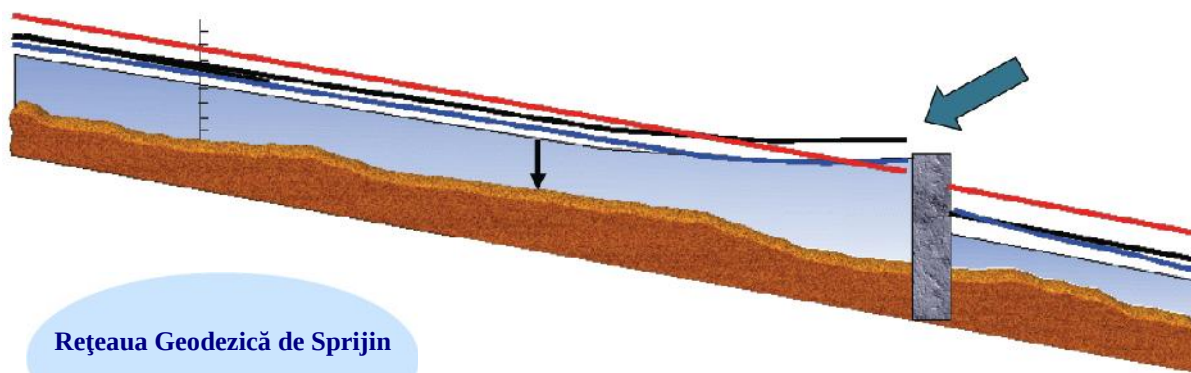


STABILIREA METODEI DE DETERMINARE A NIVELULUI APEI

**Realizarea măsurătorilor topo-geodezice pentru sistemul de sprijin
pentru lucrările hidrografice pe Dunăre în scopul asigurării
adâncimilor minime de navigare**



**Rețeaua Geodezică de Sprijin
AFDJ 2014**

Beneficiar: Administrația Fluvială a Dunării de Jos RA, Galați

Executanți: Interconstruct SRL

TehnoGIS Grup SRL

Consultant: Universitatea Tehnică de Construcții București

STABILIREA METODEI DE DETERMINARE A NIVELULUI APEI

În urma implementării acestui proiect sistemul de cote Marea Neagră 0 Sulina în care se publică azi cotele apelor Dunării trebuie înlocuit cu sistemul de cote Marea Neagră 0 Constanța 1975 care este și planul de referință oficial pe teritoriul României. Mirele hidrometrice amplasate de-a lungul Dunării se află într-o stare avansată de degradare, ele au avut determinată la un moment dat în timp o cotă în Marea Neagră Sulina care azi nu mai corespunde cu realitatea. Dar mirele hidrometrice sunt utilizate pentru determinarea nivelului apei Dunării acolo unde acestea sunt instalate, prin urmare aceste valori sunt purtătoare de erori. Problema principală în acest domeniu este determinarea cotei apelor Dunării nu doar acolo unde există mire ci și în orice altă poziție de pe traseul Dunării. Metoda cea mai precisă este determinarea modelului numeric al albiei Dunării, determinarea apoi a unui model hidrodinamic care să modeleze curgerea Dunării iar modelul să fie calibrat prin utilizarea unor înregistrări de nivel istorice bine cunoscute, apoi aplicând acest model la suprafața Dunării, în funcție de înregistrările din mirele hidrometrice, modelul ar trebui să poată furniza cota apei în orice poziție x,y de pe traseu.

Problema este că deși modelele matematice sunt perfectibile ele se bazează în procesul de calibrare pe date istorice care nu au credibilitate (valori de cotă, de nivel, înregistrate eronate). Pentru determinarea corectă a nivelului apei noi vom propune o metodă care pleacă de la redeterminarea corectă a mirelor hidrometrice, respectiv a gradației 0 a mirei, folosind rețeaua de sprijin AFDJ 2014. Apoi va trebui ca acest sistem de sprijin să fie utilizat pentru determinarea de profile și calculul unui model hidrodinamic al traseului de Dunăre care să fie apoi calibrat pe înregistrări curente reale ale mirelor corectate.

Se va stabili astfel un model de curgere pe tronsoane între bornele rețelei și mire astfel încât interpolarea de cotă în orice punct de pe traseu să poată fi realizată cu cel puțin o precizie de 3cm, ceea ce e suficient pentru nevoile de navigație. Astfel, pentru diferite nivele de precizie în determinarea nivelului apei se vor prezenta două soluții:

- a) Metoda de interpolare utilizând model hidrodinamic calibrat (principiul teoretic)
- b) Metoda de interpolare expeditivă prin aproximarea suprafeței de curgere cu un plan înclinat (principiul teoretic cu experimentare practică)

Pentru fiecare soluție, sunt prezenta datele de intrare necesare și eventual alte condiții ce trebuie să fie îndeplinite pentru a utiliza o metodă sau alta.

Metoda de determinare nivel apă utilizând modelare hidodinamică 1D (principiul teoretic)

Pentru dezvoltarea unui sistem de monitorizare și control a navigației pe Dunăre este necesară corelarea nivelurilor apei cu forma și adâncimea albiei Dunării. Un prim pas spre acest concept este monitorizarea nivelului apelor Dunării în anumite puncte caracteristice pe baza cărora, și în funcție de un aparat matematic adecvat pentru modelarea nivelului, se poate fi cunoscută adâncimea și implicit nivelul în orice punct de pe traseul de navigație pe Dunăre.

Forma diferită a profilelor de curgere (fig. 1) din anumite secțiuni are influență asupra șenalului navigabil și implicit asupra informațiilor din harta de navigație, adâncimea fiind una din informațiile cele mai afectate.

