



ÎNDRUMAR PENTRU PRELUCRAREA DATELOR HIDROMETRICE

VOLUMUL I

ÎNDRUMAR PENTRU PRELUCRAREA DATELOR DE LA STAȚIILE HIDROMETRICE PE RÂURI

Elaborare științifică

CS III Macc PETREA
CS III Laurențiu PETRESCU
ing. Dali-Amelia APOSTU
CS Ruth PERJU
ing. Iulia LUPU
dr. Gianina NECULAU
dr. Sorin TEODOR

**București
2017**

CUPRINS

CAPITOLUL 1. INTRODUCERE	11
1.1. Scopul îndrumarului	11
1.2. Planul și conținutul îndrumarului.....	12
1.3. Utilizarea informațiilor hidrologice.....	12
1.4. Tipul datelor solicitate.....	13
CAPITOLUL 2. NIVELURI ALE APEI	14
2.1. Metode de obținere a nivelului apei	14
2.2. Surse de erori în observarea și înregistrarea nivelurilor apei	15
2.2.1. Erori ale nivelurilor apei observate la mira hidrometrică.....	15
2.2.2. Erori ale nivelurilor apei determinate cu ajutorul aparatelor înregistratoare (limnigrafe clasice și senzori).....	15
2.3. Metode de validare a datelor	16
2.4. Întocmirea fișei anuale cu niveluri medii zilnice și caracteristice lunare și anuale .	16
2.4.1. Verificarea carnetelor pentru înscrierea măsurătorilor și observațiilor hidrometrice privind nivelurile, temperatura apei și a aerului, fenomenele de îngheț, vegetația acvatică și precipitațiile.....	17
2.4.1.1. Niveluri ale apei.....	17
2.4.1.2. Temperatura apei și a aerului	18
2.4.1.3. Fenomene de îngheț.....	18
2.4.1.4. Vegetație acvatică	18
2.4.1.5. Precipitații zilnice	18
2.4.2. Întocmirea fișelor necesare prelucrării nivelurilor apei.....	19
2.4.2.1. Fișa cu valori ale precipitațiilor zilnice, lunare și anuale	19
2.4.2.2. Fișa centralizatoare cu valori ale temperaturii medii zilnice, decadale, lunare, anuale și caracteristice lunare și anuale ale apei.....	19
2.4.2.3. Fișa centralizatoare cu valori ale temperaturii medii zilnice, decadale, lunare, anuale și caracteristice lunare și anuale ale aerului.....	21
2.4.2.4. Fișa centralizatoare anuală cu fenomene de îngheț.....	22
2.4.3. Întocmirea și utilizarea graficului succesiv de niveluri ale apei	23
2.4.4. Analiza variației nivelurilor în funcție de factorii meteorologici.....	26
2.4.5. Analiza nivelurilor pe faze de regim	27
2.4.6. Analiza nivelurilor pe baza corelațiilor	28
2.5. Întocmirea fișei cu valori de niveluri ale apei medii zilnice și caracteristice lunare și anuale	30
2.5.1. Metode de calcul al nivelurilor medii zilnice	30
CAPITOLUL 3. PRELUCRAREA PROFILELOR ȘI A PANTELOR	37
3.1. Profile transversale.....	37
3.1.1. Aspecte de care trebuie să se țină cont la reprezentarea grafică a profilului transversal.....	39
3.2. Stabilirea și controlul planului „zero miră”	42
3.2.1. Definierea planului „zero miră”	42
3.2.2. Verificarea planului „zero miră” în timpul anului	43

3.3. Pante.....	44
3.3.1. Stabilirea distanței minime de ridicare a pantei	46
3.3.1.1. Determinarea distanței optime de ridicarea a pantei în cazul râurilor cu ruperi de pantă pe sectorul de măsurare a debitelor de apă	46
3.3.2. Metode de determinare a pantelor	47
3.3.2.1. Determinarea pantelor cu mire de pantă.....	47
3.3.2.2. Determinarea pantelor prin nivelment geometric.....	48
3.3.2.2.1. Măsurarea pantei în situații normale.....	48
3.3.2.2.2. Măsurarea pantei după urme	50
3.4. Reconstituirea nivelului maxim	50
CAPITOLUL 4. DEBITE DE APĂ.....	52
4.1. Metode pentru determinarea debitelor de apă	53
4.1.1. Metoda „secțiune-viteză”	53
4.1.1.1. Determinarea debitelor în urma măsurătorilor simplificate de viteze ale apei.....	54
4.1.1.2. Calculul nivelului mediu al apei în timpul determinării debitului de apă.....	55
4.1.1.3. Calculul elementelor suprafeței secțiunii totale	57
4.1.1.4. Calculul debitelor de apă cu morișca hidrometrică.....	63
4.1.1.5. Calculul debitului de apă prin metoda izotahelor.....	69
4.1.1.6. Calculul debitului de apă măsurat cu flotori.....	70
4.1.1.7. Determinări de debite de apă cu alte aparate	73
4.1.1.8. Surse de erori.....	73
4.1.1.9. Raționalizări ale numărului de puncte pe verticale în care se fac măsurători de viteză.....	74
4.1.1.10. Validarea determinărilor de debite de apă	75
4.1.2. Metoda „pantă-secțiune”	77
4.2. Chei limnimetrice.....	78
4.2.1. Operații premergătoare trasării cheilor limnimetrice	79
4.2.1.1. Centralizatorul măsurătorilor de debite de apă.....	80
4.2.1.2. Graficele pentru determinarea coeficientului μ	81
4.2.1.3. Graficele variației în timp funcție de nivelul apei, a debitelor de apă H-Q, a secțiunii apei H- Ω , a vitezei medii a apei H- V_m , a rugozității H - n și pantei H-I.....	82
4.2.2. Trasarea cheilor limnimetrice	84
4.2.2.1. Chei limnimetrice în condiții de albie stabile	84
4.2.2.1.1. Curba unică.....	84
4.2.2.1.2. Curba sub formă de buclă	85
4.2.2.2. Chei limnimetrice în condiții de albie mobile.....	86
4.2.2.2.1. Chei limnimetrice temporare.....	86
4.2.2.2.2. Chei limnimetrice pentru albie cu mobilitate permanentă ...	88
4.2.2.3. Chei limnimetrice pentru fenomenul de remuu.....	92
4.2.2.3.1. Curbe temporare	93
4.2.2.3.2. Familii de curbe	93
4.2.2.3.3. Chei limnimetrice pentru remuu - reducerea măsurătorilor de debite de apă la cheia limnimetrică de bază.....	94
4.2.2.4. Chei limnimetrice pentru perioadele cu fenomene de îngheț.....	96

4.2.2.5. Chei limnimetrice pentru perioadele cu vegetație acvatică.....	97
4.2.3. Extrapolarea cheilor limnimetrice	97
4.2.3.1. Extrapolarea cheilor limnimetrice la partea superioară.....	98
4.2.3.1.1. Prelungirea directă a curbei debitelor (extrapolare prin tendință).....	98
4.2.3.1.2. Extrapolarea cheilor limnimetrice prin metoda hidraulică (Chézy).....	98
4.2.3.1.3. Metoda curbelor H- Ω și H- V_m	100
4.2.3.1.4. Extrapolarea pe baza legăturilor între vitezele de suprafață și viteza medie pe secțiune	101
4.2.3.1.5. Metoda Stewens	102
4.2.3.1.6. Metoda Kravcenko	104
4.2.3.1.7. Metoda transferării cheii dintr-un profil în altul	106
4.2.3.2. Extrapolarea cheilor limnimetrice la partea inferioară.....	107
4.2.3.3. Particularități de extrapolare a cheilor limnimetrice	108
4.2.4. Cheia limnimetrică tabelară	108
4.2.5. Graficul de sinteză a cheilor limnimetrice (chei limnimetrice multianuale) .	110
4.2.6. Validarea cheilor limnimetrice. Metoda concordanței curbelor H-Q, H- Ω și H- V_m	110
4.3. Metode de determinare a debitelor medii zilnice și caracteristice	111
4.3.1. Metoda interpolării	111
4.3.2. Metoda determinării debitelor de apă medii zilnice utilizând cheile limnimetrice	112
4.3.2.1. Metoda determinării debitelor de apă medii zilnice cu ajutorul cheilor limnimetrice unice	112
4.3.2.2. Metoda determinării debitelor de apă medii zilnice cu ajutorul cheii limnimetrice în formă de buclă	113
4.3.2.3. Metoda determinării debitelor de apă medii zilnice cu ajutorul cheilor limnimetrice temporare.....	113
4.3.2.4. Metoda determinării debitelor de apă medii zilnice în cazul folosirii metodei corecțiilor ΔH	113
4.3.3. Metoda determinării debitelor de apă medii zilnice în perioadele cu remuu.....	114
4.3.4. Metoda determinării debitelor de apă medii zilnice în perioadele cu fenomene de îngheț.....	114
4.3.4.1. Metoda interpolării directe între debitele măsurate	115
4.3.4.2. Metoda cheilor limnimetrice de iarnă	115
4.3.4.3. Metoda coeficienților de corecție K_i	115
4.3.4.4. Metoda aducerii nivelurilor de iarnă la condițiile albiilor libere de fenomene de îngheț.....	118
4.3.4.5. Graficul complex pentru perioada cu fenomene de îngheț.....	120
4.3.5. Metoda determinării debitelor de apă medii zilnice în perioadele cu vegetație acvatică.....	122
4.3.5.1. Metoda interpolării directe între debitele măsurate	122
4.3.5.2. Metoda cheilor limnimetrice periodice.....	122
4.3.5.3. Metoda coeficienților de corecție K_v	123
4.3.5.4. Metoda aducerii nivelurilor la condițiile albiilor libere de vegetație.	123

4.3.6. Determinarea debitelor în condiții deosebite	123
4.3.6.1. Determinarea debitelor în condiții de inundare a șoselelor și ruperi de diguri.....	124
4.3.6.2. Determinarea debitelor la poduri și podețe cu curgere sub presiune	132
4.3.6.3. Determinarea debitelor prin tuburi având curgere cu nivel liber ..	134
4.3.6.4. Determinarea debitelor apei de pe poduri înalte (rutiere, feroviare).....	136
4.4. Întocmirea fișei cu valori de debite de apă medii zilnice, lunare, anuale și caracteristice lunare și anuale	138
4.4.1. Înscrierea valorilor de debite de apă medii zilnice	138
4.4.2. Calculul valorilor de debite de apă medii, extragerea debitelor maxime și minime și înscrierea valorilor	140
4.4.3. Completarea datelor lipsă	140
4.4.4. Verificarea fișei cu debite de apă medii zilnice și caracteristice	141
4.5. Validarea debitelor medii zilnice și caracteristice lunare și anuale	141
4.5.1. Validarea datelor pe bazine hidrografice. Metoda analizei de bilanț.....	141
4.5.2. Validarea debitelor cu ajutorul calculelor matematice	142
4.6. Debite de apă reconstituite	142
4.6.1. Reconstituirea debitelor medii lunare și anuale.....	145
4.6.2. Reconstituirea volumelor undelor de viitură	147
4.6.3. Reconstituirea debitelor maxime.....	151
4.6.4. Reconstituirea curgerii minime.....	155
4.6.5. Cuantificarea gradului de influențare a curgerii naturale	157
4.6.6. Coeficienți de impact	157
4.6.7. Calculul debitelor prin canale și la echipamente anexe.....	158
4.6.8. Calculul debitelor prin conducte sub presiune.....	161
4.6.9. Calculul curgerii prin derivații hidroenergetice.....	162
4.6.10. Calculul debitelor prin goliri de fund și semifund și peste deversoare	163
4.6.11. Calculul debitelor prin turbine	168
4.6.12. Calculul debitelor acumulate/dezacumulate la o acumulare.....	170
4.6.13. Calculul altor debite afluate/defluate în/din acumulări	172
4.6.14. Întocmirea și reactualizarea inventarului cu folosințe și acumulări	174
4.6.15. Machetele fișelor tehnice la acumulări, prize și restituții de apă	175
4.7. Analiza scurgerii apei pe bazine hidrografice.....	175
4.7.1. Analiza de bilanț, viituri semnificative.....	175
4.7.2. Cauzele generale ale neînchiderilor de bilanț	175
4.7.3. Bilanțul scurgerii medii pe bazin	176
4.7.4. Bilanțul scurgerii maxime.....	179
4.7.5. Bilanțul scurgerii minime.....	182
CAPITOLUL 5. DEBITE DE ALUVIUNI	184
5.1. Debite de aluviuni în suspensie	185
5.1.1. Stabilirea ritmului de măsurare (completă sau simplificată) a aluviunilor în suspensie, în vederea prinderii majoritare a cantității de sedimente tranzitate de masa de apă prin secțiunea de măsurare.....	186
5.1.2. Măsurători „complete” de aluviuni	187
5.1.3. Măsurători „simplificate” de aluviuni.....	187

5.1.4. Determinarea verticalei optime de recoltare a probelor de aluviuni în suspensie	188
5.1.5. Determinarea punctului optim de recoltare a probelor de aluviuni în suspensie pe verticala de măsurare.	189
5.1.6. Analiza erorilor.....	190
5.2. Principalele etape de lucru pentru determinarea turbidității masei de apă din secțiunea măsurată	190
5.2.1. Cântărirea filtrelor	190
5.2.2. Înscrierea în carnet a cantităților de aluviuni	190
5.2.3. Calculul turbidităților (ρ) în punctele de recoltare a probelor	191
5.3. Calculul debitului de aluviuni în suspensie rezultat din măsurători.....	191
5.3.1. Calculul debitelor unitare de aluviuni în suspensie în punctele de recoltare a probei	191
5.3.2. Metode de calcul al măsurătorilor de aluviuni în suspensie.....	192
5.3.2.1. Metoda analitică pentru măsurători complete de aluviuni în suspensie.....	192
5.3.2.2. Metoda grafo-mecanică	193
5.3.2.3. Metoda grafo-analitică	194
5.3.2.4. Metoda de calcul al măsurătorilor de aluviuni în suspensie la „0.6 h”	194
5.3.2.5. Metoda de calcul al măsurătorilor de aluviuni în suspensie la „suprafață”	195
5.3.2.6. Corectarea valorilor rezultate din măsurătorile de la „0.6h”, „suprafață” și a măsurătorilor simple	195
5.4. Prelucrarea datelor pentru determinarea debitelor de aluviuni în suspensie (medii zilnice, lunare, anuale).....	196
5.4.1. Materialele de bază	196
5.4.1.1. Completarea și verificarea centralizatoarelor tip	197
5.4.1.2. Notarea și numerotarea măsurătorilor de aluviuni pe hidrograf.....	198
5.4.1.3. Metoda corelației $R = f(Q)$	198
5.4.1.4. Metoda interpolării $R = f(T)$	199
5.4.2. Pașii metodologici pentru determinarea debitelor de aluviuni în suspensie medii zilnice.....	199
5.5. Determinarea debitelor de aluviuni în suspensie medii, minime și maxime lunare și anuale	206
5.6. Debite de aluviuni târâte.....	208
5.6.1. Metodele pentru determinarea cantității, tipului și ponderii fracțiilor granulometrice	208
5.6.2. Metode de determinare valorică a debitelor de aluviuni târâte	209
5.6.3. Determinarea debitelor de aluviuni târâte medii zilnice, lunare și anuale ..	211
5.6.4. Determinarea debitelor de aluviuni grosiere (târâte), prin urmărirea colmatării lacurilor de acumulare	212
5.7. Determinarea scurgerii solide totale într-un bazin hidrografic, cu torenți amenajați.....	213
5.7.1. Metoda de calcul al volumelor și al debitelor de aluviuni (totale).....	215
5.8. Determinarea scurgerii solide totale într-un bazin hidrografic, cu torenți neamenajați (naturali)	216

