teoretic, căci practic este deja stabilit.

---

1) V. Ann. P. et Ch. 1911 tom VI. *Travaux d'amélioration du Rhône* par *M. Armand.*

2) *Fund-ridicat (haut fond)* este luat în înţelesul de *prag* (*seuil*) adică de înălţările de fund din dreptul puntului de inflexiune a cursului.