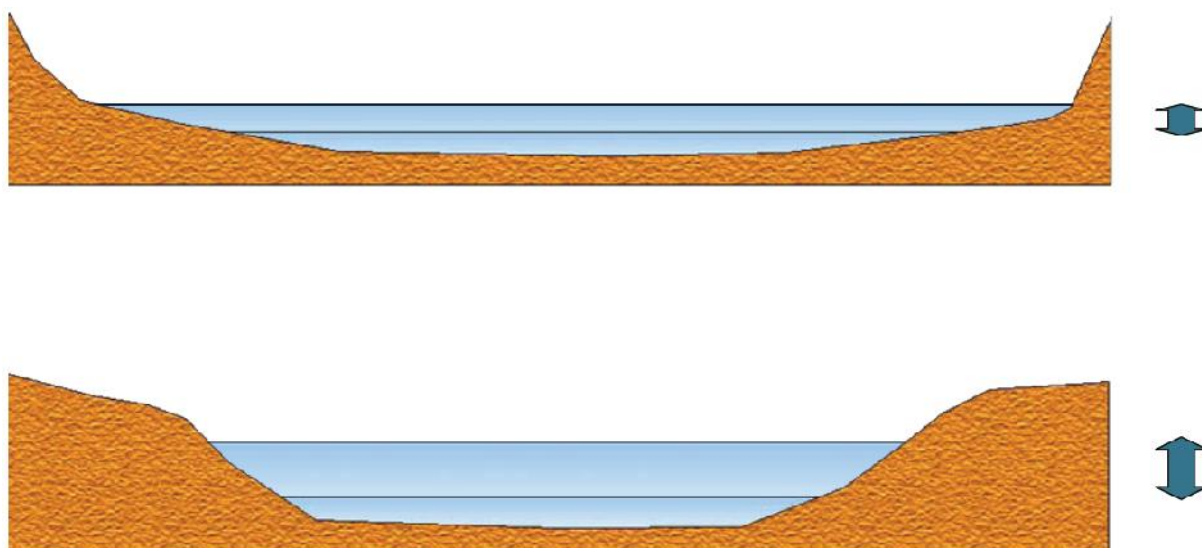


Fig. 1 Secțiuni diferite pe traseul Dunării

Informația de adâncime existentă pe hărțile de navigație este dată față de un anumit nivel de referință al apei Dunării care nu este de fapt orizontală ci înclinată și neliniară (fig. 2). Informația de adâncime este practic relativă față de un nivel variabil, ori aceasta determină pe navigatori să efectueze mereu calcule, să actualizeze separat această informație pe baza nivelului apei din momentul navigației.

Pe teritoriul României acest nivel are o variație mult mai mare deoarece aici se adună toate influențele produse de intrarea apelor afluenților precum și influența hidrocentralelor care gestionează trecerea apelor la baraje.

În plus, barajele produc o amplificare a curburii suprafeței de referință așa cum se vede în fig. 2

De asemenea, inundațiile produc cele mai accentuate efecte tot pe teritoriul României contribuind la schimbări geomorfologice rapide și importante. Modificarea fundului albiei determină modificarea informațiilor de adâncime chiar dacă s-ar considera constant nivelul apei de referință.

Din aceste considerente disponibilitatea de informații corecte asupra adâncimii de navigație devine extrem de importantă pentru siguranța navigației.

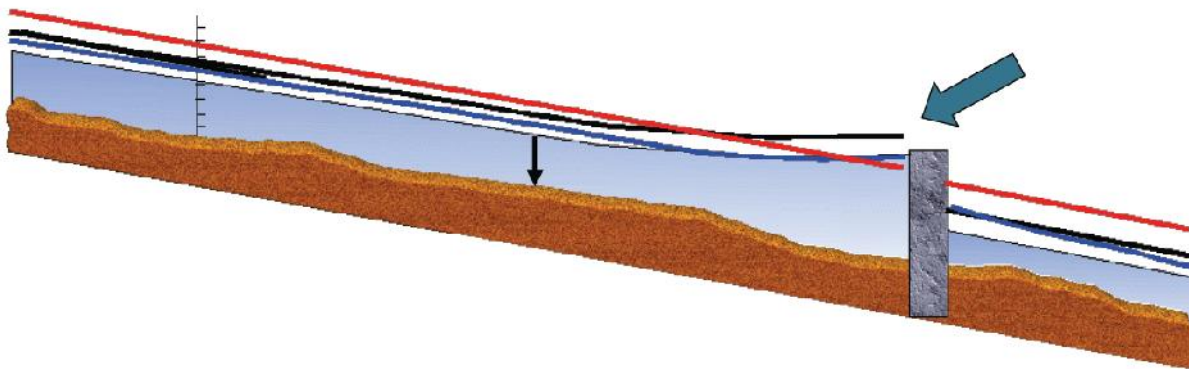


Fig. 2 Influenta barajelor asupra nivelului apelor

Practica a aratat ca pe traseul de Dunare de la Portile de fier spre varsare influenta majora in nivelul apelor Dunarii este data de modul de gestiune a trecerii apelor la baraje si nu de volumul de apa ce se aduna din ploii oricat de intense ar fi acestea. Aceasta gestiune este insa controlata de nivelul de energie cerut de sistemul energetic national la un anumit moment, informatie care este determinata de sisteme automate si prin urmare nu poate fi cunoscuta preventiv ci doar in momentul producerii acesteia. Cea mai importanta informatie de care depinde adancimea este debitul.

In concluzie, problema de modelare a nivelului consta in obtinerea suprafetei de nivel la un moment oarecare T cunoscand diverse informatii determinate la un moment initial T_0 . O astfel de procedura necesita ca date de intrare urmatoarele (fig..3):

- Modelul numeric al albiei Dunarii: poate fi reprezentat prin modelarea suprafetei fundului de albie din triunghiuri sau prin seturi de sectiuni transversale dispuse la o distanta fixa.
- Debitul in anumite sectiuni caracteristice dintre care Q_0 pentru o sectiune de origine S_0 ;
- Viteza de curgere V_0 pe directia de curgere sau dupa caz componentele sale pe directia de curgere si perpendicular pe aceasta (V_0, U_0);
- Adncimea apei in sectiunile reprezentative (h_0 in sectiunea de origine)
- Parametri de rugozitate pentru fiecare sectiune

Si trebuie sa obtinem ca date de iesire :

- Suprafata de nivel pe tronsonul de Dunare modelat : poate fi reprezentata prin suprafete elementare triunghiulare regulate sau neregulate sau prin retele de puncte cotate de tip grid.
- Adancimi h' in orice sectiune S' aflata la o distanta oarecare x'
- Debite Q' in orice sectiune S' la orice distant pe senal x', x'' ..
- Viteze V', U' in orice sectiune S' la orice distant pe senal x', x'' ..

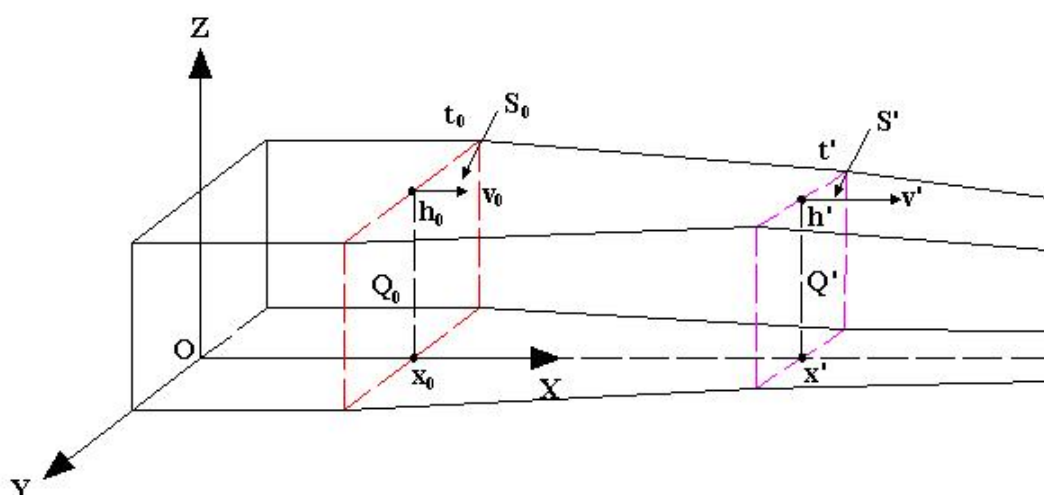


Fig. 3 Elementele de modelare necesare

Un astfel de model se calibrează prin măsurarea unor valori Q'' , h'' , v'' la o secțiune de capăt, ex. S'' și ajustarea parametrilor intermediari astfel încât rezultatul modelării să fie conform măsurătorilor (fig. 4).