5.9. Determinarea tipului și ponderii aluviunilor din patul albiei.....	216
5.9.1. Colectarea probelor pentru analiza granulometrică a aluviunilor din patul albiei.....	217
5.9.2. Modul de recoltare.....	217
5.9.3. Mărimea probelor.....	219
5.9.4. Prepararea probelor pentru analiza granulometrică.....	219
5.9.5. Metode de analiză granulometrică.....	220
5.9.5.1. Granulometria nisipului și pietrișului mic, determinată prin sitare uscată.....	220
5.9.5.2. Granulometria pietrișului mare (prundiș).....	221
5.9.5.3. Metode cu caracter informativ de determinare a tipului și ponderii fracțiilor granulometrice.....	222
CAPITOLUL 6. CONȚINUTUL STUDIILOR HIDROMETRICE ANUALE.....	224
6.1. Studiul hidrometric pentru stații de râuri.....	224
6.2. Studiul hidrometric la captări și restituții de apă.....	228
6.3. Studiul hidrometric la secțiuni „satelit”.....	228
6.4. Studiul hidrometric la torenți.....	228
6.5. Studiul hidrometric la izvoare.....	228
6.6. Studiul hidrometric privind granulometria aluviunilor.....	228
6.7. Studiul asupra bilanțului scurgerii apei și aluviunilor pe bazine hidrografice.....	229
6.8. Studiul hidrometric al debitelor de apă la folosințe cu curgere sub presiune.....	230
6.9. Studiul hidrometric al debitelor de apă la stațiile hidrometrice la baraje.....	230
6.10. Studiul hidrometric al debitelor de apă la canale și derivații interbazinale.....	231
CAPITOLUL 7. DATE ASUPRA STRATULUI DE ZĂPADĂ.....	232
7.1. Determinarea grosimii stratului de zăpadă.....	232
7.2. Determinarea densității stratului de zăpadă.....	232
7.3. Determinarea echivalentului în apă al stratului de zăpadă.....	233
7.4. Determinarea cedării zilnice a apei din stratul de zăpadă.....	234
7.4.1. Metoda bilanțului caloric.....	234
7.4.2. Metoda grad-zi.....	235
7.5. Metodele indirecte pentru determinarea parametrilor nivometrici. Aplicații aerofotogrametrice și satelitare.....	237
7.5.1. Aplicații aerofotogrametrice.....	237
7.5.2. Aplicații de teledetecție satelitară.....	238
7.5.3. Distribuția spațială a stratului de zăpadă.....	238
7.5.4. Echivalentul de apă din zăpadă.....	238
CAPITOLUL 8. RAPOARTE TEHNICE.....	240
8.1. Rapoarte tehnice la viituri.....	240
8.2. Rapoarte tehnice pentru perioadele cu ape mici.....	241
CAPITOLUL 9. PRELUCRAREA AUTOMATĂ A DATELOR HIDROMETRICE.....	243
9.1. Fișierul de calcul CAMDAR.....	243
9.2. Pachetul de fișiere de calcul HIDROL.....	243
9.3. Machetele-program, suport electronic pentru validarea datelor și asigurarea formatului unic al acestora din prelucrările hidrologice și studiile hidrometrice.....	245

BIBLIOGRAFIE	247
ANEXE	249
ANEXA 1	251
ANEXA 2	252
ANEXA 3	255
ANEXA 4	259
ANEXA 5	261

CAPITOLUL 1. INTRODUCERE

Interesul pentru cunoașterea resurselor de apă reprezintă o preocupare a societății din cele mai vechi timpuri, însă activitatea de cunoaștere sistematică a apelor a început odată cu creșterea necesității de apă, ceea ce a dus la dezvoltarea continuă a „științei apei”, anume a hidrologiei. Acumularea treptată de date a dus, la începutul secolului trecut, la primele lucrări de sinteză în domeniul cunoașterii apelor pe teritorii mai largi și punerea bazelor teoretice ale acestei științe. Hidrologia ca știință a evoluat până astăzi, iar în ultima perioadă preocupările la nivel mondial legate de gestionarea resurselor de apă au dus la dezvoltarea sistemelor integrate de monitorizare și gestionare a resurselor de apă.

Datorită posibilităților moderne de comunicații, fiecare hidrolog, indiferent de nivelul la care își desfășoară activitatea în cadrul sistemului informațional hidrologic, are acces la informațiile disponibile legate de înregistrările hidrometrice, studii și metodologii de prelucrare a datelor, sinteze și anuare hidrologice.

Conținutul prezentei lucrări este în concordanță cu Ghidurile metodologice și tehnice în domeniu elaborate în cadrul Organizației Meteorologice Mondiale, cu Directivele în domeniul Apei ale Uniunii Europene, cu legislația în domeniul apelor în vigoare în România și cu aplicarea metodelor moderne de prelucrare a datelor și informațiilor hidrologice (inclusiv cu ajutorul aplicațiilor informatice), existente pe plan național și mondial.

1.1. Scopul îndrumarului

„Îndrumarul pentru prelucrarea datelor de la stațiile hidrometrice pe râuri” se referă la modalitățile de prelucrare a datelor și informațiilor hidrologice obținute la stațiile hidrometrice pe râuri având ca obiectiv general realizarea studiilor hidrometrice anuale, în mod unitar, inclusiv cu ajutorul aplicațiilor informatice elaborate de către specialiștii din cadrul Institutului Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor (INHGA).

De asemenea, scopul acestui Îndrumar este de a veni în sprijinul hidrologilor, atât al celor care sunt la începutul activității, precum și în sprijinul celor experimentați, prin îmbinarea metodelor clasice de prelucrare a datelor cu metodele moderne, deoarece în ultima perioadă au fost dezvoltate o serie de aplicații, care au fost implementate în cadrul rețelei hidrometrice naționale.

Tot în acest îndrumar este prezentată o serie de machete pentru întocmirea de rapoarte tehnice de către specialiști, după perioade cu ape mari excepționale sau perioade cu ape mici.

„Îndrumarul pentru prelucrarea datelor de la stațiile hidrometrice pe râuri” (denumit în continuare *Îndrumar*) reprezintă actualizarea lucrării „Instrucțiuni pentru stațiile și serviciile hidrologice. Debite de apă și aluviuni” elaborată în cadrul Institutului Național de Meteorologie și Hidrologie (1997).

1.2. Planul și conținutul îndrumarului

Îndrumarul este structurat pe 9 capitole:

Capitolul 1. Introducere

Capitolul 2. Niveluri ale apei

Prezintă metodologia de lucru pentru prelucrarea nivelurilor de apei în vederea realizării studiilor hidrometrice anuale.

Capitolul 3. Prelucrarea profilelor și a pantelor

Prezintă modul de prelucrare a profilelor transversale și longitudinale în secțiunile/sectoarele stațiilor hidrometrice, de către personalul stațiilor hidrologice.

Capitolul 4. Debite de apă

În care este prezentată metodologia de lucru pentru prelucrarea debitelor de apă, în vederea realizării studiilor anuale de la stațiile hidrometrice.

Capitolul 5. Debite de aluviuni

În care este prezentată metodologia de prelucrare a datelor de aluviuni în suspensie de la stațiile hidrometrice, pentru realizarea studiilor de debite de aluviuni în suspensie.

Capitolul 6. Conținutul studiilor hidrometrice anuale

Prezintă structurile tabelare și grafice pentru întocmirea studiilor hidrometrice anuale pe tipuri de stații hidrometrice (de râuri, de lacuri, de folosințe etc.); sunt prezentate, de asemenea, precizări legate de modul de completare a acestora.

Capitolul 7. Date asupra stratului de zăpadă

În care se prezintă metodologia de prelucrare a datelor asupra stratului de zăpadă.

Capitolul 8. Rapoarte tehnice

Se prezintă modul de întocmire a rapoartelor tehnice de către personalul stațiilor/serviciilor hidrologice în urma fenomenelor extreme (viituri și perioade cu ape mici).

Capitolul 9. Prelucrarea automată a datelor hidrometrice

În care sunt descrise pe scurt aplicațiile informatice cu ajutorul cărora se pot realiza studiile hidrometrice anuale.

Pe parcursul materialului sunt prezentate grafice, schițe și exemple de calcul care ilustrează situații particulare, dar care ajută la o mai bună înțelegere a metodelor descrise; acestea au, de cele mai multe ori, un caracter informativ.

1.3. Utilizarea informațiilor hidrologice

Studiile hidrometrice elaborate conform Îndrumarului au o deosebită importanță, fiind incluse în baza de date națională, gestionată de INHGA. Acestea vor fi utilizate, în principal, pentru:

- Realizarea de contracte economice cu terți, necesare pentru proiectarea de căi de comunicații (rutiere, feroviare, edilitare etc.) și construcții și amenajări hidrotehnice (prize și restituții de apă, traversări de conducte etc.);
- Elaborarea de regulamente/planuri de management al resurselor de apă la nivel bazinal;
- Calibrarea/optimizarea de modele de prognoză hidrologică;
- Îndeplinirea cerințelor Uniunii Europene referitoare la evoluția hidromorfologiei albiilor;
- Elaborarea de strategii în domeniul dezvoltării rețelei hidrologice naționale.

1.4. Tipul datelor solicitate

Pentru satisfacerea cerințelor de date și informații necesare celor de mai sus, prezentul Îndrumar se referă, în principal, la următoarele categorii de date și informații hidrologice:

- Niveluri ale apei;
- Debite de apă;
- Viteze ale apei;
- Temperaturi ale aerului și apei;
- Precipitații lichide și solide;
- Debite de aluviuni în suspensie;
- Debite de aluviuni târâte;
- Fenomene de îngheț: durată și intensitate;
- Strat de zăpadă;
- Profile transversale;
- Pante ale suprafeței apei.

Notarea valorilor parametrilor și elementelor hidrologice și hidrografice se realizează cu precizia specificată în Anexa 1.

CAPITOLUL 2. NIVELURI ALE APEI

Nivelul apei măsurat în secțiunea stației hidrometrice reprezintă poziția suprafeței libere a apei râului față de un plan fix de raportare, respectiv planul „zero miră”, exprimat în centimetri întregi (fără zecimale).

Pentru măsurarea (citirea) nivelurilor este obligatorie existența unei mire hidrometrice. Aceasta are rolul de a urmări evoluția în timp, prin valori discrete (discontinuu), a nivelurilor de apă și de a verifica și corecta nivelurile înregistrate (continuu) la limnigrafe sau la stațiile automate acolo unde acestea există.

Programul de măsurători de niveluri (citiri la mira hidrometrică) este stabilit conform instrucțiunilor în vigoare („Îndrumar pentru activitatea stațiilor hidrometrice pe râuri”, 2014), la orele standard de observații (06:00 și 18:00) și suplimentar în cazul existenței aparaturii înregistratoare (limnigraf, stație automată) și în funcție de faza de regim de curgere (ape mari).

Nivelurile apei înregistrate sunt utilizate pentru monitorizarea în timp real a evoluției acestora, în vederea anticipării eventualelor fenomene deosebite (ape mari, viituri cu producere de inundații și propagarea acestora în bazinele hidrografice etc.), dar și pentru completarea bazelor de date (prin calculul nivelurilor medii zilnice – hidrograful scurgerii anuale) în vederea analizelor ulterioare sau pentru alte studii și cercetări.

2.1. Metode de obținere a nivelului apei

Datorită intervalului scurt în care sunt observate/înregistrate, nivelurile apei sunt considerate valori instantanee. Acestea sunt determinate discontinuu, prin citirea directă a unei mire hidrometrice amplasate pe râu și/sau continuu, cu ajutorul unui aparat înregistrator (limnigraf, stație automată). În ambele cazuri este necesară prezența unui hidrometru¹ pentru realizarea citirilor la miră (și a întregului complex de observații și măsurători), respectiv pentru întreținerea și controlul aparatelor înregistratoare.

Aparatele înregistratoare instalate într-o secțiune de râu constituie un avantaj în sensul creșterii frecvenței de măsurare. Datele astfel obținute contribuie la determinarea parametrilor caracteristici viiturilor (timp de creștere și descreștere, volume, timp de propagare și coeficienți de atenuare), dar și pentru analizele de bilanț, respectiv în activitatea de prelucrare a datelor, simplificând metodele de calcul datorită frecvenței cu care acești parametri sunt mășurați (pas de timp de 10 minute sau mai mare).

De asemenea, măsurarea valorilor extreme cu precizie ridicată contribuie la creșterea calității fondului de date, fără a mai fi necesare reconstituiri ale nivelurilor maxime sau determinări pe baza corelațiilor momentelor de producere.

Calitatea datelor măsurate de senzorii instalați în secțiunile stațiilor hidrometrice depinde în mare măsură de activitatea de întreținere a instalațiilor și echipamentelor. De aceea este foarte important ca stațiile automate să fie întreținute și calibrate pe tot parcursul anului, astfel încât datele să fie permanent disponibile pentru sistemul național de veghe hidrologică.

Dispozitivele utilizate pentru măsurarea/înregistrarea continuă a nivelurilor, existente în prezent în rețeaua hidrometrică națională sunt: limnigraful cu flotor (limnigraf „clasic”, cu

¹ Personal responsabil cu efectuarea complexului de observații și măsurători conform programelor de activitate la stațiile hidrometrice; termenul este utilizat pentru a reuni funcțiile: *tehnician hidrometru* (cod 711901) și *muncitor hidrometru* (cod 311109) conform cu „Clasificarea ocupațiilor în România” (COR) din 2017.

limnigramă sau cu afișare digitală), senzorul Nimbus (cu bule de aer), sonda de presiune, senzorul radar Doppler. Datele înregistrate continuu pot fi transmise în timp real din secțiunea de măsurare către centrul de colectare, urmând căile de replicare stabilite în cadrul rețelei naționale și fiind puse la dispoziția Sistemului Național Operativ de Prognoză Hidrologică (SNOPH) din cadrul INHGA.

Înregistrările de niveluri se exprimă în centimetri față de „zero miră”. Cota „zero miră” se exprimă în metri față de Marea Neagră (mMN), Marea Baltică (mMB) sau Marea Adriatică (mMA). Este recomandat să se folosească sistemul unic pentru România – Marea Neagră 75.

2.2. Surse de erori în observarea și înregistrarea nivelurilor apei

În observarea/înregistrarea nivelurilor apei pot apărea erori din diverse cauze, în funcție de metoda de obținere a nivelurilor (citiri la miră, determinări cu ajutorul senzorilor și aparatelor înregistratoare).

2.2.1. Erori ale nivelurilor apei observate la mira hidrometrică

La citirea nivelurilor la mira hidrometrică pot apărea erori din cauza poziției inadecvate a observatorului (hidrometrul, hidrologul etc.) și/sau de aprecierea incorectă a amplitudinii valului la miră pe durata citirii. În cazul existenței valurilor nu se recomandă utilizarea unui dispozitiv pentru reducerea amplitudinii valului, întrucât citirea ar fi influențată în sensul reducerii nivelului (pierdere locală de sarcină). În condiții normale (cu valuri de amplitudine mică) eroarea de citire a nivelului este de ± 1 cm. În cazul apelor mici chiar și o eroare de ± 1 cm poate conduce la abateri ale măsurătorilor de debite de apă mai mari de $\pm 10\%$.

Aceste erori pot fi diminuate cu o bună îndrumare și control din partea specialiștilor de la stațiile/serviciile hidrologice și a specialiștilor din cadrul INHGA, care să contribuie la conștientizarea hidrometrilor privind importanța datelor pe care le transmit și pe care le înscriu în carnetele de niveluri.

2.2.2. Erori ale nivelurilor apei determinate cu ajutorul aparatelor înregistratoare (limnigrafe clasice și senzori)

Nivelurile de la senzorii cu flotori sunt afectate în principal de înfundarea tubului de legătură între râu și plutitor sau din faptul că flotorul este suspendat/blocat deasupra nivelului apei, conducând la transmiterea de valori eronate.

În cazul senzorilor de presiune, nivelul apei reprezintă γH , unde: γ - greutatea specifică a apei la momentul măsurării nivelului (valoare dependentă de turbiditatea și temperatura apei râului) și H - nivelul măsurat. Pe durata viiturilor, greutatea specifică a apei poate varia mult astfel încât sunt necesare recalibrări ale senzorului la variații mai mari ale turbidității apei.

Se admite o diferență între citirile la mira hidrometrică și stația automată de maximum ± 2 cm cu condiția ca această diferență să conducă la o abatere a debitului de apă determinat cu ajutorul cheii limnimetrice pentru cele două observații mai mică de $\pm 10\%$.

În perioadele cu fenomene de îngheț, dacă specificațiile tehnice ale producătorilor permit menținerea senzorilor în apă, pot apărea erori de înregistrare și transmitere semnificative.

2.3. Metode de validare a datelor

Validarea valorilor instantanee de niveluri ale apei este deosebit de importantă în activitatea operativă, deoarece acestea stau la baza deciziilor de emiterie a atenționărilor și a avertizărilor, precum și la declanșarea acțiunilor în situații de urgență, prevăzute de regulamentele în vigoare. În fluxul lent validarea datelor este, de asemenea, foarte importantă pentru fondul național de date.

Validarea valorilor instantanee de niveluri ale apei se poate efectua pe baza unor comparații cu evoluții ale nivelurilor înregistrate la stații hidrometrice de pe același râu (dar fără aport de debite de apă între secțiunile analizate), de la stații hidrometrice de pe râuri apropiate sau pe baza analizei unor factori meteorologici și morfologici (de ex.: ploi, infiltrații etc). Realizarea unor corelații bune de niveluri corespondente la stații hidrometrice consecutive este condiționată, în special, de existența unor variații similare de niveluri pentru același debit de apă.

Se recomandă ca valorile de nivel să fie analizate în cadrul stațiilor hidrologice și, în cazul constatării unor erori (de exemplu, citiri eronate de nivel datorate condițiilor de vizibilitate scăzută, diferențe mari între valorile înregistrate la stațiile automate și citirile de control etc.) să se determine, dacă este posibil, cauzele erorilor și să se corecteze valorile eronate, astfel încât acestea să poată fi utilizate în fluxul de date. Dacă eroarea nu poate fi corectată, valoarea respectivă va trebui eliminată și înlocuită apoi prin metode matematice.

Corecția și eliminarea unei/unor valori se operează și în baza de date, prin marcarea acestora ca fiind suspectă de eroare hidrometrică.

Pentru înlocuirea valorilor lipsă sau eronate/suspectate de eroare în urma analizei hidrologice se recomandă utilizarea uneia sau a mai multor metode bazate pe analize ale evoluției fenomenului hidrologic și a unor prelucrări matematice. În baza de date vor fi păstrate ambele valori.

Cea mai simplă metodă pentru înlocuirea acestor valori eronate/lipsă este interpolarea liniară a hidrografelor de niveluri între două valori certe ale acestuia. Metoda se aplică numai în cazul existenței unor variații ale nivelului apei relativ reduse și a înregistrării de cantități de precipitații nesemnificative.

O altă metodă este analiza pe sisteme hidrografice, care constă în întocmirea graficelor de niveluri la stații hidrometrice succesive, analiza variației nivelurilor în funcție de variațiile parametrilor meteorologici și compararea valorilor de la stațiile pluviometrice/meteorologice învecinate.

2.4. Întocmirea fișei anuale cu niveluri medii zilnice și caracteristici lunare și anuale

Prelucrarea nivelurilor se face atât după valorile obținute prin metode clasice, cât și după valorile înregistrate de limnigrafe și/sau de senzorii stațiilor automate. Prelucrarea nivelurilor se poate face separat, pentru fiecare serie de date sau combinat, utilizând datele automate doar pentru anumite perioade de timp. Înainte de prelucrarea datelor, indiferent de metoda prin care au fost obținute acestea, se mai face o verificare a valorilor înscrise în „Carnetele pentru înscrierea măsurătorilor și observațiilor hidrometrice“ (denumite în continuare *carnete de observații*) și a celor înscrise în baza de date.

2.4.1. Verificarea carnetelor pentru înscrierea măsurătorilor și observațiilor hidrometrice privind nivelurile, temperatura apei și a aerului, fenomenele de îngheț, vegetația acvatică și precipitațiile

Se urmărește modul de completare și prelucrare a măsurătorilor și observațiilor pentru depistarea și eliminarea erorilor și, eventual, pentru completarea unor date lipsă pe baza datelor de la stațiile automate sau a unor analize și corelații prezentate mai jos.

2.4.1.1. Niveluri ale apei

Se controlează dacă:

- Înscrierea nivelurilor este corectă și dacă s-a ținut seama de eventualele modificări ale valorilor „zero miră”. Dacă se constată erori se fac corecturile necesare; pe ultima pagină a carnetului de niveluri se justifică corecturile.
- Nivelurile înregistrate la limnigraf sau stația automată concordă cu nivelurile la miră; neconcordanțele vor fi analizate pentru a se stabili cauzele acestora și pentru a se aduce corecturile necesare sau pentru a se preciza care niveluri prezintă mai multă siguranță pentru a fi utilizate la calcularea debitelor de apă. Se menționează că, în condiții de concordanță a datelor asupra nivelurilor la miră și limnigraf/stație automată, în prelucrări sunt de preferat datele care oferă mai multe valori (corecte) pentru calculul nivelurilor medii zilnice ale apei.
- În perioadele cu fenomene de îngheț (pod de gheață continuu/întrerupt etc.) citirile la miră au fost efectuate în copci.
- Pe durata viiturilor există citiri suplimentare.
- Nivelul maxim lunar provine din citirile directe (la miră), înregistrate (limnigraf, stație automată) sau după urme.
- Valorile minime și maxime lunare au fost corect identificate (valoarea maximă se încadrează cu chenar de culoare roșie, iar cea minimă cu chenar de culoare albastră).
- Nivelurile notate la măsurătorile de debite (la începutul și sfârșitul acestora) concordă cu nivelurile înscrise în carnete la datele și orele executării acestor măsurători.
- Nivelurile citite la mirele de pantă sunt în concordanță cu nivelurile de la mira principală, raportată la același plan de referință:

$$H_{\text{amonte}} > H_{\text{mira}} > H_{\text{aval}}$$

- Notarea datelor de producere a valorilor extreme lunare sau anuale este efectuată în mod corect.
- Nivelul/nivelurile de la care apa nu mai curge (bălțește la miră, râul este sec sau a înghețat total) este notat în mod corespunzător.

Dacă citirile de nivel la miră lipsesc pe o perioadă scurtă de timp (3-5 zile) și variația acestora este relativ uniformă, șirul de date se completează utilizând metoda interpolării (Figura 1a).

Dacă perioada cu niveluri lipsă ajunge până la 10-15 zile, pentru completarea lor se aplică metoda corelației între stația hidrometrică în cauză și o stație hidrometrică analoagă din punct de vedere al condițiilor fizico-geografice (suprafață, altitudine medie etc.) (Figura 1b).

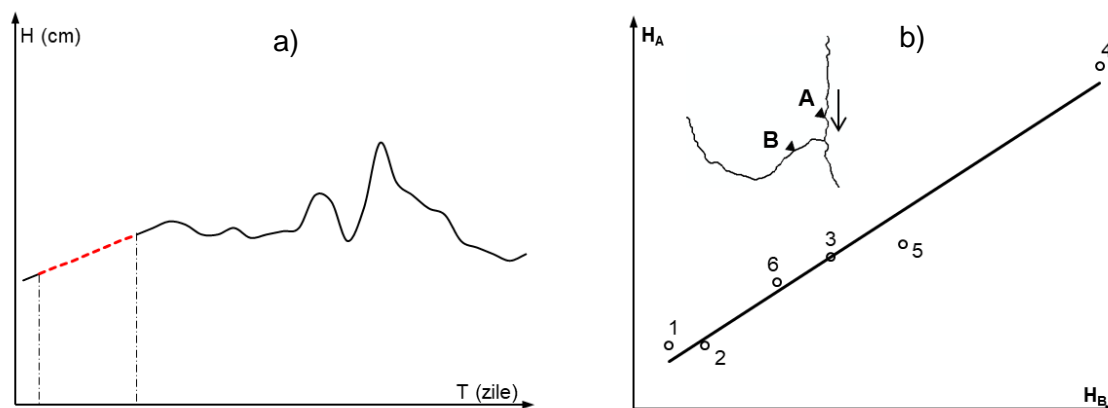


Figura 1. Interpolare grafică pentru completarea nivelurilor lipsă (reprezentate cu linie întreruptă de culoare roșie) (a) și corelație între nivelurile măsurate la stații hidrometrice analoage din punct de vedere fizico-geografic (b)

2.4.1.2. Temperatura apei și a aerului

Se urmărește dacă:

- Observațiile asupra temperaturii apei s-au efectuat conform specificațiilor prevăzute în „Îndrumar pentru activitatea stațiilor hidrometrice pe râuri” (2014);
- Valorile medii decadale și lunare ale temperaturii apei s-au calculat corect și s-au extras corect valorile minime și maxime lunare;
- Observațiile asupra temperaturii aerului s-au efectuat corect;
- Există concordanțe între temperatura apei și a aerului.

Dacă există date de la stațiile automate, se realizează o analiză comparativă, mai ales în perioada de iarnă, când se instalează fenomenele de îngheț, precum și în perioada de primăvară, pentru analiza viiturilor produse datorită cedării apei din stratul de zăpadă.

2.4.1.3. Fenomene de îngheț

Se verifică dacă:

- Datele de la măsurătorile pentadale concordă cu observațiile efectuate zilnic asupra fenomenelor de îngheț;
- La măsurătorile pentadale din perioada cu pod de gheață sunt înscrise datele asupra grosimii gheții și asupra poziției nivelului apei în copcă față de stratul de gheață;
- Măsurătorile pentadale sunt în concordanță cu notările din timpul măsurătorilor de debite;
- Evoluția fenomenelor de iarnă corespunde cu evoluția temperaturii aerului;
- Intensificarea fenomenelor de îngheț se reflectă corespunzător în variația nivelurilor.

2.4.1.4. Vegetație acvatică

Se verifică dacă observațiile zilnice concordă cu măsurătorile decadale și cu notările din timpul măsurătorilor de debite.

2.4.1.5. Precipitații zilnice

Se urmărește dacă valorile înscrise în carnetele de niveluri concordă cu datele de la stațiile meteorologice și hidrometrice apropiate.

*

* *

După aceste verificări și analize se întocmesc fișele cu valori medii zilnice și caracteristice de niveluri ale apei și temperaturi ale aerului și apei, fișa cu precipitații zilnice și caracteristice și fișa centralizatoare cu fenomene de îngheț. Acestea vor fi incluse ca piese în studiile hidrometrice anuale de debite de apă.

Aspectele negative constatate și măsurile propuse pentru eliminarea acestora se detaliază în „Caracterizarea anuală a calității materialului hidrometric”, document inclus, de asemenea, în studiul hidrometric anual.

2.4.2. Întocmirea fișelor necesare prelucrării nivelurilor apei

În vederea prelucrării nivelurilor instantanee observate/înregistrate la stațiile hidrometrice, sunt necesare date privind cantitățile de precipitații zilnice, lunare și anuale, temperaturile medii zilnice, decadale, lunare și anuale ale aerului și apei, perioadele, durata și tipul fenomenelor de îngheț.

2.4.2.1. Fișa cu valori ale precipitațiilor zilnice, lunare și anuale

Pentru fiecare stație hidrometrică, fișa cu precipitații cuprinde sumele valorilor înregistrate zilnic la orele de observații standard (06:00, 18:00), sumele lunare și suma anuală (Tabelul 1).

Fișa cu valori ale precipitațiilor zilnice, lunare și anuale se introduce în studiul hidrometric anual.

Pentru analiza scurgerii apei în perioada de iarnă, pe fișa cu valori zilnice și valori caracteristice lunare și anuale se vor marca distinct precipitațiile solide prin adăugarea simbolurilor: ☉ - burniță, * - ninsoare, ❄ - lapoviță.

Dacă într-o zi s-au înregistrat atât precipitații lichide, cât și solide, se consideră tipul de precipitație care a predominat din punct de vedere cantitativ sau al duratei.

De asemenea, fișa de precipitații zilnice se completează și pentru stațiile cu care se fac corelații, precum și pentru cele care au fost folosite la analiza viiturilor.

În condițiile în care la stația hidrometrică de bază nu există pluviometru, în studiu se pune fișa sau fișele de precipitații de la stațiile din apropiere, fie că sunt stații hidrometrice, meteorologice, pluviometrice, clasice sau automate, menționându-se pe fișă numele acesteia/acestora.

2.4.2.2. Fișa centralizatoare cu valori ale temperaturii medii zilnice, decadale, lunare, anuale și caracteristice lunare și anuale ale apei

Se completează un tabel cu valori ale temperaturii apei medii zilnice, decadale și lunare, maxime și minime lunare, precum și valorile anuale (medie, maximă și minimă) și datele de producere a temperaturilor anuale extreme (Tabelul 2).

În perioadele cu fenomene de îngheț, conform instrucțiunilor în vigoare („Îndrumar pentru stațiile hidrometrice pe râu”, 2014) nu se efectuează măsurători asupra temperaturii apei, în zilele respective trecându-se câte o liniuță.

În cazurile în care, deși nu s-au înregistrat fenomene de îngheț, măsurătorile asupra temperaturii apei lipsesc sau dacă acestea sunt eronat determinate (erori semnificate prin analiza graficelor succesive), celulele tabelului se completează cu punct.



Tabelul 1. Exemplet de fișă cu valori ale precipitațiilor zilnice, lunare și anuale

FIȘA CU PRECIPITAȚII ZILNICE, LUNARE ȘI ANUALE (MM)

Luna Zi	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1		6.2	0.3						3.6		0.2	* 0.2
2						12.1						* 3.9
3			0.2		2.8	4.6	1.0			1.0	3.8	2.0
4	* 0.1	5.5			10.6	1.2				1.2		
5					0.6	5.2				3.0		
6					1.2		8.6		1.3	2.0		
7	* 7.1			2.9	3.4							
8			13.7		3.3					5.0	2.4	
9	0.2		0.4		4.5					2.0	19.4	
10	2.5		6.2	13.4	0.7	0.6		0.1			3.6	
11		2.3		37.2		1.6		3.5		6.0	1.5	
12	0.5			5.2		9.8		6.2		16.8		
13	1.8			1.2	13	0.9		3		14.2	* 7.3	* 0.8
14		0.8		2.4	18.4	18.7						
15				2.6	0.3	0.5	1.1				0.1	* 0.2
16					9.9	0.3	24.8	1.2		4.5		* 1.2
17	4.5				0.4		38.1	1.9		8.0		
18	1						1.9	2.7				
19			0.4						13.1			
20				26.5			1.2		11.9			
21												
22	* 1.3	0.4								1.0		
23			0.3						0.3	1.0		
24		0.2	* 10.9	0.4								
25			10.0	25.1	33.3							
26	1.5	1.6	0.3	9.9	4.9					15.5		* 0.9
27	0.8	0.9	0.2		0.2	52.2	1			2.3		0.8
28				0.2		16.1	4.1				0.1	* 0.8
29			1.5			7.1	1.1					* 1.0
30	0.2		1.8	9.1	0.8	0.2				0.1		
31	0.1				2.3							
Suma	21.6	17.9	46.2	136.1	110.6	131.1	82.9	18.6	30.2	83.6	38.4	11.8
Total anual	729.0											

Lângă temperatura maximă/minimă anuală se înscriu ziua și luna când s-a produs. Dacă valorile extreme anuale s-au produs în mai multe zile din aceeași lună, se înscriu prima zi de producere, luna și, între paranteze, numărul de zile în care s-au înregistrat. Dacă maxima/minima anuală s-a produs în mai multe luni din an, se înscriu ziua și luna primei înregistrări, urmată de lunile și numărul de zile (între paranteze) pentru celelalte luni.

Dacă au existat omisiuni în observații, valoarea temperaturii maxime se va completa numai în cazul în care există certitudinea că omisiunile respective nu se referă la perioada cu temperatura maximă anuală a apei.

Fișa centralizatoare va fi însoțită de o notă explicativă (pe verso) asupra datelor lipsă și asupra calității măsurătorilor (de ex.: *în perioada 15 V-3 VII lipsesc măsurătorile, termometrul fiind defect; în tot cursul anului datele sunt influențate de evacuarea apelor reziduale; în perioada 7 III-5 V datele au fost obținute cu un termometru nestandardizat*).

Fișa cu valori ale temperaturii apei va fi prezentată ca piesă în studiul hidrometric anual.

Valorile medii zilnice ale temperaturii apei se calculează prin media aritmetică a măsurătorilor efectuate la orele standard de observații (06:00 și 18:00).

Tabelul 2. Exemplu de fișă cu valori ale temperaturii medii zilnice, decadale, lunare, anuale și caracteristice lunare și anuale ale apei

FIȘA CU TEMPERATURI MEDII ZILNICE, LUNARE, DECADELE ȘI ANUALE ALE APEI (°C)

Luna Zi	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1		3.4	8.8	12.1	11.2	13.0	18.0	14.3	18.4	14.3	8.8	4.2
2		4.6	7.0	13.2	11.0	14.0	17.8	14.6	18.0	14.5	7.0	4.0
3		5.0	6.1	11.8	10.0	12.5	18.8	14.7	17.9	14.0	8.6	3.8
4		5.2	6.8	13.5	9.6	13.2	16.4	14.3	17.8	15.0	6.5	2.9
5		3.6	7.5	14.8	10.5	13.4	15.6	14.5	17.7	13.3	5.5	2.4
6		3.4	9.2	15.8	11.6	14.2	16.7	13.6	18.5	9.0	7.9	2.1
7		2.8	9.6	14.8	11.0	13.1	16.6	14.5	17.8	10.9	10.8	2.1
8	1.3	3.2	9.0	13.2	10.4	13.0	16.2	18.5	17.8	9.8	9.1	2.5
9	0.8	3.2	8.0	14.4	10.5	12.6	15.9	16.5	17.8	11.4	8.5	2.2
10	1.6	4.2	8.4	13.8	11.6	13.8	16.6	17.3	18.0	11.5	7.9	2.8
11	1.5	5.2	7.2	11.8	11.2	14.0	17.0	16.8	18.1	11.8	6.2	3.5
12	2.2	4.0	7.4	9.8	11.0	13.0	18.2	16.3	18.0	12.1	6.8	4.0
13	2.6	4.5	6.8	10.0	12.8	14.8	19.2	15.4	17.9	10.5	5.5	2.6
14	2.6	5.4	7.2	10.6	12.3	15.1	19.2	15.3	18.3	11.9	4.1	2.0
15	2.0	7.9	6.4	10.9	13.2	15.0	16.8	17.3	19.3	11.3	4.5	1.5
16	2.6	4.2	6.0	10.5	9.3	15.9	17.0	17.4	19.4	10.4	5.2	1.9
17	1.5	8.0	7.0	12.2	11.0	17.1	17.8	17.9	19.0	11.4	6.2	0.8
18		7.8	7.9	13.0	11.0	17.2	16.0	17.3	19.6	10.9	6.0	0.9
19		7.0	7.0	13.5	10.8	17.0	16.2	16.3	17.5	9.2	6.2	1.2
20		7.0	6.8	11.2	11.8	17.2	15.8	17.3	15.3	8.5	6.9	1.9
21		4.6	8.1	9.5	11.8	18.1	16.8	15.9	13.6	10.5	6.3	1.8
22		7.2	7.6	10.6	13.2	18.2	16.5	17.3	13.5	13.2	5.5	1.8
23		7.5	5.4	10.8	14.2	18.8	18.0	17.3	13.8	11.9	3.9	1.3
24		7.8	5.5	11.4	12.3	19.6	19.0	18.0	13.7	11.3	4.5	1.1
25		6.5	5.5	10.5	11.5	18.6	19.2	18.0	14.5	11.1	4.7	
26		6.5	7.0	8.6	12.6	20.0	18.6	17.8	14.3	11.5	4.8	
27	1.3	6.5	7.8	9.0	13.5	17.8	18.5	17.8	13.5	11.0	5.2	
28	1.2	5.8	8.0	9.9	13.5	16.5	18.5	18.0	13.8	10.4	5.5	
29	1.2	6.8	7.8	9.5	13.5	16.9	17.6	19.0	14.4	9.0	4.1	
30	1.6		9.2	10.1	13.5	19.0	17.4	19.3	14.7	9.0	4.0	
31	2.4		10.8		13.5		17.6	19.5		8.1		
Decada 1		3.9	8.0	13.7	10.7	13.3	16.9	15.3	18.0	12.4	8.1	2.9
Decada 2		6.1	7.0	11.4	11.4	15.6	17.3	16.7	18.2	10.8	5.8	2.0
Decada 3		6.6	7.5	10.0	13.0	18.4	18.0	18.0	14.0	10.6	4.9	
Suma		158.8	232.8	350.8	364.9	472.6	539.5	518.0	501.9	348.7	186.7	
Media		5.5	7.5	11.7	11.8	15.8	17.4	16.7	16.7	11.2	6.2	
Maxima	3.6	9.5	12.0	18.6	16.5	22.0	21.5	21.0	21.5	16.0	11.0	4.3
Data	14	15(3)	31	6	23	26	13	30	15,16	2	7	1
Minima	1.5	4.2	7.0	8.0	11.0	13.8	13.0	13.0	12.0	5.0	3.6	0.5
Data		7	3(2)	27	16	12	9	14	24(2)	21	14	17(2)
Media anuala												
Maxima anuala	22.0			Data	26 VI							
Minima anuala												

2.4.2.3. Fișa centralizatoare cu valori ale temperaturii medii zilnice, decadale, lunare, anuale și caracteristice lunare și anuale ale aerului

Pentru valorile de temperatură a aerului se întocmește o fișă centralizatoare cu valori medii zilnice (calculate ca medie aritmetică a valorilor măsurate la orele standard 06:00 și 18:00) ale temperaturii aerului de la stația hidrometrică (Tabelul 3).