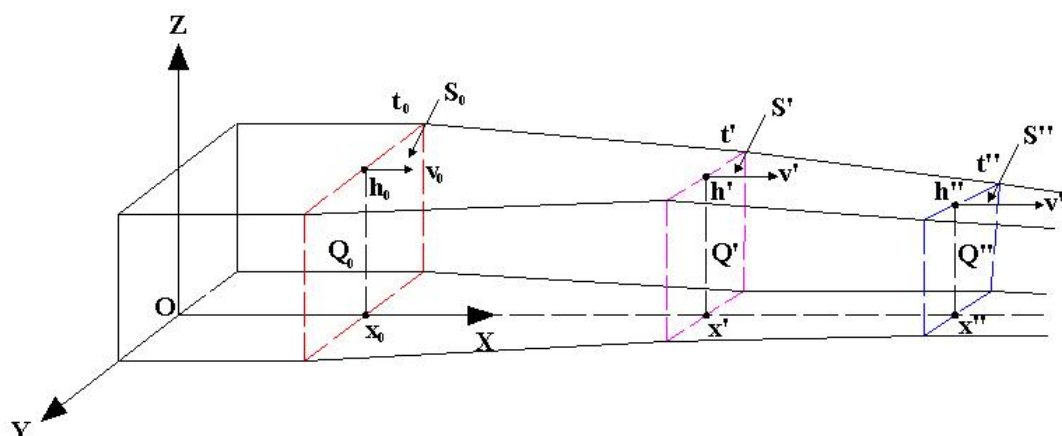


Fig. 4 Reprezentarea prin secțiuni

Într-o modelare hidrodinamică, pentru determinarea suprafeței de nivel este suficient să se execute o modelare 1D unde deși curgerea este modelată pe albie 3D, parametrii de viteză și debit sunt măsurați doar în direcția de curgere.

Pentru această abordare propunem utilizarea modelării hidrodinamice cu programul HEC-RAS deoarece acesta

- poate efectua calculul suprafeței libere a apei în mișcare permanentă, gradual-variata pe râuri în regim natural.
- se poate defini albia prin operații simple direct în GIS cu ajutorul extensiei HEC-GeoRAS, unde se desenează talvegul pornind din amonte spre aval, se definesc malurile, direcția de curgere, profilele transversale și rugozitatea pentru fiecare profil.

- Este un program gratuit dintre cele mai cunoscute si utilizate pentru astfel de determinari (nivelul apei)

Procedura de calcul de bază al HEC-RAS pentru flux constant se bazează pe soluția ecuației energiei unidimensională. Pierderile de energie sunt evaluate de frecare și contracție / expansiune. Ecuația impuls poate fi utilizată în situațiile în care profilul suprafeței apei variază rapid. Aceste situații includ salturi hidraulice, poduri hidraulice, și evaluarea profilelor la confluențe fluviale.

Pentru debit inconstant, HEC-RAS rezolvă complet dinamic, folosind ecuația 1-D Saint Venant .

Pentru integrare in sistemul de monitorizare a navigatiei, in baza modelarii trebuie construita functia de modelare Fmod cu parametrii T: timpul, X: coordonata pe senal, S: sectiunea in coordonata X, care in functie de datele initiale T_0 , Q_0 , h_0 sa poata determina direct debitul Q si adancimea h la momentul T in coordonata X din sectiunea S . (fig. 5)

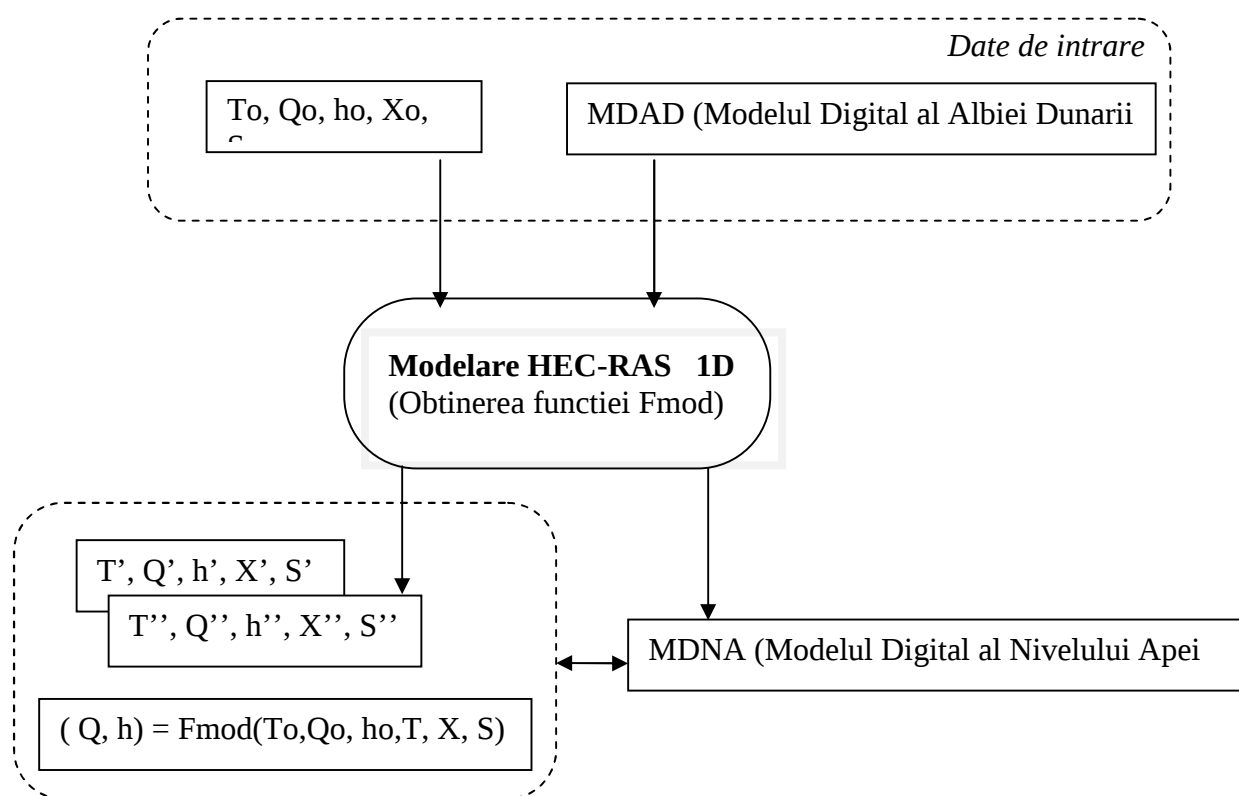


Fig. 5 Principiul de obtinere a functiei de modelare

Sectiunea S atunci cand nu este data explicit se genereaza automat printr-o functie auxiliara de tip $S = \text{Profil}(\text{MDAD}, X)$ care extrage sectiunea S din Modelul Digital al Albiei Dunarii in coordonata X

Functia de interpolare a cotei de nivel obtinută prin modelarea hidrodinamica 1D functie de debitul Q calculat in S la momentul T in coordonata X , Y este o funcție de tip (1)

Calibrarea acestor modele de nivel se face de regulă pe baza unui număr suficient de mare de mire, dispuse omogen de-a lungul Dunării care să furnizeze cote ale nivelului în același moment.

Funcția de modelare a albiei Dunării este dată de relația (1)

$$(1) \quad Z_{ad} = F(X, Y)$$

Metoda expeditivă de determinare a nivelului apei

Dunărea, are o evoluție sezonieră, respectiv perioade cu debit mare, perioade cu debit mic, de multe ori cam în aceeași perioadă a anului. Deasemenea, sunt perioade în care evoluția sa este lentă relativ constantă.

În perioadele de extrem și în perioadele când evoluția sa poate fi rapidă este recomandat să se folosească modelarea matematică hidrodinamică bazată pe ecuațiile de curgere.

În așa zisele perioade de calm când suprafața de nivel nu e afectată de parametri importanți și se poate considera că e o curgere uniformă și nu se cere o precizie considerabilă a nivelului de adâncime, se poate utiliza un model matematic mai simplu, de natură geometrică care să permită calculul valorii de adâncime sau a cotei suprafeței de nivel într-un punct oarecare x, y pe baza unor determinări simple anterioare și a cotei de moment înregistrate la cele mai apropiate mire sau borne din rețeaua de sprijin cele mai apropiate de locația respectivă.

Ca date de intrare pentru calculul adâncimilor corecte va fi același model tridimensional al albiei Dunării. Mai trebuie calculat expeditiv nivelul apei.

Albia Dunării se modelează astfel încât pentru orice punct în care s-ar afla o navă să fie cunoscută automat cota fundului de albie (fig. 6).

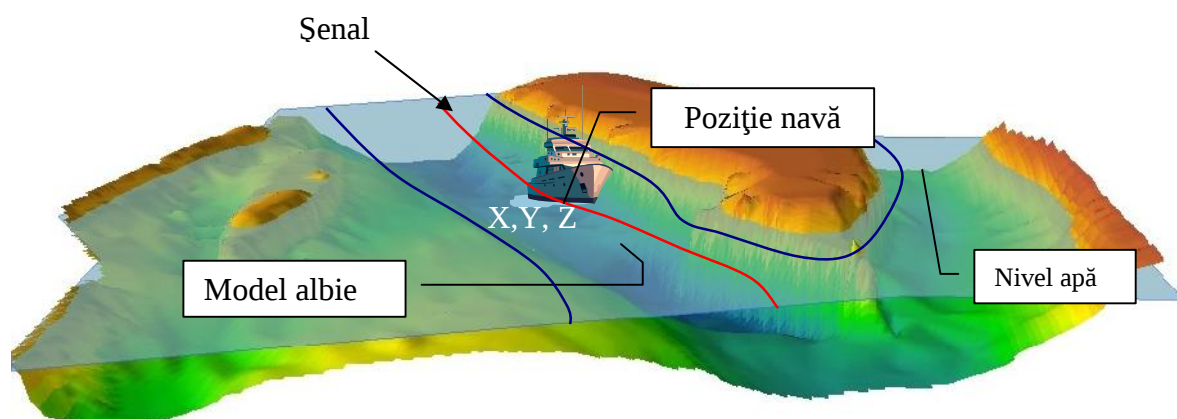


Fig. 6. Elementele sistemului de monitorizare a nivelului Dunării

Pentru determinarea modelului suprafeței apelor Dunării pe un anumit tronson este necesară cunoașterea exactă a albiei Dunării, respectiv a modelului numeric al albiei pe tronsonul de Dunăre studiat (fig. 6) precum și a nivelului apelor Dunării în puncte caracteristice determinate din bornele sistemului de sprijin AFDJ2014 dar și alte informații care pot influența.

Variația modelului de nivel a suprafeței este influențată de următoarele elemente:

- forma modelului 3D a albiei și anume,
 - variația acestuia în lățime
 - influența afluenților
 - variația acestuia în adâncime
- nivelul apelor Dunării în diferite puncte (în relație directă cu debitul)

- sub influența ploilor
- sub influența deversărilor de la Porțile de Fier
- sub influența inundațiilor în amonte sau în zona afluenților
- existența obstacolelor
 - Obstacole naturale (insule, baraje naturale)
 - Obstacole artificiale:
 - Baraje, diguri, picioare de pod
 - Vase scufundate

Parametri care vor influența funcționarea precum și variabilitatea sistemului sunt de două tipuri: Date de inițializare care sunt constituite din date ce pot fi considerate fixe pentru o perioadă suficient de mare și date variabile care constituie acele informații care variază continuu în sistem.

Modelul 3D al albiei Dunării reprezintă de exemplu date cu relativă stabilitate în timp, respectiv care pot fi considerate că nu se modifică cel puțin un an de zile și care pot fi interpretate ca fiind date fixe în sistemul de monitorizare a suprafeței apelor Dunării.

Pentru a determina expeditiv dar cu o precizie suficient de mare de ordinul a 1-3cm, nivelul apei vom considera că împărțim Dunărea în celule corespunzătoare locațiilor din sistemul AFDJ2014, respectiv celule de aproximativ 10km, o celulă fiind cuprinsă între 2 locații vecine.

Astfel datele de intrare în sistemul expeditiv vor fi:

Datele de inițializare:

- modelul 3D al Albiei Dunării
- gridul de celule în care este divizat modelul Dunării astfel încât fiecărei celule să-i corespundă un set unic de date. Vor exista M celule și fiecare celulă va fi identificată prin C_k , $k = 1, 2, \dots, M$.
- 4 seturi de parametri care descriu suprafața apei corespunzător a patru condiții naturale sau artificiale specifice (condiții de inundație în curs, condiții de secetă, condiții de deversare în curs de la Porțile de Fier, condiții normale)

Datele de intrare variabile care determină modificări rapide în sistem sunt:

- valorile cotelor nivelului de apă în 3 puncte caracteristice
- debitul și gradientul de debit măsurat la Porțile de Fier care va reprezenta o măsură a nivelului de variație a volumului de apă deversat prin Porțile de Fier, în caz că aceasta informație nu există, sistemul va utiliza o valoare medie
- poziția în care se dorește determinarea nivelului de apă, respectiv coordonatele geodezice ale navigatorului sau a unui alt punct de interes

Gradientul debitului se va determina pentru intervale de timp de 6 ore pe un interval de 3 zile în urmă datei de interogare

Datele de inițializare sunt structurate pe celule spațiale corespunzătoare a 10km de traseu. Descrierile de date de mai sus sunt identice pentru fiecare celulă.