Pentru realizarea graficului complex, se va întocmi o fișă cu valori ale temperaturii aerului de la ora 06 similară cu cea din Tabelul 3, în care se vor completa doar coloanele pentru lunile I-III, respectiv X-XII. Titlul fișei rezultate va fi *Fișă cu valori ale temperaturii aerului de la ora 06 (°C)* și se va atașa studiului hidrometric anual. Pentru această fișă nu este necesar să se completeze decadele, sumele, mediile, minimele și maximele.

Tabelul 3. Exemplu de fișă cu temperaturi medii zilnice, decadale, lunare, anuale și caracteristici lunare și anuale ale aerului

FIȘA CU TEMPERATURI MEDII ZILNICE, LUNARE, DECADELE ȘI ANUALE ALE AERULUI (°C)

Luna Zi	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	-7.0	3.5	10.8	15.2	13.8	19.0	23.5	19.1	22.5	16.5	5.8	-0.5
2	-7.6	7.5	5.5	13.2	15.0	18.2	23.0	17.7	21.0	16.0	6.4	2.4
3	-8.4	6.5	6.5	12.5	12.5	15.0	23.5	21.3	20.8	14.1	6.5	-1.5
4	-5.8	4.8	7.8	15.4	11.5	19.0	21.0	21.9	21.2	13.5	3.0	-3.2
5	-2.3	2.4	8.8	17.5	14.0	18.5	21.3	23.4	21.8	9.8	3.5	3.1
6	-2.0	2.5	11.0	18.8	11.5	19.2	22.8	24.7	20.3	4.5	12.0	-1.5
7	-0.5	1.0	12.0	15.8	11.0	16.8	21.0	22.4	20.5	5.8	14.0	-1.2
8	1.7	2.5	9.0	16.2	12.0	18.1	21.8	22.0	22.0	8.3	6.9	-3.3
9	-1.1	6.0	7.5	15.8	10.8	17.5	22.2	20.3	21.6	8.1	7.5	-1.9
10	2.8	9.2	9.0	13.0	13.2	17.2	20.5	20.5	22.3	7.5	5.0	0.5
11	5.4	4.8	8.6	12.5	14.5	19.5	22.5	18.5	23.3	8.5	5.5	2.8
12	7.5	2.8	7.5	14.4	16.1	16.5	23.2	15.8	22.0	9.6	8.5	4.1
13	2.5	6.0	7.3	15.2	17.5	19.2	24.6	15.4	19.5	9.5	2.3	0.8
14	2.9	6.3	5.3	11.5	15.0	20.2	26.0	17.8	21.8	8.6	-0.5	-6.8
15	3.0	13.4	4.3	12.2	17.0	17.8	20.8	20.5	21.0	10.7	0.9	-2.3
16	1.6	10.8	5.5	14.5	10.0	20.5	20.4	20.0	20.9	10.3	0.0	-2.5
17	2.3	8.3	5.5	17.6	13.5	28.8	19.5	20.0	22.5	7.5	2.8	-3.0
18	-5.5	11.3	6.5	19.2	13.0	26.0	20.2	19.8	21.8	6.3	3.8	-3.0
19	-9.0	9.5	4.5	17.2	13.0	22.0	21.0	19.5	18.3	5.8	7.0	-3.0
20	-11.0	5.5	5.5	11.5	14.8	24.8	18.2	20.3	13.3	8.9	7.3	-1.5
21	-5.5	3.1	8.7	10.5	13.5	28.0	20.4	21.8	12.7	9.5	7.3	-2.0
22	-4.3	9.0	7.0	11.8	15.2	26.2	19.2	18.8	13.5	11.4	3.0	-3.3
23	-4.3	9.8	3.5	11.2	18.6	25.6	23.5	20.0	14.0	11.5	3.5	-4.5
24	-9.0	8.2	3.8	14.2	17.2	25.5	24.0	23.5	13.3	9.8	1.1	-4.3
25	-3.0	4.7	4.5	9.0	14.5	24.5	24.0	21.4	14.0	10.5	0.8	-3.3
26	-0.5	5.8	5.0	9.5	14.0	26.0	23.0	20.6	12.8	10.8	2.3	0.3
27	1.3	6.5	8.4	10.2	16.0	24.2	22.8	20.5	11.4	9.5	2.5	2.0
28	2.8	6.5	7.9	11.5	18.0	19.2	23.8	20.3	18.5	7.5	2.0	0.5
29	3.5	9.5	11.5	12.8	19.5	21.2	21.2	22.5	15.0	6.5	-1.5	-0.4
30	4.5		12.5	13.5	19.5	22.8	24.2	23.3	15.8	6.5	-2.4	-3.3
31	4.3		14.8		18.2		24.0	22.5		5.8		-5.3
Decada 1	-3.0	4.6	8.8	15.3	12.5	17.9	22.1	21.3	21.4	10.4	7.1	-0.7
Decada 2	0.0	7.9	6.1	14.6	14.4	21.5	21.6	18.8	20.4	8.6	3.8	-1.4
Decada 3	-0.9	7.0	8.0	11.4	16.7	24.3	22.7	21.4	14.1	9.0	1.9	-2.1
Suma	-40.7	187.7	236.0	413.4	453.9	637.0	687.1	636.1	559.4	289.1	126.8	-45.1
Media	-1.3	6.5	7.6	13.8	14.6	21.2	22.2	20.5	18.6	9.3	4.2	-1.5
Maxima	11.0	15.7	19.5	27.0	26.0	33.5	32.0	31.1	29.0	22.4	17.0	5.0
Data	12	15	31	18	29	17	15	6	11 (2)	1	7	11
Minima	-16.0	-4.5	1.0	4.7	7.0	12.0	13.5	9.5	6.8	-1.0	-2.8	-8.0
Data	20	7	3 (6)	22	10 (2)	9	21	14	27	7	3	14
Media anuala	11.3											
Maxima anuala	33.5		Data	17 VI								
Minima anuala	-16.0		Data	20 I								

2.4.2.4. Fișa centralizatoare anuală cu fenomene de îngheț

Centralizarea datelor asupra fenomenelor de îngheț se întocmește pentru anul în curs, referitor la perioadele ianuarie-martie și octombrie-decembrie (Tabelul 4). Pentru fiecare fenomen în parte se vor menționa perioadele de manifestare (în mod continuu), precum și durata acestora (număr de zile).

Rubrica *Total zile cu fenomene de îngheț* va conține data de început și de sfârșit a fenomenelor de îngheț în perioadele I-III, respectiv X-XII și numărul total de zile cu fenomene aferent acestor perioade (Tabelul 4). Rubrica *Total zile cu fenomene de îngheț (an)* va conține numărul total de zile cu fenomene de îngheț din anul în curs.

Tabelul 4. Exemplu de fișă centralizatoare anuală cu tipul, perioada și durata fenomenelor de îngheț și grosimea pentadală a gheții

FIȘA CENTRALIZATOARE ANUALĂ CU FENOMENE DE ÎNGHEȚ

Tipul fenomenului	Durata			Luna	Ziua	Grosimea gheții (cm)		
	De la	Până la	Nr. zile			La maluri		La mijloc
						Drept	Stâng	
Sloiuri				I	5	5	5	0
					10	10	9	0
					15	2	2	0
					20	5	5	0
Gheață la maluri	1 I	6 I	6	II	25	13	13	9
	9 I	10 I	2		31	7	6	4
	15 I	20 I	6		5			
	5 XII	13 XII	9		10			
	30 XII	31 XII	2		15			
Pod de gheață				III	20			
	21 I	30 I	10		25			
	14 XII	29 XII	16		28/29			
Năboi				X	5			
					10			
					15			
					20			
Zăpor				XI	25			
					31			
					5			
Alte formațiuni				XII	10			
	7 I	8 I	2		15	2	2	0
	11 I	12 I	2		20	4	4	0
	31 I	2 II	3		25	8	6	4
Total zile cu fenomene de îngheț	Perioada I-III			XII	30			
	1 I	2 II	31		20	14	10	8
	Perioada X-XII				25	18	16	8
Total zile cu fenomene de îngheț (an)	5 XII	31 XII	27		31	8	10	0

În ceea ce privește tabelul cu grosimea gheții, se înscriu valorile pentadale din carnetele de măsurători de niveluri (la malul stâng, malul drept și la mijloc) (Tabelul 4).

2.4.3. Întocmirea și utilizarea graficului succesiv de niveluri ale apei

Graficul succesiv de niveluri se întocmește pe baza nivelurilor medii zilnice. Prelucrarea datelor pentru realizarea acestuia se poate face prin metoda clasică, prin reprezentarea parametrilor pe hârtie milimetrică sau în format electronic (cu ajutorul programelor de calcul) (Figura 2).

Pentru prelucrarea clasică, scările recomandate sunt: pentru axa timpului 1 zi = 1 mm, pentru axa nivelurilor 1; 2; 5; 10; 50; 100 cm = 1 cm. Nivelurile medii zilnice sunt raportate față de planul de referință „zero miră”.

Graficul succesiv va conține:

- Nivelurile medii zilnice (calculate pe baza nivelurilor instantanee, fără corecții aplicate în timpul perioadelor cu fenomene de îngheț, vegetație acvatică sau remuu).
- Nivelurile extreme lunare prin semnul convențional „+”, cu culoare roșie pentru maxime (+) și cu culoare albastră pentru minime (-); orizontala semnelui arată valoarea nivelurilor, iar verticala, data. În cazul întreruperilor în observarea nivelurilor sau când râul a fost „sec” se notează și pe grafic mențiunile respective: „lipsesc observații” sau „sec”.
- Nivelurile extreme anuale, evidențiate prin semnul convențional „Δ”, cu culoare roșie pentru maximă (Δ) și cu culoare albastră pentru minimă (Δ). Dacă nivelurile extreme anuale coincid cu prelevarea de probe pentru măsurătoare completă de aluviuni în suspensie, simbolurile se reprezintă pline (maxim: ▲, minim: ▲).
- Nivelurile de la măsurătorile de debite de apă, evidențiate prin cercuri goale (○), notate la datele și nivelurile la care au fost efectuate; în dreptul fiecăruia dintre acestea se notează și numărul de ordine din tabelul centralizator (nivelul la care a fost efectuată măsurătoarea poate să difere de nivelul mediu zilnic). Dacă odată cu măsurătoarea de debit de apă s-au prelevat probe de apă pentru măsurătoarea completă de debite de aluviuni în suspensie, acest lucru se evidențiază în mod distinct, prin cerc plin (●).
- Fenomenele de îngheț notate prin semne convenționale, conform cu Tabelul 5.
- Precipitațiile zilnice în mm; acestea vor fi reprezentate în funcție de natura lor: precipitațiile lichide prin coloane negre, precipitațiile solide prin coloane albe; în cazul precipitațiilor mixte, se va reprezenta după simbolul fenomenului predominant.
- Debitele medii zilnice din fișa cu valori ale debitelor de apă medii zilnice și caracteristice medii lunare și anuale.
- Debitele măsurate, evidențiate prin cercuri goale (○); în dreptul fiecăruia dintre acestea se notează și numărul de ordine din tabelul centralizator. Dacă odată cu măsurătoarea de debit de apă s-au prelevat probe pentru măsurătoarea completă de debite de aluviuni în suspensie, acest lucru se evidențiază în mod distinct, prin cerc plin (●).
- Debitele extreme anuale, evidențiate prin semnul convențional „Δ”, cu culoare roșie pentru maximă (Δ) și cu culoare albastră pentru minimă (Δ). Dacă debitele extreme anuale coincid cu prelevarea de probe pentru măsurătoare completă de aluviuni în suspensie, simbolurile se reprezintă pline (maxim: ▲, minim: ▲).

Graficul succesiv de niveluri, completat zilnic în sistem operativ, poate fi util pentru:

- Verificarea unor niveluri înregistrate, incerte prin comparație cu cele înregistrate la stațiile hidrometrice situate amonte/aval sau la stațiile hidrometrice din bazine hidrografice apropiate/similare.
- Reconstituirea după urme a nivelurilor maxime produse care nu au putut fi măsurate/citite între observațiile standard (la stațiile hidrometrice la care nu există aparatură înregistratoare sau mire de maxime).
- Ridicarea de profile transversale, dacă din evoluția nivelurilor rezultă o colmatare/eroziune puternică, produsă într-un timp scurt.
- Perioadele în care nivelurile sunt afectate de fenomene de iarnă, vegetație sau remuu.

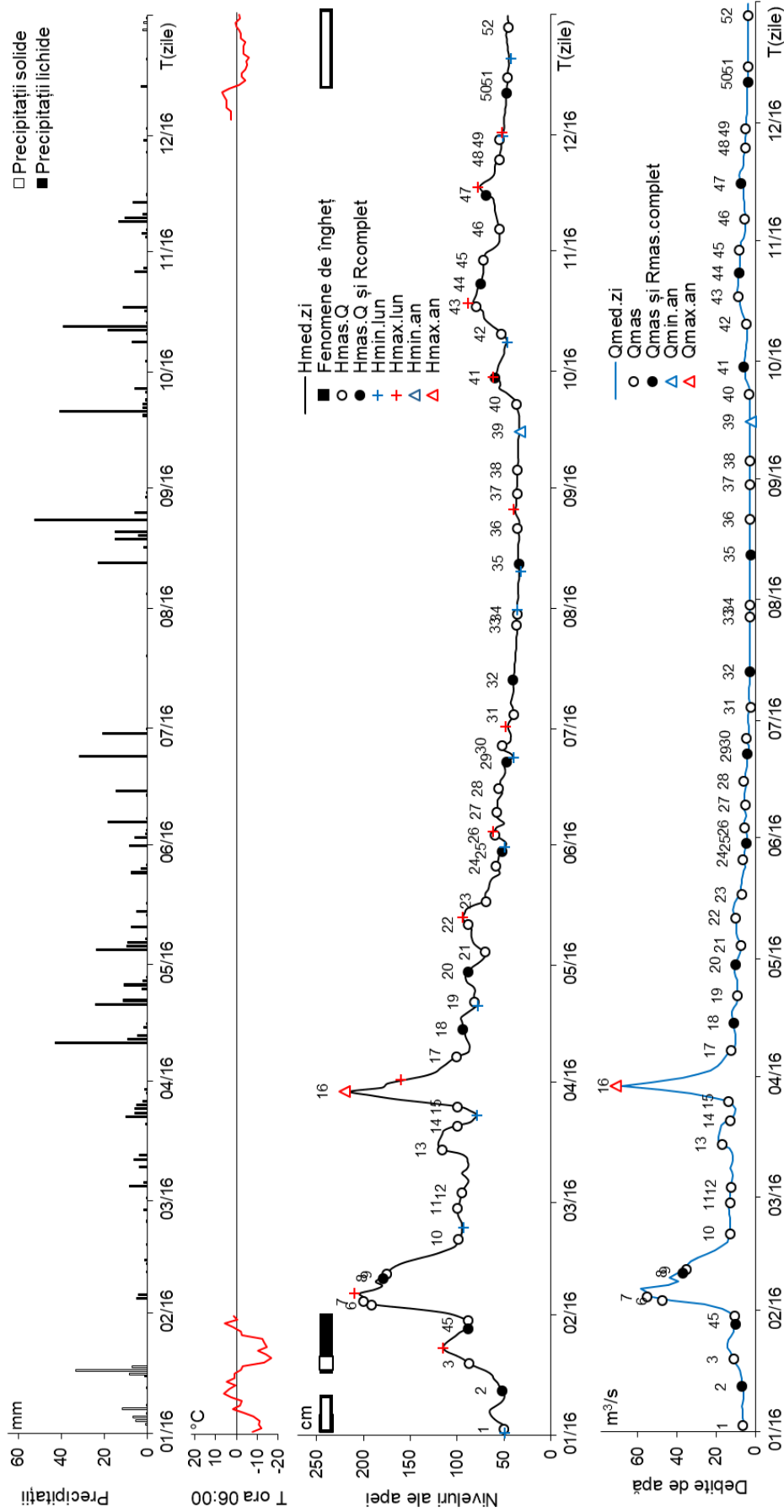


Figura 2. Exemplu de grafic succesiv de niveluri realizat cu ajutorul unui program de calcul (Hmed.zi - niveluri medii zilnice, Hmas.Q - nivel la măsurătoare de debit de apă, Hmas.Q și Rcomplet - nivel la măsurătoare de debit de apă și prelevare de probe de apă pentru măsurătoare completă de aluviuni în suspensie, Hmin.lun - nivel minim lunar, Hmax.lun - nivel maxim lunar, Hmin.an - nivel minim anual, Hmax.an - nivel maxim anual, Qmed.zi - debite medii zilnice, Qmas și Rmas.complet - debit de apă măsurat și prelevare de probe de apă pentru măsurătoare completă de aluviuni în suspensie, Qmin.an - debit minim anual, Qmax.an - debit maxim anual)

- Modul de cuprindere (acoperire) a hidrografului scurgerii, în timp și pe ecartul de niveluri, cu măsurători de debite. Se va urmări în special:
 - efectuarea măsurătorilor de debite în perioada de apariție și dispariție a fenomenelor de îngheț;
 - efectuarea măsurătorilor de debite la modificarea fenomenelor de îngheț și la intensificarea rapidă a acestora;
 - efectuarea măsurătorilor de debite la viituri pe ramura de creștere, în apropierea vârfului și pe ramura de descreștere;
 - realizarea programului de măsurători de debite minime lunare;
 - efectuarea de măsurători în perioadele cu vegetație acvatică și în situații de remuu temporar (la o viitură produsă pe un afluent/emisar, la zăpor etc.).

Este necesar ca analiza modului de cuprindere (acoperire) cu măsurători de debite în timp și pe ecartul de niveluri, în vederea stabilirii soluțiilor de calcul, să se concentreze pe perioadele cu fenomene de iarnă, viituri semnificative, vegetație acvatică și cu mobilitate pronunțată a albiilor (ex.: după efectuarea unor lucrări în albie imediat amonte/aval de stația hidrometrică, după unele accidente de albie ca prăbușiri de maluri, divagări, apariție de brațe noi etc).

Tabelul 5. Simboluri pentru codificarea fenomenelor de îngheț, utilizate pentru semnalarea acestora pe graficul succesiv de niveluri

	Ace de gheață		Pod gheață cu ochiuri de apă
	Gheață la mal		Apa curge peste podul de gheață
	Năboi		Apa curge între două straturi de gheață
	Curg sloiuri		Pod de gheață suspendat, gheață la fund
	Zăpor		Curg sloiuri dese
	Pod de gheață continuu		Pod de gheață întrerupt
	Maluri dezghețate și gheață pornită; 18 - data pornirii ghețurilor		Apa curge deasupra gheții existente până la fund (apa din precipitații sau topirea gheții)
	Îngheț total pe toată secțiunea până la fund		Îngrămădiri de sloiuri (la mal sau pe toată lățimea albiei)

2.4.4. Analiza variației nivelurilor în funcție de factorii meteorologici

Evoluția nivelurilor este strâns legată de o serie de factori ca: precipitațiile, temperatura aerului și fenomenele de îngheț.

Ținând seama de interdependența dintre factorii hidrologici și cei meteorologici, se urmărește pe grafice dacă nivelurile concordă cu variația precipitațiilor, a temperaturii aerului, a fenomenelor de îngheț etc. Astfel, nivelul crește datorită căderii precipitațiilor sub formă de ploi sau datorită topirii zăpezilor. Caracteristic perioadelor cu viituri de primăvară este și efectul combinat dintre precipitațiile înregistrate și cedarea apei din stratul de zăpadă – în analiza acestor viituri trebuie să fie luat în calcul și stratul de zăpadă existent în bazin, dar și informațiile pe care le poate furniza hidrometrul (se vede zăpadă pe versant sau în văile din bazin și în locurile umbrite).

Toate aceste informații suplimentare vor fi precizate în fișa de caracterizare a materialului hidrometric din fiecare studiu.

În privința influenței precipitațiilor asupra creșterii nivelurilor, se au în vedere atât precipitațiile de la stația hidrometrică respectivă, cât și cele căzute pe bazinul hidrografic situat amonte de aceasta.

De asemenea, cu ajutorul graficelor de niveluri succesive, se urmărește concordanța pe ansamblul bazinului dintre evoluția fenomenelor de îngheț (începutul, durata, sfârșitul), variațiile temperaturii aerului și ale nivelului apei.

2.4.5. Analiza nivelurilor pe faze de regim

Analiza graficelor de niveluri la stațiile succesive se bazează pe faptul că există o concordanță (o corespondență) în ceea ce privește: începutul și propagarea unei unde de viitură, începutul și sfârșitul perioadelor cu fenomene de îngheț, începutul și sfârșitul unei perioade de ape mici și, în general, o concordanță a fazelor de regim pe ansamblul bazinului.

De exemplu: se consideră trei stații hidrometrice succesive (din amonte spre aval, situate pe același curs de apă), A, B și C; se analizează stația hidrometrică B (Figura 3) pe baza stațiilor A și C. Se constată că la stația B lipsește o a doua viitură, aceasta fiind înregistrată la stațiile A și C, în aceeași perioadă de timp. Se va face o analiză amănunțită asupra cauzelor care au condus la situația prezentată.

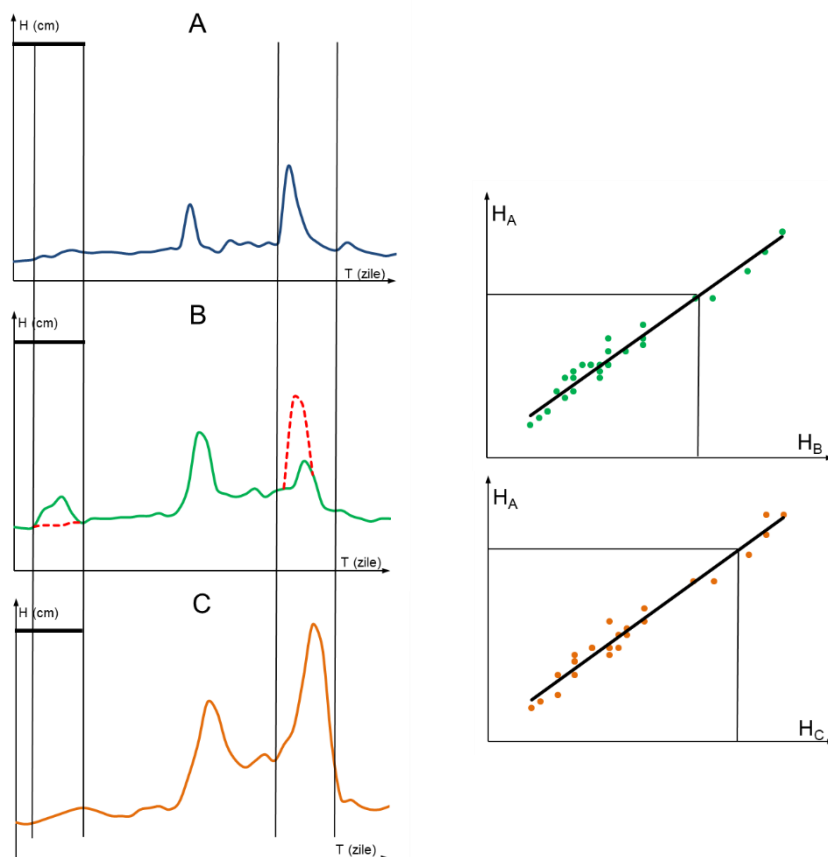


Figura 3. Grafice pentru analiza nivelurilor pe faze de regim, la stații hidrometrice succesive, situate pe același curs de apă, din amonte spre aval: A, B, și C

Situații similare se pot observa și în perioada cu fenomene de îngheț: la stația hidrometrică B se remarcă o perioadă cu creșteri de niveluri, care nu se regăsește la stațiile hidrometrice A (din amonte) și C (din aval) (Figura 3). Acest fapt poate fi explicat prin observațiile asupra fenomenelor de îngheț, dacă fenomenele s-au petrecut în sectorul stației. Dacă fenomenele s-au produs în aval de aceasta, trebuie să se țină cont de toate observațiile, pentru calculul corect al debitelor din perioada de iarnă (evaluarea corectă a coeficienților de corecție etc.).

Analiza nivelurilor pe baza fazelor de regim poate conduce la evidențierea unor influențe de remuu și ale unor accidente din albie ca: surpări de maluri, schimbări de albie, viituri și altele.

2.4.6. Analiza nivelurilor pe baza corelațiilor

Corelațiile de niveluri se pot întocmi și analiza grafic și analitic folosind mijloace de elaborare diferite, de la cele clasice, la cele automate/semi-automate.

Foarte utile în analiza nivelurilor, prin caracterul lor intuitiv, sunt graficele de corelație între nivelurile apei din perioade comune de observații de la stații apropiate, cu bazine analoage. Acestea permit evidențierea de neconcordanțe în variația nivelurilor și eventualele erori la observarea sau înregistrarea nivelurilor și reprezintă o metodă de reconstituire (aproximativă) a unor niveluri lipsă sau dovedit eronate (Figura 4).

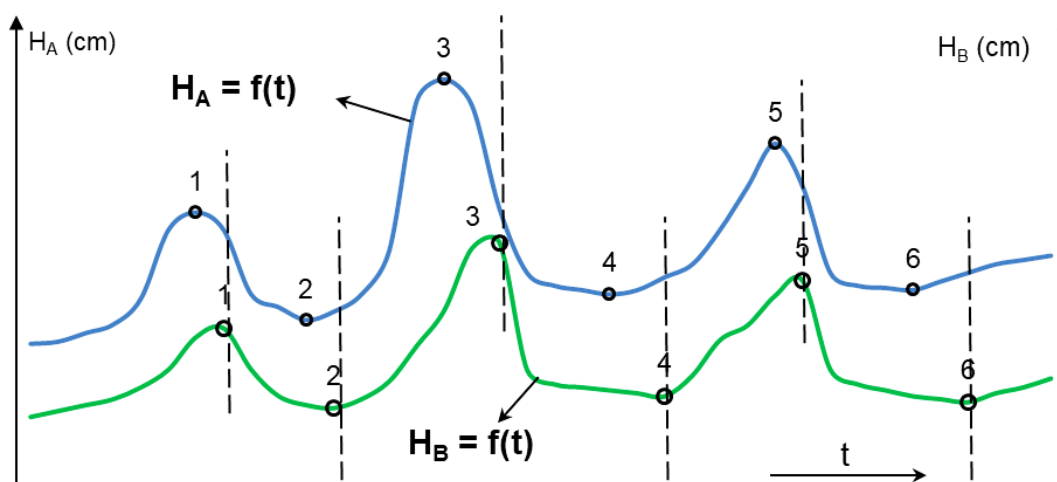


Figura 4. Grafice cronologice cu nivelurile corespondente de la stații hidrometrice apropiate, cu bazine hidrografice analoage din punct de vedere fizico-geografic

Corelațiile de niveluri au importanță practică pentru asigurarea continuității la schimbarea amplasamentului unei stații, cu condiția să existe o perioadă comună de observații (pe un ecart cât mai mare de niveluri) în ambele amplasamente. La întocmirea corelațiilor se folosesc niveluri instantanee corespondente când se urmărește analiza nivelurilor din anumite faze de regim, ca de exemplu a nivelurilor maxime/minime.

Cu ajutorul datelor de producere a acestor niveluri, se pot determina timpii de propagare a viiturilor/apelor mari și timpii de propagare medii.

Dacă timpii de propagare medii sunt mai mici de 6 ore se vor putea folosi pentru corelații nivelurile medii zilnice din aceleași zile. Dacă timpii de propagare sunt mai mari de 24 ore, se pot folosi nivelurile medii zilnice cu decalaj de o zi etc.

Pentru orice corelație trebuie să se precizeze ce date sunt folosite (instantanee, medii zilnice etc.), ce decalaj de timp a fost luat în considerare și care este perioada pentru care a fost realizată corelația. Notările acestor elemente se fac pe graficele de corelație și sunt însoțite de expresia analitică a corelației.

Corelațiile sunt cu atât mai utile pentru scopurile arătate, cu cât ele sunt mai strânse, iar punctele corelației sunt mai apropiate de o linie curbă sau dreaptă trasată printre puncte (aproximativ prin centrul de greutate al norului de puncte). O corelație este reală atunci când punctele ei, luate în ordine cronologică, se situează față de curba sau dreapta trasată, de o parte sau de alta, fără nici o regulă. O asemenea corelație se consideră în general utilă dacă mai mult de 80-90% din totalul punctelor de corelație se situează, pe direcția de condiționare necesară, cu abateri mai mici de 10-20% față de curba sau dreapta trasată.

Sunt însă situații în care dispersia punctelor corelației este mare. Dacă verificarea așezării punctelor în ordine cronologică arată că nu este vorba de o corelație, atunci aceasta nu poate fi utilă pentru scopurile urmărite.

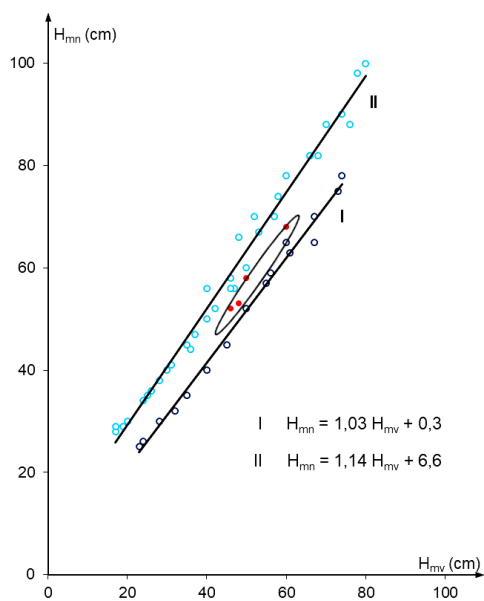
Dacă însă la analiza așezării punctelor în ordine cronologică se constată o așezare a lor în două sau mai multe grupe (domenii) atunci înseamnă că fiecare grupă (domeniu) trebuie tratată (tratat) în mod distinct, stabilindu-se două sau mai multe linii curbe sau drepte, fiecare din ele fiind valabilă pentru câte o perioadă distinctă (ca în cazul din Figura 5). În acest caz, fiecare dintre corelațiile precizate pe perioade poate fi utilă pentru respectivele perioade dacă punctele respective sunt acceptabil dispersate. Se impune însă să se analizeze ce a determinat trecerea de la o perioadă la alta.

De exemplu, pentru corelația cu două perioade din Figura 5 este posibil ca în perioada II (21.VII – X) față de perioada I (1.V – 13.VII) să se fi produs fie o creștere generală de niveluri la mira H_2 fie o descreștere generală de niveluri la mira H_1 . Aceste creșteri sau descreșteri generale se pot datora: construcțiilor și amenajărilor hidrotehnice (ex.: ridicări/adânciri la unul dintre piloții mirei), fenomenelor naturale (în principal procese de albie: colmatări puternice la mira nouă sau eroziuni puternice la mira veche), deplasărilor pe verticală ale mirelor etc.

În general, analiza nivelurilor pe bazine cu ajutorul corelațiilor conduce la rezultate utile pentru evidențierea de neconcordanțe și eventuale erori în observații datorate celor mai diverse cauze (fenomene naturale, erori instrumentale, lucrări în albie, folosirea apelor etc.) și de asemenea, face posibilă reconstituirea unor date lipsă și corectarea unor date incerte. Sunt recomandate corelațiile întocmite pe o aceeași perioadă între nivelurile de la trei stații care îndeplinesc condiția de a controla bazine hidrografice analoage.

Asemenea corelații permit precizarea legăturilor liniare, pentru ca pornind de la H_A să se ajungă la același H_A după ce se trece succesiv prin corelațiile H_A-H_B , H_B-H_C și H_C-H_A . Deosebit de util în realizarea corelațiilor pentru analiza nivelurilor o constituie întocmirea de corelații multiple.