Funcția de modelare expeditivă a suprafeței Dunării este dată de relația (2)

$$(2) \quad Z_{sd} = S(X, Y)$$

Aceste funcții sunt diferite pentru debite diferite. Presupunem însă că în condiții de debit diferite variația nivelului apei în profil transversal e 0.. Aceasta înseamnă că fiecare astfel de funcție are proprietatea că pentru orice X,Y dispus pe suprafața Dunării, în vecinătatea unui kilometru, funcția este constantă, altfel spus oricare ar fi punctul pe un mal sau altul, funcția are valoare constantă, adică aceeași cotă. Această proprietate permite aproximarea suprafeței de nivel cu o funcție mai simplă, linie de nivel care e de fapt o curbă în spațiu

$$(3) \quad Z_{sd} = V(k)$$

unde k este kilometrul pe Dunăre exprimat în metri sau zeci de metri.

Dat fiind lipsa unui număr suficient de mire automate de nivel pe traseul pilot, prin măsurători topografice s-au determinat cote de nivel notându-se și timpul măsurătorii, la cel puțin fiecare km.

În acest mod, avem un șir de cote de nivel T_k ce descriu foarte bine panta de curgere pe tronsonul pilot și de asemenea va descrie curbura suprafeței de nivel.

Prin urmare T_k aproximează $V(k)$, vezi relația (4), iar atunci când k e kilometru întreg, această aproximare este exactă.

$$(4) \quad T_k \cong V(k) \text{ unde } k \text{ este kilometrul pe Dunăre.}$$

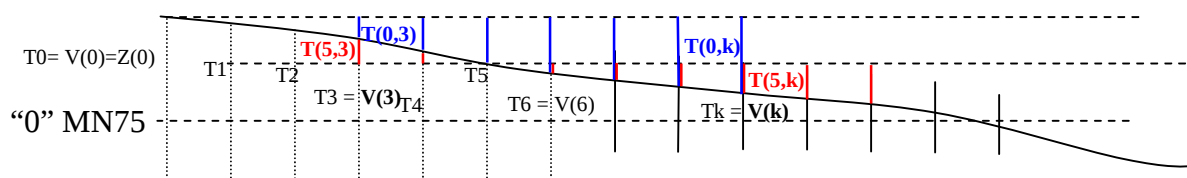


Fig. 7. Curba de referință a suprafeței Dunării

Pentru fiecare din cele 4 condiții se alege un moment de referință t și T_k se va calcula relativ la acel moment de referință.

Funcția 3 și respectiv 4 este mult mai ușor de modelat și de utilizat la interpolare.

În primul rând se pot construi curbe reduse la 0 sau la un anumit kilometru B prin relația:

$$(5) \quad T_k^B = V(B) - V(k) \text{ sau altfel scris } T(B,k) = V(B) - V(k)$$

Această curbă sau polilinie 3D prin discretizare are proprietatea că în punctul B,

$$T_B^B = 0$$

Se poate observa, de asemenea, că pentru un $m > n$ $T(m,n) < 0$ (este negativ) și pentru un $m < n$ $T(m,n) > 0$ (este pozitiv)

Cu alte cuvinte dacă în punctul sau la kilometrul B se află o miră care dă la momentul t cota de nivel Z_B , atunci curba de referință la momentul t se poate calcula rapid ca fiind:

$$(7) \quad Z_{sd}^t(k) = Z_B - T_k^B \text{ sau altfel scris } Z^t(k) = Z^t(B) - T(B,k)$$

Dacă există N puncte de măsurare pentru cota de nivel, atunci relația 7 se poate generaliza și obține setul de N relații (8):

$$(8) \quad Z_{sd}^t(j,k) = Z_j - T_{j,k}^t \text{ sau altfel scris } Z^t(j,k) = Z^t(j) - T(j,k)$$

unde j reprezintă numărul măsurătorii de nivel cu $j=1,2..N$. și

$Z^t(j) = V^t(km(j))$ unde $km(j)$ reprezintă kilometrul la care se află mira j.

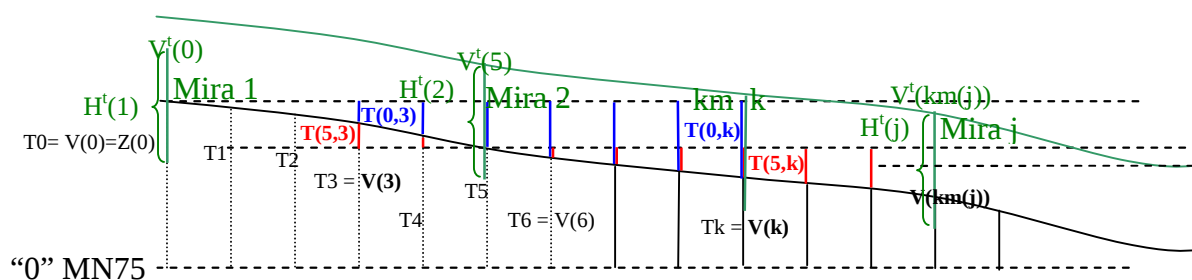


Fig. 8 Determinarea variației medii a nivelului Dunării

Dacă variația în fiecare miră la momentul t o notăm cu $H^t(j)$ atunci

$$(9) \quad H^t(j) = V^t(km(j)) - V^0(km(j)) = Z^t(j) - Z$$

Dacă variația nivelului pe Dunăre ar fi uniformă atunci $H^t(j)$ ar fi constant pentru orice J. Mai ales în condiții de variabilitate majoră și într-un interval scurt de la petrecerea evenimentului ce produce variații (inundații, deversare, etc), aceste valori sunt diferite.

Pentru o calibrare rapidă a curbei de referință pe cota de la momentul t, și în condiții relativ normale, se poate utiliza media acestor valori

$$(9) \quad M_t = 1/N * \sum (H^t(j)) \text{ pentru } j = 1,..N.$$

care se va aplica conform 10 fiecărui punct de pe suprafață.

$$(10) \quad Z_{sd}^t(k) = V(B) - T(B,k) + M_t \text{ oricare ar fi k, kilometrul de pe Dunăre}$$

În ecuația 10 $V(B)$ este constantă, cota de referință în punctul B, care poate fi de exemplu, cota 0 miră în punctul B sau o cotă ce exprimă minimumul în punctul B.

$T(B,k)$ este valoarea în punctul K (la kilometrul k) ce descrie curba de referință redusă la punctul B, sau altfel spus diferența de nivel dintre suprafața apei în punctul B și suprafața apei în punctul K.