În cazul mutării unei mire într-un alt amplasament (numai cu acordul INHGA), amplasamentele vechi și noi se vor trata distinct (ca două stații diferite). Continuitatea între mire se va asigura cu ajutorul unei corelații între nivelurile citite în cele două amplasamente într-o perioadă comună în care nivelul apei să aibă un ecart de variație cât mai larg. Dacă o asemenea corelație de niveluri nu poate fi obținută (la vechiul amplasament se realizează o construcție hidrotehnică, un pod etc.), atunci continuitatea hidrografului scurgerii se realizează cu ajutorul debitelor de apă zilnice calculate în modul obișnuit la fiecare din cele două amplasamente.



Perioada I: 1.V – 13.VII

Perioada I → II: 14.VII – 20.VII – punctele de culoare roșie, încercuite pe grafic marchează trecerea de la o fază la alta

Perioada II: 21.VII – X

Perioada	Data	Nivelul apei (cm)		Perioada	Data	Nivelul apei (cm)	
		Mira nouă (H _{mn})	Mira veche (H _{mv})			Mira nouă (H _{mn})	Mira veche (H _{mv})
I	2.IV	40	40	II	1.VIII	82	66
	4.IV	35	35		2.VIII	70	52
	6.IV	32	32		3.VIII	100	80
	17.IV	63	61		4.VIII	82	66
	21.IV	45	45		6.VIII	88	76
	1.V	52	50		6.VIII	98	78
	3.V	59	56		11.VIII	74	58
	5.V	65	67		12.VIII	78	60
	8.VI	30	28		13.VIII	70	57
	10.VI	26	24		15.VIII	67	53
	12.VI	25	23		17.VIII	56	47
	24.VI	57	55		21.VIII	47	37
	9.VII	75	73		22.VIII	44	36
	12.VII	65	60		24.VIII	45	35
	12.VII	78	74		26.VIII	41	31
	13.VII	70	67		27.VIII	40	30
	14.VII	68	60		30.VIII	36	26
	16.VII	58	50		2.IX	38	28
	18.VII	52	46		4.IX	35	25
19.VII	53	48	5.IX	34	24		
II	22.VII	58	46	12.IX	29	19	
	23.VII	56	40	15.IX	28	17	
	25.VII	66	48	17.IX	60	50	
	31.VII	82	68	17.IX	88	70	
				18.IX	90	74	
				20.IX	56	46	
				2.X	52	42	
			4.X	50	40		
			18.X	30	20		
			24.X	29	17		

Figura 5. Grafic de corelație în cazul schimbării mirei hidrometrice în altă secțiune (în tabel sunt prezentate nivelurile apei de la cele două amplasamente ale mirelor, care au stat la baza trasării dreptelor de regresie și a determinării ecuațiilor acestora)

2.5. Întocmirea fișei cu valori de niveluri ale apei medii zilnice și caracteristice lunare și anuale

Prelucrarea nivelurilor se bazează pe datele observate de hidrometru după limnigrame sau după datele de la stația automată și se poate realiza prin metode clasice (pe hârtie milimetrică și calcule specifice) sau utilizând programe de calcul specializate (aplicații informatice furnizate de INHGA).

2.5.1. Metode de calcul al nivelurilor medii zilnice

În calculul nivelului mediu zilnic se vor lua în considerare, pe lângă valorile observate la orele standard (06:00 și 18:00) și nivelurile de la începutul și sfârșitul măsurătorilor de debit de apă efectuate în ziua respectivă, nivelurile înscrise cu prilejul recoltării probelor de aluviuni în suspensie și citirile suplimentare efectuate în perioadele cu ape mari.

Calculul nivelurilor medii zilnice se poate face prin metoda clasică (manual) sau utilizând aplicații informatice.

Metodele clasice (manuale) de calcul al nivelurilor medii zilnice sunt: metoda analitică, metoda grafo-analitică și metoda grafo-mecanică.

Metoda analitică. Calculul nivelului mediu zilnic prin metoda analitică constă în efectuarea mediei aritmetice a tuturor valorilor observate/înregistrate în ziua respectivă.

Această metodă se aplică atât în cazul în care în ziua respectivă s-au făcut doar două observații de nivel, cât și în cazul în care au fost mai multe citiri, dar amplitudinea variației zilnice este sub 10% din amplitudinea variației anuale, indiferent de felul variației zilnice.

Metoda grafo-analitică. Calculul nivelului mediu zilnic prin metoda grafo-analitică se aplică în cazul în care în ziua respectivă s-au efectuat mai multe observații de niveluri, cu o amplitudine zilnică mai mare de 10% din amplitudinea anuală.

Metoda constă în:

- construirea graficului $H = f(T)$, în care pe ordonată se reprezintă nivelurile H (cm) citite la diferite ore (valori instantanee), iar pe abscisă se reprezintă timpul T (ore). De asemenea, pentru acoperirea celor 24 ore, pe grafic se reprezintă și ultima citire din ziua anterioară și prima citire din ziua următoare.
- extragerea valorilor orare ale nivelurilor de pe grafic din două în două ore și realizarea mediei aritmetice a acestora.

Metoda grafo-mecanică. Metoda grafo-mecanică se aplică în aceleași condiții ca și metoda grafo-analitică și folosește același grafic de variație a nivelurilor, construit prin interpolarea valorilor.

Calculul grafo-mecanic al nivelului mediu zilnic constă în planimetrarea suprafeței graficului de variație zilnică a nivelurilor, raportat la durată sau reducerea graficului la figuri geometrice ale căror suprafețe pot fi determinate prin formule. Valoarea rezultată reprezintă nivelul mediu din ziua respectivă.

O metodă mai rapidă pentru calculul nivelurilor medii zilnice, indiferent dacă este vorba de nivelurile citite de hidrometru la miră sau de cele înregistrate la limnigraf/stații automate, este utilizarea aplicației informatice HIDROL (prezentată în capitolul 9).

*

* *

În urma prelucrării observațiilor asupra nivelurilor apei se întocmește fișa de valori ale nivelurilor apei medii zilnice și caracteristicile lunare și anuale, care se introduce în studiul hidrometric anual (Tabelul 6).

Prelucrarea nivelurilor medii zilnice se face utilizând una dintre metodele descrise în continuare sau utilizând aplicațiile informatice dezvoltate de INHGA, cu specificarea metodei aplicate în *Fișa de sinteză*.

Fișa de niveluri cuprinde valorile medii zilnice, caracteristicile lunare (medii, maxime și minime) și caracteristicile anuale (media, maxima și minima), raportate față de planul „zero miră”. Pe fișa de niveluri se mai notează:

- nivelul de la măsurătorile de debit din zilele respective, cu culoare roșie, în stânga nivelului mediu zilnic;
- fenomenele de îngheț conform simbolurilor prezentate în Tabelul 7. Acestea se înscriu în stânga valorilor de nivel. Dacă într-o zi există mai multe fenomene de iarnă, se va trece fenomenul cu cea mai mare influență asupra scurgerii.

Tabelul 6. Exemplu de fișă cu valori de niveluri ale apei medii zilnice și caracteristice lunare și anuale

FIȘA CU VALORI ALE NIVELURILOR APEI MEDII ZILNICE ȘI CARACTERISTICE LUNARE ȘI ANUALE

Lună Zi	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
1	54	57	170	97	63	57	63	52	44	46	51	59	70	68
2	60	58	63	57	63	51	55	44	46	50	58	65	65	65
3	60	60	62	57	63	50	55	43	46	50	58	65	65	65
4	60	60	62	57	63	50	55	43	46	50	58	66	66	66
5	60	60	62	57	62	50	55	43	45	50	58	67	67	67
6	60	60	64	63	60	48	55	53	45	50	57	67	67	67
7	61	60	66	69	64	61	51	42	45	50	57	67	67	67
8	63	62	65	59	48	48	50	42	44	50	57	67	67	67
9	64	62	63	58	63	46	50	42	44	51	58	67	67	67
10	65	66	65	58	63	46	50	42	45	53	59	67	67	67
11	67	65	62	57	63	46	48	42	45	56	59	67	67	67
12	68	66	62	57	63	45	48	42	45	64	59	67	67	67
13	68	66	61	57	62	45	48	42	45	68	59	67	67	67
14	68	67	60	57	62	45	47	42	45	69	60	67	67	67
15	68	66	60	59	62	44	48	42	46	69	60	67	67	67
16	64	65	60	63	62	78	48	41	47	69	60	67	67	67
17	57	65	60	61	62	61	48	41	48	69	60	67	67	67
18	55	54	65	59	60	52	48	47	48	69	60	67	67	67
19	51	65	58	65	60	49	48	50	48	69	60	67	67	67
20	51	63	58	65	60	48	47	50	48	69	60	67	67	67
21	53	62	57	65	60	48	47	50	47	68	59	67	67	67
22	53	62	57	65	60	50	46	50	46	68	59	67	67	67
23	53	62	57	64	60	48	46	50	46	68	59	67	67	67
24	53	65	57	63	58	48	46	48	47	68	60	67	67	67
25	53	65	57	63	58	48	46	48	47	66	65	67	67	67
26	52	65	56	63	58	190	122	46	48	59	62	67	66	67
27	52	65	56	63	56	65	45	47	48	59	69	66	66	66
28	52	65	63	63	55	50	45	47	48	58	84	65	65	65
29	52	65	65	63	54	48	45	46	50	58	110	94	65	65
30	51	60	60	63	54	55	44	46	51	59	82	65	65	65
31	50	51	57	57	54	53	44	44	46	59	59	65	65	65
Suma	1802	1788	1873	1830	1866	1582	1506	1393	1395	1868	1884	2064	2064	2064
Media	58	64	60	61	60	53	49	45	47	60	63	67	67	67
Maxima	68	170	70	75	63	200	55	50	52	70	110	70	70	70
Data	11-15	1	28	7	1(10)	26	1-6	18-24	29:30	24	29	1	1	1
Minima	50	50	55	57	52	43	44	41	44	50	57	65	65	65
Data	19:20	4-6	26:27	1(11)	31	16	30,31	16(7)	8-10	1-9	5-9	1(9)	1(9)	1(9)
Media anuala					57									
Maxima anuala		200		Data		26 VI								
Minima anuala		41		Data		16 VIII(7)								

Tabelul 7. Simboluri pentru codificarea fenomenelor de îngheț în fișa cu valori ale nivelului apei medii zilnice și caracteristice lunare și anuale

Nr. crt.	Tip fenomen de îngheț	Simbol
1.	Ace de gheață	:
2.	Gheață la maluri (primară, depusă sau evoluată)	(
3.	Gheață de fund	=
4.	Năboi	*
5.	Zăpadă în apă	#
6.	Sloiuri	O
7.	Zăpor	Δ
8.	Pod de gheață continuu	I
9.	Pod de gheață cu ochiuri de apă	Io
10.	Pod de gheață întrerupt	Ii
11.	Pod de gheață suspendat	Is
12.	Pod de gheață ridicat	Ir
13.	Pod de gheață mișcat	Im
14.	Înghețat până la fund	II
15.	Apa curge deasupra gheții	I:
16.	Apa curge deasupra gheții până la fund	II:
17.	Maluri dezghețate)(
18.	Canal dezghețat	^

La întocmirea fișei de niveluri se vor utiliza inclusiv datele de la limnigraf/stația automată, în perioadele în care acestea oferă o precizie mai mare (viituri în timpul nopții, viituri rapide pentru care nu s-au putut obține suficiente citiri suplimentare de către hidrometru etc.).

Dacă din diferite motive datele asupra nivelurilor apei lipsesc și totuși există observații corecte asupra fenomenelor de îngheț, în tabel se trec aceste fenomene.

Fenomenele de îngheț sunt reprezentate în fișe cu ajutorul tastelor de la PC sau a simbolurilor existente în „Insert – Symbol”. Tipurile fenomenelor sunt cele prezentate în „Îndrumar pentru activitatea stațiilor hidrometrice pe râuri” (2014).

Dacă nivelurile lipsesc, de exemplu în perioada de la începutul anului până la înființarea stației sau în perioada de la data desființării stației până la sfârșitul anului, în spațiile libere aferente zilelor respective se trece „.” (punct).

În celulele aferente zilelor de 31 pentru lunile cu 30 zile sau în ziua de 29 februarie (în alți ani decât cei bisecți) nu se înscrie niciun simbol, acestea rămân libere.

Nivelurile medii zilnice se înscriu în fișe zilnic, chiar dacă se repetă, iar pentru nivelurile de la mire așezate în același profil însă pe brațe diferite se întocmesc fișe de niveluri separate.

Nivelurile medii lunare sunt calculate prin medierea nivelurilor medii zilnice din fișă, iar valorile extreme lunare și datele de producere se trec în fișă din carnetul de niveluri, în spațiile rezervate pentru acestea (Tabelul 6).

Nivelul mediu anual se calculează ca media aritmetică a celor 12 medii lunare. Dacă din șirul de medii lunare lipsește o valoare, nu se calculează nivelul mediu anual. Nivelurile maxime și minime anuale se extrag dintre valorile nivelurilor maxime și minime lunare.

Dacă din diferite motive (altele decât fenomenele de secare) lipsesc valori medii zilnice de nivel (și nu pot fi determinate prin metode de reconstituire), nu se calculează nici media, maxima și minima din luna sau lunile respective, nici valorile anuale (medie, maximă și minimă).

Datele de producere și duratele nivelurilor caracteristice lunare (maxime și minime) se vor înscrive după cum urmează:

- dacă valoarea caracteristică a nivelului s-a produs într-o singură zi, se trece numai ziua; de exemplu: 31;
- dacă nivelul caracteristic s-a repetat în doar două zile consecutive, se trec cele două date, despărțite prin semnul „, ”; “ (punct și virgulă); de exemplu: 19;20;
- dacă nivelul caracteristic s-a repetat de mai mult de două ori în cursul aceleiași luni, dar în zile consecutive, se notează datele primei și ultimei zile de producere, despărțite prin cratimă; de exemplu: 8-10;
- dacă nivelul caracteristic s-a produs de două sau mai multe ori în cursul aceleiași luni, dar nu în zile consecutive (cu întreruperi), se notează data primei zile de producere și numărul total de zile în care s-a produs, între paranteze rotunde; de exemplu: 16(7).

Datele de producere și duratele nivelurilor caracteristice anuale (maxime și minime) se vor înscrive după cum urmează:

- dacă valoarea caracteristică a nivelului s-a produs într-o singură zi, se notează numai ziua și luna, cea din urmă cu cifre romane, despărțite de un spațiu; de exemplu: 28 VI;
- dacă valoarea caracteristică a nivelului s-a produs de mai multe ori în cursul anului, se notează data primei produceri (ziua și luna), urmată de numărul total anual de zile în care s-a produs (indiferent dacă acestea au fost consecutive sau nu); de exemplu: 16 VIII(7).

Dacă se utilizează aplicația informatică HIDROL, perioadele/numărul de zile în care se repetă valorile extreme lunare și anuale se vor înscrive manual, după calculul fișei de niveluri în mod automat.

De asemenea, dacă s-au efectuat mai multe măsurători de debit în aceeași zi, nivelurile corespunzătoare acestora se vor înscrive tot manual.

Aceste modificări se vor realiza prin crearea unei copii a foii de calcul.

În cazul în care pe sectorul stației hidrometrice curgerea apei încetează (din cauza apariției fenomenelor de secare: sec, băltire, îngheț total), acestea se vor semnala pe fișa de niveluri după cum urmează:

- în fiecare zi în care nu se înregistrează curgere la cel puțin una din observațiile de la orele standard (sau suplimentare) se va înscrive, după caz, „SEC” pentru secare (curgerea a încetat și nu există apă la miră), „BALT” pentru băltire (curgerea apei a încetat, dar există apă în stagnare la miră), „INGH” pentru îngheț total (curgerea apei a încetat din cauza înghețului apei până la fund, pe toată secțiunea de măsurare) (Tabelul 8);
- dacă fenomenul/fenomenele de secare s-au observat numai pe o perioadă dintr-o lună, nu se calculează media lunară, iar la valorile minime lunare se va înscrive, după caz: „SEC” dacă s-a înregistrat acest fenomen la cel puțin una din observațiile de la orele standard (sau suplimentare), chiar dacă în cursul aceleiași luni s-a înregistrat și băltirea sau înghețul total; „BALT” dacă singurul tip de fenomen de secare din luna respectivă este băltirea apei la miră; „INGH” dacă singurul tip de fenomen de secare înregistrat în luna respectivă este înghețul total; dacă în aceeași lună s-au produs pe diferite perioade și înghețul total și

băltirea apei la miră (dar nu și secarea propriu-zisă), la minima lunară se va înscrie primul fenomen observat;

- dacă fenomenul/fenomenele de secare s-au menținut întreaga lună (nu s-a observat curgere la niciuna din observațiile de la orele standard sau suplimentare), atât la media lunară, cât și la valorile maximă și minimă lunare, se notează, după caz, „SEC” (dacă s-a înregistrat acest fenomen la cel puțin una din observațiile de la orele standard sau suplimentare, indiferent dacă s-a înregistrat și alt tip de secare, respectiv băltire și/sau îngheț total) „BALT” (dacă apa s-a menținut la miră întreaga lună sau a precedat înghețul total) sau „INGH”;
- la valorile anuale nu se va calcula nivelul mediu, iar la nivelul minim se va trece fenomenul sau fenomenele produse, utilizând aceleași notații („SEC”, „BALT”, „INGH”): dacă de-a lungul unui an nu se înregistrează scurgere în secțiunea mirei la niciuna din orele de observație standard și suplimentare, la valoarea maximă anuală se va înscrie, după caz, „SEC” sau „SEC, BALT” (dacă s-au înregistrat ambele tipuri de fenomene).