În condiții extreme, mai ales în momentul stârnirii inundațiilor, media nu mai exprimă corect variația suprafeței de referință și atunci trebuie calculată o variație suplimentară.

Variația suplimentară se poate calcula din analiza variației față de medie și determinarea unei corecții unghiulare care se traduce prin mici variații asupra termenului $T(B,k)$.

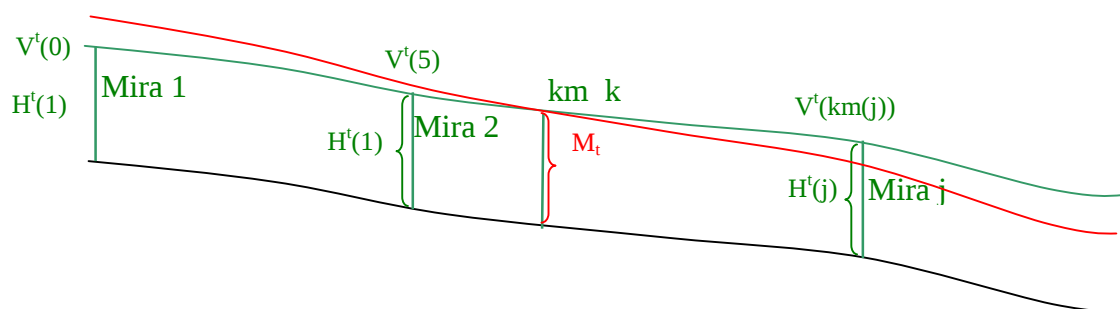


Fig. 9 Calculul kilometrului k de rotație

Apariția unei posibile rotații în funcția de nivel a suprafeței Dunării se traduce printr-o variație crescătoare sau descrescătoare a diferenței de nivel din miră funcție de kilometrul pe Dunăre.

Algoritm pentru determinarea existenței rotației și a corecțiilor aferente

Se calculează elementele șirului $dv(j) = H(j+1) - H(j)$ cu $J = 1, \dots, N-1$;

Se determină monotonia șirului comparând $dv(j)$ cu $dv(j+1)$, dacă elementele sunt descrescătoare sau crescătoare în proporție de 80% considerăm că există o rotație și aplicăm algoritmul de determinare a punctului optim de rotație de mai jos:

- Se determină j astfel încât expresia $dv(j) \cdot dv(j+1) < 0$ să fie adevărată;
- Se calculează distanța dintre aceste mire $D = km(j+1) - km(j)$;
- Se calculează distanța d de la mira j la punctul de intersecție a liniilor de nivel cu (11)

$$(11) \quad d = D \cdot dv_2 / (dv_1 + dv_2)$$

unde $dv_1 = |dv(j)|$ și $dv_2 = |dv(j+1)|$

Kilometrul k de intersecție a liniilor de nivel va fi

$$(12) \quad k = km(j) + d.$$

Se continuă acest algoritm pentru toți $j = 1, \dots, N$ și fiecare intersecție găsită va da un kilometru k , deci vor putea exista M astfel de intersecții și M kilometri $k(i)$ cu $i = 1, \dots, M$

Se determină kilometrul k pentru $dv(1)$ și $dv(N)$ cu (11) și (12) și se va nota $k(M+1)$.

Se va calcula kilometrul optim de intersecție K_0 cu formula:

$$(13) \quad K_0 = (1/N \cdot \sum (k(i) + k(M+1))) / 2 \quad \text{pentru } i = 1, \dots, M$$

Corecțiile datorate rotației în fiecare punct k se vor calcula cu formulele 13.

$$(14) \quad \begin{aligned} C(k) &= dv(1) \cdot (1 - k / K_0) \quad \text{pentru orice } k < K_0 \\ C(k) &= dv(N-1) \cdot (k - K_0) \cdot (km(N) - K_0) \quad \text{pentru orice } k \geq K_0 \end{aligned}$$

Acest algoritm nu doar rotește funcția de nivel ci o și modifică pentru a se încadra mai bine în variațiile extreme.

Transformarea coordonatelor X, Y în kilometru pe șenalul principal

Șenalul este dat prin poliliniă a căror segmente au coordonate X,Y (fig. 10).

În acest mod șenalul va fi contruit printr-un șir de N puncte de coordonate X(i), Y(i), cu $i = 1, \dots, N$.

Orice punct P de coordonate X_p, Y_p se va afla pe acest șenal sau în apropierea acestuia la kilometrul dat de piciorul perpendicularei din punctul P pe segmentul de șenal.

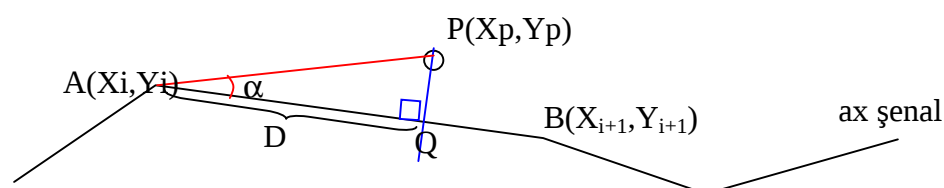


Fig. 10 Determinarea kilometrului pe șenal

În triunghiul APQ, $D = D_{AP} \cdot \cos \alpha$ unde $D_{AP} = \sqrt{(X_p - X_i)^2 + (Y_p - Y_i)^2}$

și $\alpha = \arctg((Y_{i+1} - Y_i)/(X_{i+1} - X_i)) - \arctg((Y_p - Y_i)/(X_p - X_i))$

Kilometrul în punctul A (X_i, Y_i) pe șenal este dat de relația 15:

$$(15) \quad Km(i) = \sum D(j-1, j) \text{ unde } j = 2, \dots, i$$

și atunci kilometrul punctului P va fi:

$$(16) \quad Km(P) = Km(i) + D$$

Determinarea segmentului AB în care cade perpendiculara din P pe șenal se determină utilizând condiția $D_{AP} < 500m$ și apoi se selectează acel segment pe care D_{PQ} este minim.

Exemplu de calcul

În exemplul de calcul, punctul în care se dorește determinarea cotei se află pe mal și se cunoaște poziția kilometrică.

Au fost realizate două seturi de măsurători în câte 3 locații vecine.