La apariția fenomenului de băltire, în fișa de sinteză și în carnetul de niveluri trebuie specificat nivelul sau nivelurile de la care apa nu mai curge, ci bălțește.

Observațiile suplimentare asupra nivelurilor se trec în fișa *Date de sinteză – debite de apă*, la punctul 6. *Observații suplimentare*, astfel:

- factori care au influențat variația normală a nivelului apei și perioadele în care aceste variații s-au produs (zăpor, remuu, deplasări de sloiuri, vegetație acvatică etc.);
- perioadele pentru care, din cauza lipsei observațiilor/înregistrărilor, s-au realizat interpolări și corelații pentru completarea șirului de date medii zilnice. Se fac referiri și la perioadele în care, din diverse motive hidrometrul nu a făcut citiri sau măsurători, șirul fiind completat după stația automată și/sau după măsurătorile efectuate de personalul stației hidrologice;
- perioadele pentru care, datorită mutării amplasamentului stației hidrometrice, s-au făcut observații și măsurători comune.

Tabelul 8. Exemplu de fișă cu valori de niveluri ale apei medii zilnice și caracteristice lunare și anuale în cazul producerii fenomenelor de secare pe sectorul stației hidrometrice

FIȘA CU VALORI ALE NIVELURILOR APEI MEDII ZILNICE ȘI CARACTERISTICE LUNARE ȘI ANUALE

Lună Zi	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	I	118	:	128	127	125	128	118	SEC	121	120	134
2	I	118	:	128	128	124	118	118	SEC	118	120	146
3	I	118	:	128	130	126	116	117	SEC	BALT	120	147
4	I	120	li	127	: 151	128	123	116	SEC	BALT	120	138
5	I	123	:	126	140	126	122	115	SEC	BALT	120	131
6	I	122	:	126	:	135	124	125	SEC	BALT	120	130
7	I	120	li	126	:	132	119	123	SEC	BALT	120	128
8	I	119	li	126	:	130	118	121	SEC	BALT	120	128
9	I	118	I	126	:	129	118	120	SEC	124	123	126
10	I	129	I	126	:	128	118	120	SEC	130	123	125
11	I	144	I	126	127	122	118	120	SEC	129	126	125
12	li	140	I	125	126	121	118	119	SEC	131	124	125
13	li	141	I	124	126	121	118	117	SEC	130	122	124
14	li	134	I	124	126	120	118	128	SEC	129	121	124
15	li	130	I	125	126	120	124	117	SEC	125	120	123
16	li	128	I	119	125	119	130	117	SEC	120	120	122
17	li	127	li	INGH	125	120	118	115	SEC	121	120	122
18	lo	128	li	INGH	124	124	117	115	SEC	124	120	122
19	lo	131	li	INGH	124	124	116	123	SEC	124	120	121
20	*	139	li:	124	124	122	117	123	SEC	125	120	120
21	*	141	li:	123	124	121	122	126	SEC	128	121	120
22	138	138	li:	120	124	120	119	123	BALT	125	161	153
23	136	121	:	124	124	120	122	123	BALT	124	174	169
24	134	126	:	124	119	119	128	120	BALT	123	150	121
25	132	127	:	124	124	123	121	122	BALT	120	133	121
26	130	130	:	124	124	118	127	126	BALT	120	130	120
27	128	126	124	118	118	128	219	124	BALT	121	132	120
28	128	128	:	124	124	118	271	121	BALT	122	137	139
29	128	128	:	126	126	119	196	120	SEC	126	135	121
30	128	128	:	125	123	123	163	119	SEC	125	135	120
31	128	128	:	124	124	146	146	120	SEC	120	118	120
Suma	3995		3940	3653	4123	3722					3813	3887
Media	129		127	122	133	124					127	125
Maxima	148	128	152	128	288	148	130	138	128	135	176	155
Data	12	1	4	4	28	17	14	21	29	13	23	2
Minima	118	INGH	124	118	116	116	BALT	SEC	SEC	BALT	120	120
Data	1	17-19	17	26	19	15	6(21)	1(25)	1-26	3-8	1	20
Media anuala												
Maxima anuala			288	Data		28 V						
Minima anuala			INGH, BALT, SEC	Data		17 II(81)						

CAPITOLUL 3. PRELUCRAREA PROFILELOR ȘI A PANTELOR

În realizarea studiului hidrometric anual sunt necesare o serie de elemente determinate în secțiunea transversală de măsurare (în secțiunea mirei sau în alte secțiuni pentru ape mici/mari) sau pe sectorul de râu aferent acesteia (ridicări de pante la suprafața apei, în plan longitudinal), de unde rezidă importanța ridicărilor topografice și necesitatea realizării acestora cu rigurozitate.

Ridicările topografice se referă la ansamblul lucrărilor efectuate pe teren și la birou în vederea obținerii unui profil. Orice ridicare topografică trebuie executată pe baza unei rețele geodezice de sprijin, în care se încadrează în final. În România, începând cu anul 1971, toate lucrările geodezice, topografice, fotogrammetrice și cartografice se execută în „sistem de proiecție stereografică 1970”. Așadar, ridicările topografice trebuie efectuate în sistemul rețelei de sprijin geodezice naționale, creată separat pentru planimetrie și pentru altimetrie. Uneori, în cazul ridicărilor topografice locale, măsurătorile se bazează pe rețele de sprijin locale, care se integrează ulterior în rețeaua geodezică națională.

3.1. Profile transversale

Profilele transversale se trasează periodic, cu ajutorul aparatului topografic (nivelă, teodolit, stație totală sau GPS), pentru un ecart cât mai mare de variație a nivelului apei și cel puțin până la nivelul corespunzător nivelului maxim istoric sau până la nivelul cotei de pericol (dacă aceasta este superioară nivelului maxim istoric) în secțiunea stației hidrometrice.

Ridicarea topografică pentru realizarea profilului transversal se face cel puțin:

- după terminarea perioadei cu fenomene de îngheț;
- după fiecare viitură;
- după o perioadă de secetă prelungită;
- ori de câte ori se produc modificări pe sectorul aferent stației hidrometrice (ex. prăbușiri de maluri, alunecări de versanți, lucrări în albie etc.).

Precizări privind ridicarea topografică a profilelor transversale:

- în cazul în care există două profile de măsurare, profilul mirei și profilul pentru ape mari excepționale (de regulă la un pod sau unde există porțiță pe flotori etc.), este obligatorie ridicarea ambelor profile.
- dacă în situația apelor mari sau a viiturilor, prin profilul mirei nu trece toată apa, este necesară ridicarea unui alt profil în zonă (amonte/aval de secțiunea mirei), dar fără a exista aport lateral de apă și în care să se concentreze tot volumul de apă tranzitat la miră.

Reprezentarea grafică a profilelor transversale se realizează la birou și constituie o piesă importantă a studiului hidrometric anual. Aceasta poate fi realizată clasic, pe hârtie milimetrică sau utilizând programe (*software*) de calcul sau desen tehnic. Indiferent de metoda de realizare a reprezentării grafice, aceasta va fi introdusă în studiul hidrometric conform modelului prezentat în Figura 6.

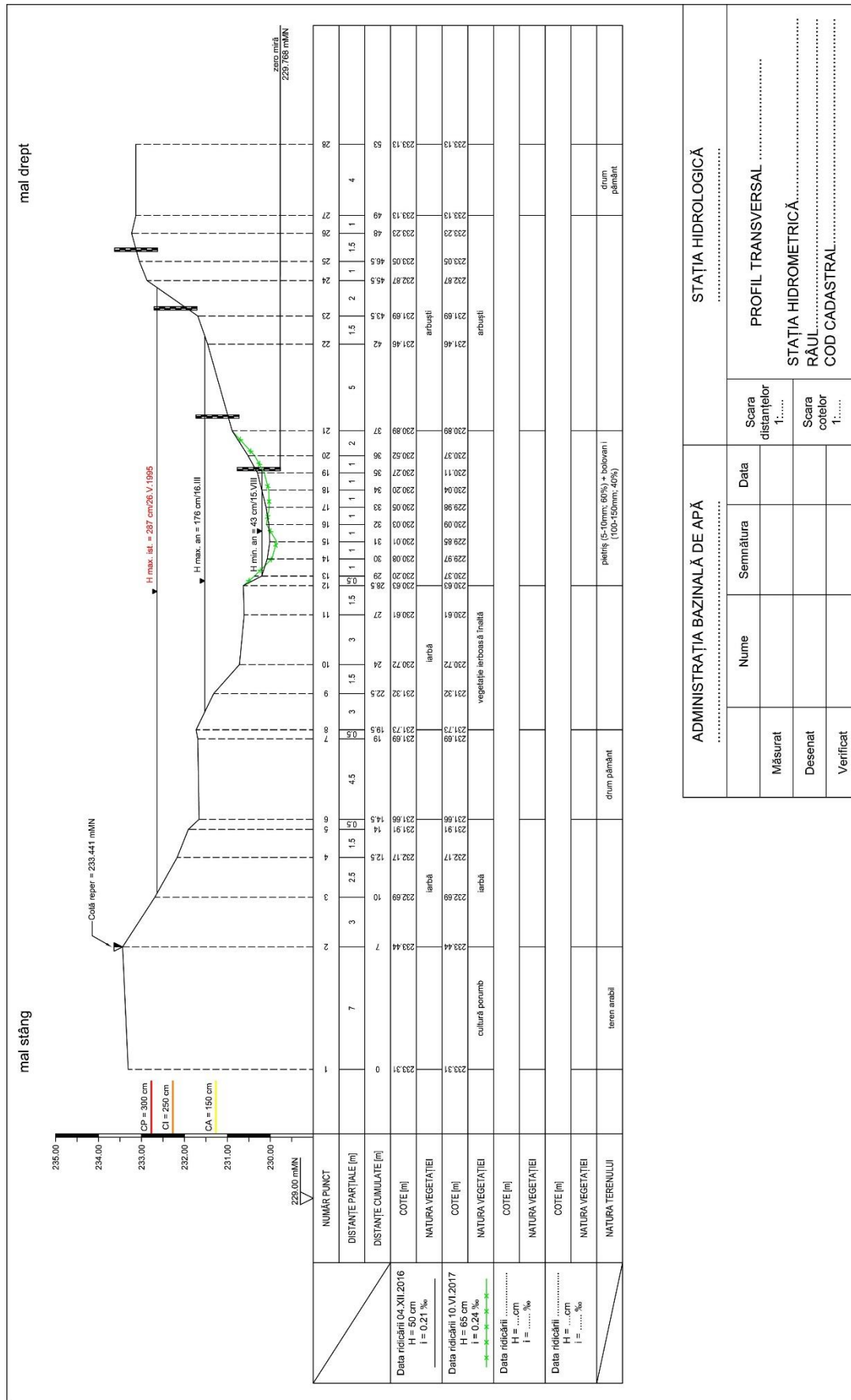


Figura 6. Reprezentarea grafică a profilului transversal ridicat în secțiunea mării unei stații hidrometrice

Profilul transversal este o reprezentare grafică de mare importanță în hidrologie, în general, și în prelucrarea datelor hidrometrice, în special, datorită elementelor sale caracteristice: lățimea oglinzii apei, suprafața secțiunii de apă, adâncimea medie, adâncimea maximă, perimetrul udat, raza hidraulică (toate acestea vor fi detaliate în capitolele care urmează). În plus, ridicarea succesivă de profile transversale în aceeași secțiune permite urmărirea și analiza evoluției morfologice a albiei, fapt ce poate fi corelat cu alte elemente/date prelucrate (ex.: succesiunea ramurilor de cheie limnometrică și alura acestora).

La fiecare ridicare de profile transversale se va face și verificarea tuturor piloților mirei hidrometrice, inclusiv a cotei „zero miră”.

Elementele notate odată cu reprezentarea grafică a fiecărui profil sunt:

- râul și stația hidrometrică;
- specificația poziției profilului (la miră, amonte/aval de miră pentru măsurători de debite la ape mari etc.);
- scările axelor (pentru distanțe și cote);
- cine a ridicat, desenat și verificat profilul;
- nivelul apei și panta suprafeței apei la fiecare ridicare;
- nivelul maxim și minim în anul ridicării profilului (înscrise după încheierea anului);
- natura terenului (conform curbelor granulometrice sau prin observații vizuale asupra patului albiei, după caz; în procente);
- natura vegetației;
- cotele punctelor de nivelment al profilului;
- cotele de apărare (CA, CI, CP);
- distanțele parțiale dintre puncte;
- distanțele cumulate.

Pe profilul transversal trebuie figurate și:

- instalația de miră și limnigraf;
- instalații de măsurare a debitelor lichide și solide (punte hidrometrică, construcții de cablu pentru bărci sau portite cu flotori, cărucioare funiculare);
- cabina pentru materiale;
- alte elemente care pot influența curgerea (vegetație, construcții ș. a.).

3.1.1. Aspecte de care trebuie să se țină cont la reprezentarea grafică a profilului transversal

Scara reprezentării profilului topografic este raportul constant dintre distanța orizontală d măsurată în plan și corespondența sa D de pe teren. Ambele valori, d și D , trebuie să fie exprimate în aceeași unitate de măsură.

Scara planului trebuie aleasă astfel încât să reproducă cât mai fidel alura terenului și poate să fie diferită pentru distanțe și cote, fără a exagera scara cotelor.

Scara desenului va fi exprimată printr-un raport numeric $1:n$ atât pentru distanțe, cât și pentru cote (ex. 1:5, 1:50, 1:100 etc.). Numitorul scării n arată de câte ori sunt micșorate pe reprezentarea grafică proiecțiile orizontale D ale liniilor de pe teren.

Relația matematică a scării numerice se poate scrie sub forma:

$$\frac{d}{D} = \frac{1}{n}$$

Cu această formulă se pot rezolva o serie de probleme tehnice, utilizând relații derivate:

- determinarea corespondentului pe teren D a unei distanțe d măsurată pe plan sau hartă:

$$D = d \times n$$

- reducerea la scară a unei distanțe D de pe teren:

$$d = \frac{D}{n}$$

- determinarea scării, dacă se cunoaște d de pe plan sau hartă și omoloaga sa de pe teren:

$$n = \frac{D}{d}$$

Exemplu privind semnificația scării:

1:50 – unui mm de pe plan (sau hartă) îi corespund 50 mm din teren/unui cm de pe plan (sau hartă) îi corespund 50 de cm din teren;

1:200 – unui cm de pe plan (sau hartă) îi corespund 200 cm din teren (sau 2 m din teren).

Pe parcursul unui an calendaristic se ridică mai multe profile transversale care vor fi reprezentate pe același plan, așadar se va folosi aceeași scară pentru acestea. Reprezentarea fiecărui profil se poate simboliza:

- cu markeri și tipuri de linii diferite: linie continuă (pentru profilul transversal din anul anterior), linie punctată pentru primul profil din anul prelucrării, linie cu cerculețe pentru al doilea profil etc.;
- prin culori diferite pentru fiecare profil (negru se folosește doar pentru profilul transversal din anul anterior).

Fiecare simbol va fi marcat în partea stângă, în tabelul care însoțește reprezentarea grafică, pentru fiecare profil, sub pantă, conform modelului din Figura 6.

Ridicarea și raportarea profilelor transversale la miră, pentru măsurători de debite, pentru întocmirea de jurnale de miră etc., se efectuează conform îndrumărilor de specialitate (Topografie și desen tehnic, 1979, Hidrometrie-manual pentru școlile postliceale, 1970).

Elementele care trebuie figurate pe reprezentarea grafică a profilului/profilelor transversale sunt:

- Ultimul profil transversal din anul precedent; acesta va fi singurul profil care va fi simbolizat cu linie continuă neagră;
- Pe ordonată (axa y/verticală) se reprezintă cotele absolute față de reper zero Marea Neagră (mMN), Marea Adriatică (mMA), Marea Baltică (mMB);
- Pe abscisă (axa x/orizontală) se reprezintă distanțele în metri (m);
- Poziția malului stâng va fi considerat în partea stângă a planului, iar poziția malului drept pe partea dreaptă a acestuia;
- Se marchează poziția planului „zero” miră și se scrie cota absolută corespunzătoare acestuia față de reperul de raportare - zero Marea Neagră (mMN), respectiv Marea Adriatică (mMA), Marea Baltică (mMB);

- Se figurează poziția mirelor conform cotelor acestora din teren;
- În partea stângă, pe ordonată (pe interior) se înscriu cotele de atenție, inundație și pericol. Acestea se trec în cote relative față de planul „zero miră” (în cm), folosindu-se culorile standard (CA – galben, CI – portocaliu și CP – roșu);
- Se reprezintă nivelul maxim istoric înregistrat cu culoarea roșie după formatul $H_{\max \text{ ist}} = \dots \text{ cm/zz II aaaa}$ (ex.: $H_{\max \text{ ist}} = 287 \text{ cm}/26 \text{ V } 1995$); linia corespunzătoare nivelului maxim istoric se va închide la maluri;
- Se reprezintă nivelul maxim și minim anual cu negru după formatul $H_{\max \text{ an}} = \dots \text{ cm/zz II}$ (ex.: $H_{\max \text{ an}} = 176 \text{ cm}/16 \text{ III}$); la fel se procedează și în cazul $H_{\min \text{ an}}$; linia corespunzătoare nivelului maxim și minim anual se va închide la maluri;
- Se reprezintă reperul/reperii cu simbol caracteristic pe plan, dar se va înscrie și cota reperului față de cota reper zero. În cazul în care reperul nu este cuprins în aliniamentul profilului transversal, pe plan se va nota în partea stângă, pe ordonată, cota absolută a reperului. De asemenea dacă în aliniamentul profilului transversal există reperi de nivelment sau borne se vor reprezenta pe plan împreună cu cota corespunzătoare acestora.