Pentru locațiile L1, L2, L3 de pe Dunăre s-au folosit locațiile 42, 43 și 44 din sistemul de sprijin AFDJ 2014 conform tabelului următor:

Tabelul 1

Locatia	S-a plecat din	S-a ajuns in	Diferenta de nivel pana la apa	Distanța de la pct de pornire la apa (km)	Distanța între puncte (km)
42	Borna Martor	L1	-20.4658	0.291	
43	Borna Martor	L2	-9.6353	0.107	8.567
44	Borna Referinta	L3	-2.2763	0.337	7.628

unde cota utilizată este cotă determinată folosind măsurători GPS și programul TransDat

Pentru locațiile L4, L5, L6 de pe Dunăre s-au folosit locațiile 103, 104 și 105 din sistemul de sprijin AFDJ2014 conform tabelului următor:

Tabelul 2

Locatia	S-a plecat din	S-a ajuns in	Diferenta de nivel pana la apa	Distanța de la pct de pornire la apa (km)	Distanța între puncte (km)
103	Borna Martor	L4	-9.5760	0.335	
104	Borna Martor	L5	-6.9108	0.278	6.429
105	Borna Martor	L6	-4.5896	0.145	9.185

unde cota utilizată este cotă finală determinată folosind nivelment geometric.

Rezultatele obținute în urma determinărilor sunt prezentate în tabelele de mai jos:

Tabelul 3

Locatia	Cota pct. de pornire	Cota apei	Distanța între puncte	Panta Apa cm/km
L1	28.4261	7.9603		L1-L3: 3.5
L2	17.9340	8.2987	8.567	L1-L2: 3.9
L3	10.8063	8.5300	7.628	L2-L3: 3.0

Tabelul 4

Locatia	Cota pct. de pornire	Cota apei	Distanța între puncte	Panta Apa cm/km
L4	39.2050	29.6290		L4-L6: 4.0
L5	36.7920	29.8812	6.429	L4-L5: 3.9
L6	34.8430	30.2534	9.185	L5-L6: 4.1

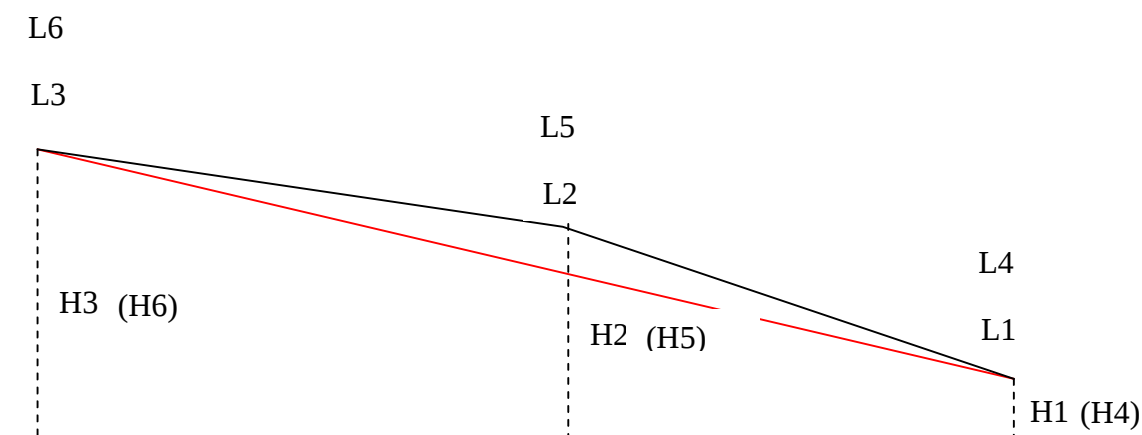


Fig. 11 Determinarea expeditivă a cotei

Primul pas este calcularea pantei între punctele cunoscute din dreapta și din stânga locației în care dorim calculul nivelului apei, fie acesta L2 sau L4 în fig. 11.

$$P_{1-2} = DH_{1-2} / D_{1-2} \quad \text{unde:}$$

DH_{1-2} este diferența de nivel între punctele L1 și L2

D_{1-2} este distanța de la L1 la L2

În tabele 3 și 4 sunt prezentate aceste valori, pe care le vom nota în genul P_{1-2} (panta de la L1 la L2 în procent)

Calculul cotei L2 pe baza cotei punctelor L1 și L3

$$DH_{1-2} = DH_{1-3} * D_{1-2} / D_{1-3} = P_{1-3} * D_{1-2}$$

Calculul cotei L5 pe baza cotei punctelor L4 și L6

$$DH_{4-5} = DH_{4-6} * D_{4-5} / D_{4-6} = P_{4-6} * D_{4-5}$$

Rezultatele obținute și diferențele față de cotele determinate sunt prezentate în tabelele de mai jos:

Tabelul 5

	Cota apei (Hm)	Distanța între puncte	Panta Apa/km	DH1-2/H1-2/Hm1 - H1
L1	7.9603		3.518	0.3013
L2	8.2987	8.567	3.950	8.2616
L3	8.5300	7.628	3.032	0.0370

	Cota apei	Distanța între puncte	Panta Apa/km	DH1-2/H1-2/Hm1 - H1
L4	29.6290		3.999	0.2571
L5	29.8812	6.429	3.922	29.8861
L6	30.2534	9.185	4.053	-0.0049

După cum se poate observa pentru determinarea unui punct aflat între 2 locații cunoscute, aflate chiar și la distanța de 16km, eroarea variază între 0.5mm pentru cota determinată folosind cote finale determinate geometric și 37mm pentru cote determinate prin determinări GPS folosind TransDat.

Aceasta demonstrează că pentru orice punct aflat între două locații deci la distanțe de două ori mai mici față de locațiile vecine și precizia de determinare va fi de două ori mai mică deci va fi mai bună de 2cm orice metodă ar utiliza în calcul, ceea ce asigură precizia dorită de AFDJ.

Desigur trebuie subliniat că precizia de determinare este față de cota punctelor utilizate iar dacă acestea sunt eronate, eroarea respectivă se transmite. Din acest motiv este obligatoriu să se folosească rezultatele finale ale punctelor rețelei de sprijin unde după cum se vede, precizia obținută este de ordinul milimetrilor.

În continuare se prezintă imagini ale locațiilor determinate în exemple și imagini din timpul determinărilor:

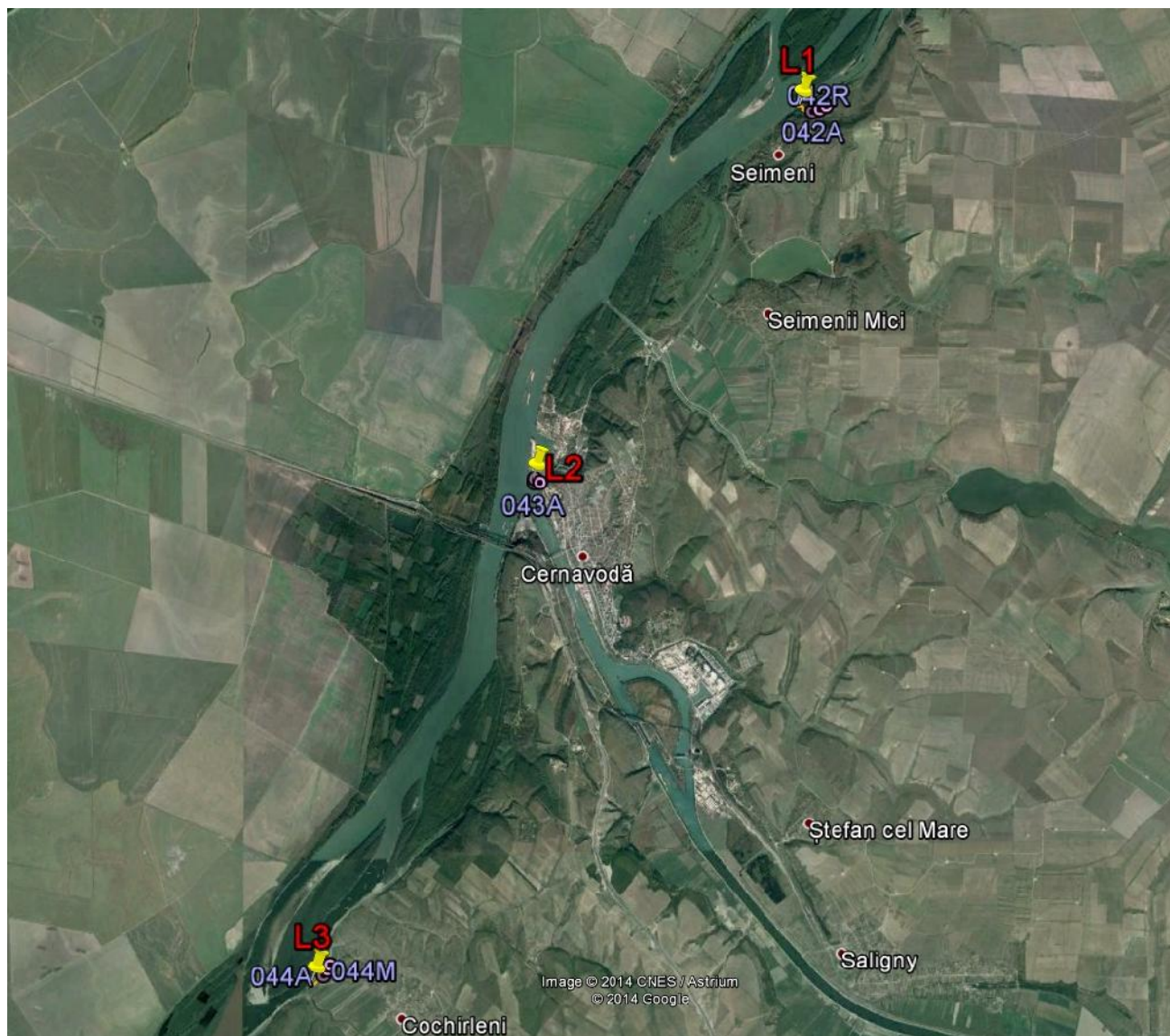


Fig. 12 Imaginea de ansamblu a locațiilor L1, L2, L3



Fig. 13 Imaginea de detaliu a locației L3 și traseul drumuirii de nivelment efectuate

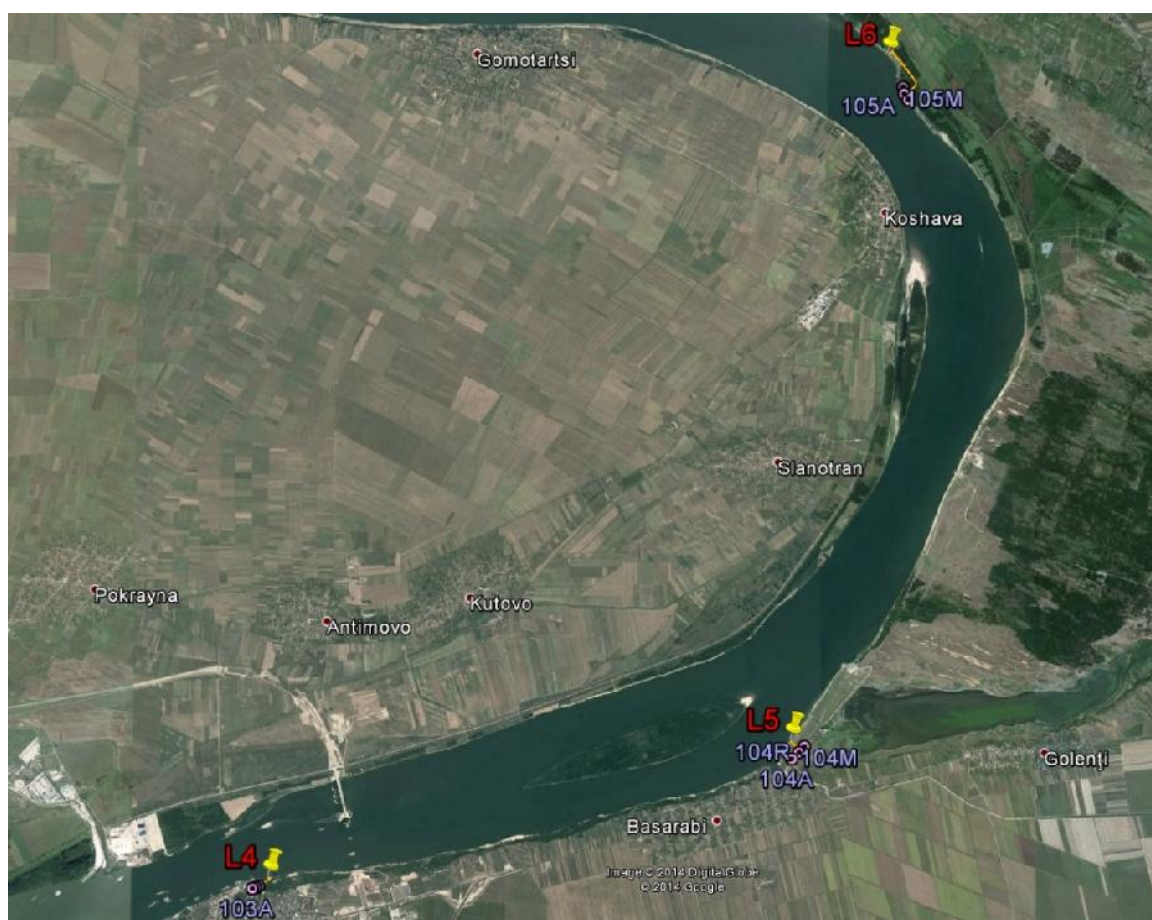


Fig. 14 Imaginea de ansamblu a locațiilor L4, L5, L6



Fig. 15 Imaginea de detaliu a locației L6 și traseul drumuirii de nivelment efectuate



Fig. 16 Imagini din timpul determinărilor cotei nivelului apei



Fig. 17 Imagini din timpul determinărilor cotei nivelului apei (locația L4)



Fig. 18 Imagini din timpul determinărilor cotei nivelului apei (locația L4)

ÎNTOCMIT
OCTAVIAN BALOTĂ
Aut. RO-BF-0591