Nivelurile apei precizate pe reprezentarea grafică ($H_{\max \text{ ist}}$, $H_{\max \text{ an}}$, $H_{\min \text{ an}}$) vor fi raportate la cotele absolute, dar vor fi notate și nivelurile raportate la planul de referință „zero miră” (în cm), conform modelului din Figura 6.

Completarea tabelului:

- Număr punct: se numerotează fiecare punct măsurat în teren; atât măsurarea punctelor cât și numerotarea lor începe de pe malul stâng spre malul drept, primul punct primind cifra 1;
- Distanțe parțiale: distanța dintre două puncte consecutive, exprimată în metri;
- Distanțe cumulate: reprezintă suma distanțelor parțiale, exprimată în metri;
- Cote: se completează pentru fiecare punct cota absolută în metri față de cota reper zero;
- Natura vegetației: în timpul măsurătorilor în teren se acordă o atenție deosebită vegetației ce se găsește pe toată lățimea secțiunii măsurate (albie minoră și albie majoră). Aceasta se notează pentru fiecare profil transversal reprezentat pe plan. Pe porțiunile în care vegetația lipsește, spațiul aferent rămâne necompletat (excepție fac terenurile arabile pentru care se specifică cultura existentă pe acestea la momentul ridicării topografice);
- Natura terenului: se scrie tipul de aluviuni (ex.: nisip, pietriș, prundiș etc., sau combinații ale acestora: nisip+pietriș) sau tipul de amenajare (ex: drum de pământ/asfalt/piatră spartă, dig pământ/beton, gabioane etc.). Pentru albia minoră se specifică diametrul particulelor, din curbele granulometrice în cazul stațiilor hidrometrice care au prevăzută această activitate în programul de activitate, iar dacă nu, se va preciza după observații vizuale. După precizarea diametrului particulelor se va specifica și proporția acestora. Însemnările se trec după formatul: tip particulă (diametru mm; proporția %), ex.: pietriș (30-40 mm; 60%)+bolovăniș (70-120 mm; 40%);
- Pentru fiecare profil transversal, în partea stângă a tabelului se notează data ridicării topografice în formatul zz.ll.aaa (luna se trece cu cifre romane, ex.:04.XII.2016), nivelul apei la momentul ridicării profilului (exprimat în cm), panta la fața apei în promile (‰) și simbolul cu care se identifică profilul în reprezentarea grafică.

Completarea indicatorului (cartușului):

- Administrația Bazinală de Apă;
- Stația hidrologică;

- Denumirea stației hidrometrice, a cursului de apă pe care se află aceasta și codul cadastral al cursului de apă;
- Denumirea profilului transversal, în care va fi specificată poziția acestuia față de miră (ex: Profil transversal la miră; Profil transversal pentru ape mari; Profil transversal 10 m aval de secțiunea mirei; Profil transversal la pod rutier situat 200 m amonte de secțiunea mirei);
- Se vor nota scările numerice la care s-a desenat/reprezentat profilul/profilele transversale, sub formă de raport (1:n);
- Se completează informații privind persoanele care au măsurat, desenat, verificat împreună cu semnătura și data realizării activității.

3.2. Stabilirea și controlul planului „zero miră”

3.2.1. Definirea planului „zero miră”

Planul „zero miră” este un plan orizontal fix, de referință, care „trece” prin gradația „zero miră” și față de care se raportează nivelul apei măsurat la miră (în cm). În cazul aparaturii înregistratoare (limnigraf, stația automată etc.), nivelurile vor fi raportate tot la „zero miră” (cota zero a aparatului va coincide cu cota „zero miră”).

Pentru păstrarea continuității temporale în măsurarea nivelurilor apei este important ca planul „zero miră” să nu sufere modificări. Excepție fac situațiile în care se modifică amplasamentul unei stații hidrometrice sau în care se realizează determinări noi ale valorilor cotelor funcție de reperi de nivelment din rețeaua națională sau funcție de borne CSA (Comitetul de Stat al Apelor).

Pentru a se evita citirile negative de niveluri ale apei la miră, se poate modifica cota „zero miră” de la începutul anului următor, numai cu acordul INHGA.

Orice stație hidrometrică se va raporta la cel puțin doi reperi, unul de bază și unul de control:

- reperul de control, situat în profilul mirei sau aproape de acesta, servește pentru controlul periodic, prin operații de nivelment, a poziției planului „zero miră” și a capetelor piloților;
- reperul de bază, în general situat la distanță mare de profilul mirei/albia minoră, neamenințat de inundații sau alte cauze care ar putea produce modificări ale poziției sale; servește la verificarea reperilor de control.

Cota planului „zero miră” se stabilește în raport cu cota reperului de bază al stației hidrometrice. În cazurile în care la o stație hidrometrică există mai mulți piloți de miră, se determină poziția plăcilor de miră de pe fiecare pilot, capetele superioare ale piloților fără plăci de miră, capetele inferioare ale mirelor de maxime/cutiilor Blizniak, atât față de cota „zero miră”, cât și față de cota reperului de bază.

În studiile hidrometrice, în fișa Date de sinteză se va specifica la ce sistem altimetric se raportează reperii și planul „zero miră” (Marea Neagră – mMN, Marea Baltică – mMB, Marea Adriatică – mMA).

3.2.2. Verificarea planului „zero miră” în timpul anului

Construcțiile de miră se pot deteriora în timp ca urmare a unor situații deosebite: fenomene de îngheț intense, viituri, tasări ale terenului sau prăbușiri de maluri, vandalizări etc. Aceste fenomene pot conduce la modificarea poziției pe verticală a construcțiilor stațiilor hidrometrice și, în consecință, la apariția de erori în citirea nivelurilor apei la miră.

Verificarea acestor construcții se face periodic, prin nivelment. Cotele rezultate sunt înscrise în „Carnetul de niveluri” al stației hidrometrice din luna în care s-a făcut verificarea. Comparând cotele obținute cu cotele unui nivelment anterior se constată dacă s-au produs schimbări ale planurilor de bază ale construcțiilor (ale planului „zero miră” la mirele continue, ale planului gradației celei mai mici, în cazul piloților cu plăci și ale planurilor capetelor piloților fără plăci).

Modificarea poziției planului „zero miră” se va lua în considerare dacă valorile nivelurilor apei calculate în intervalul dintre două nivelmente succesive depășește 1 cm.

Pentru a ține seama în calculul nivelurilor de modificările poziției planurilor de bază ale construcțiilor, este necesară stabilirea datei și cauzei producerii modificării, anume:

- Schimbarea poziției pe verticală a instalațiilor stației se poate datora producerii înghețului, scurgerii sloiurilor, trecerii viiturilor, tasării terenului, înlocuirii mirei sau a piloților etc.
- Informații asupra modificării poziției mirelor se pot obține din *Carnetul de niveluri*, de la hidrometri, de la hidrologii responsabili în perioada respectivă sau de la localnici.
- Data sau intervalul de timp în care s-a produs modificarea se stabilește în urma analizei informațiilor din carnetele de niveluri, de la hidrometri, de la hidrologii responsabili cu verificarea stației hidrometrice.

Verificarea planului „zero miră” se realizează ori de câte ori se efectuează măsurători pentru ridicarea profilului transversal și suplimentar, când situația o impune. Trebuie acordată o atenție deosebită momentului producerii modificării planului „zero miră”, deoarece pe baza acestuia se va realiza corectarea nivelurilor apei funcție de diferența dintre cota reperului și cota planului „zero miră”, măsurată în teren la momentul verificării.

Tabelul cu verificările planului „zero miră” reprezintă o piesă obligatorie a studiului hidrometric. În rubrica *observații* se vor detalia aspecte privind situațiile care au condus la modificările semnalate (cauzele mișcării pilotului/piloților mirei, data probabilă a mișcării pe verticală, dacă poziția acestora a fost corectată sau nu) și eventualele modificări de amplasament ale mirei hidrometrice.

Completarea tabelului cu verificarea punctului „zero miră” se va face după cum urmează:

- în coloana 0 (“Nr. crt.”) – se înscrie numărul curent din anul respectiv;
- în coloana 1 (“Data”) – se completează data fiecărei verificări, format zz-ll (ex.: 05 III);
- în coloana 2 (“Pilotul de miră verificat”) – se referă la intervalele plăcilor de miră;
- în coloana 3 (“Reper față de care s-a făcut verificarea”) – se va înscrie în clar numele reperului folosit (ex.: R1, reper principal, borna CSA, etc.);

- în coloana 4 („Cotă reper (m.....) mMN/mMA/mMB”) – se va înscrie cota reperului față de care s-a făcut verificarea;
- în coloana 5 (“Cotă „zero miră”) – se va înscrie cota planului „zero miră” a stației hidrometrice;
- în coloana 6 (“Diferența între cotă reper și cotă „zero miră”) – se va completa diferența între cota reperului folosit pentru verificare și cota „zero miră” (diferența între valorile din coloana 4 și coloana 5);
- în coloana 7 (“Cotă „zero miră” modificată) – se va înscrie valoarea „zero miră” determinată prin măsurători pe teren, la momentul verificării;
- în coloana 8 (“Diferența între cotă reper și cotă „zero miră” modificată”) –se va completa diferența între cota reperului folosit pentru verificare și cota „zero miră” modificată (diferența între valorile din coloana 4 și coloana 7), dacă aceasta există;
- coloana 9 (“Valoare corecție”) – se referă la corecția care se aplică nivelurilor, în cazul în care mira sau un pilot de miră a fost mișcat în teren (adică diferența dintre coloanele 6 și 8; doar dacă această diferență este mai mare de ± 1 cm). Corecția se va aplica tuturor nivelurilor măsurate în perioada în care mira a fost deplasată;
- coloana 10 (“Perioadă corecție”) – se referă la perioada stabilită, în urma investigațiilor, pentru care se aplică valoarea corecției determinată în coloana 9;
- se vor completa coloanele 11 și 12 cu informații privind tipul și seria aparatului de nivelment folosit, precum și persoana care a efectuat măsurătorile topografice conform exemplului prezentat (Tabelul 9).

3.3. Pante

Panta suprafeței apei reprezintă înclinarea suprafeței libere a apei râului în raport cu planul orizontal. În albiile naturale, pantele și coeficienții de rugozitate variază de-a lungul râului, rezultând o curgere, în general, neuniformă. Totuși, de-a lungul unui curs de apă pot fi delimitate sectoare astfel încât să se poată admite, cu unele aproximații, că parametrii hidraulici sunt constanți. Așadar, metodele descrise în prezentul capitol se referă la determinarea și prelucrarea pantelor suprafeței apei (oglinza apei) pe sectoare de lungimi cunoscute/determinate.

La o stație hidrometrică, măsurătorile pentru determinarea pantelor se efectuează de pe malul pe care sunt amplasați piloții de miră. Frecvența de determinare a pantelor, în timpul unui an este:

- la ridicarea profilelor transversale;
- la măsurători de debit, după viituri/ape mari, ape mici.

Indiferent de metoda de determinare, acestea se vor înscrie atât pe reprezentarea grafică a profilelor transversale, cât și în centralizatorul de măsurători de debite (în centralizatorul de debite se înscrie și distanța pe care s-a ridicat panta).

Se recomandă ca determinarea pantelor să se realizeze pe același sector de râu, care să îndeplinească, pe cât posibil, următoarele condiții:

- să fie reprezentativ pentru profilul mirei: relativ uniform din punct de vedere al vitezei și pantei (fără alternanțe de adâncuri și repezișuri/îngustări ale albiei, meandre sau rupturi de pantă);
- secțiunea mirei să fie situată aproximativ la jumătatea distanței de ridicare a pantei (dacă se poate respecta, în același timp, prima condiție).

Tabelul 9. Exemplu de completare a tabelului cu verificarea planului "zero miră"

Tabel cu verificarea planului "zero miră"

Nr. ct.	Data	Pilotul de miră verificat	Reperul față de care s-a făcut verificarea	Cotă reper (mMN)	Cotă "zero miră" (mMN)	Diferența între reper și cotă "zero miră" (m)	Cotă "zero miră" modificată (mMN)	Diferența între reper și cotă "zero miră" modificată (m)	Corecție		Tip și serie aparat nivelment	Cine a făcut verificarea
									Valoare corecție (col. 6 - col. 8) (m)	Perioadă corecție nivel		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
123	10-Mar	4,5 - 5,0	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.440	4.412	-	-	Leica	Nume Prenume
"	"	4,0 - 4,5	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.432	4.420	-	-	Leica	Nume Prenume
"	"	1,0 - 4,0	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.424	4.428	-	-	Leica	Nume Prenume
"	"	0,0 - 1,0	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.418	4.434	-	-	Leica	Nume Prenume
"	"	-0,5 - 0,0	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.420	4.432	-	-	Leica	Nume Prenume
124	22-Mai	4,5 - 5,0	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.441	4.411	-	-	Zeiss 025	Nume Prenume
"	"	4,0 - 4,5	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.430	4.422	-	-	Zeiss 025	Nume Prenume
"	"	1,0 - 4,0	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.422	4.430	-	-	Zeiss 025	Nume Prenume
"	"	0,0 - 1,0	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.416	4.436	-	-	Zeiss 025	Nume Prenume
"	"	-0,5 - 0,0	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.422	4.430	-	-	Zeiss 025	Nume Prenume
125	12-Aug	4,5 - 5,0	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.440	4.412	-	-	Zeiss 025	Nume Prenume
"	"	4,0 - 4,5	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.430	4.422	-	-	Zeiss 025	Nume Prenume
"	"	1,0 - 4,0	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.424	4.428	-	-	Zeiss 025	Nume Prenume
"	"	0,0 - 1,0	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.452	4.400	0.03	02.08 - 12.08	Zeiss 025	Nume Prenume
"	"	-0,5 - 0,0	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.372	4.480	-0.05	02.08 - 12.08	Zeiss 025	Nume Prenume
126	30-Aug	4,5 - 5,0	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.439	4.413	-	-	Zeiss 025	Nume Prenume
"	"	4,0 - 4,5	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.430	4.422	-	-	Zeiss 025	Nume Prenume
"	"	1,0 - 4,0	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.422	4.430	-	-	Zeiss 025	Nume Prenume
"	"	0,0 - 1,0	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.420	4.432	-	-	Zeiss 025	Nume Prenume
"	"	-0,5 - 0,0	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.370	4.482	-0.05	02.08 - 30.08	Zeiss 025	Nume Prenume
127	21-Noi	4,5 - 5,0	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.441	4.411	-	-	Leica	Nume Prenume
"	"	4,0 - 4,5	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.431	4.421	-	-	Leica	Nume Prenume
"	"	1,0 - 4,0	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.421	4.431	-	-	Leica	Nume Prenume
"	"	0,0 - 1,0	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.419	4.433	-	-	Leica	Nume Prenume
"	"	-0,5 - 0,0	reper R1	424.852	420.422	4.43	420.422	4.430	-	-	Leica	Nume Prenume

Observații: la vătura din 02.VIII au fost mișcați piloții și mirele de la -0,5 - 1,0 m. În 12 august s-a re poziționat doar mira de la 0,0 - 1,0; datorita nivelului ridicat al apei nu s-a putut re poziționa mira de sub 0 cm (data: 12.08.2011) cu ocazia controlului efectuat în 30.VIII s-a re poziționat mira de la -0,5 - 0,0 m; miră miscată din 02.VIII. (data: 30.08.2011)

3.3.1. Stabilirea distanței minime de ridicare a pantei

Distanța minimă pe care se ridică pantele, notată D_{min} se calculează cu ajutorul relației:

$$D_{min} (m) = \frac{\varepsilon_{\Delta H} (m)}{I (\text{‰}) \times \varepsilon_i (\text{‰})}$$

unde:

$\varepsilon_{\Delta H}$ - eroarea absolută la determinarea diferenței de nivel a oglinzii apei pe sector (în metri, având valori cuprinse între 0,01 m și 0,02 m)

I - panta generală a râului pe sector (în ‰)

ε_i - eroarea maximă relativă admisă la determinarea pantei longitudinale în ‰

Eroarea absolută la determinarea diferenței de nivel a oglinzii apei pe sector ($\varepsilon_{\Delta H}$) apare în timpul măsurătorii din cauza condițiilor din teren și a modului în care se alege oglinda apei prin poziționarea stadiiei. Nu este recomandat a se considera o eroare mai mică de 1 cm (0,01 m), dar nici mai mare de 2 cm (0,02 m).

Exemplu de calcul/determinare a distanței minime de ridicare a pantei:

• Dacă valoarea maximă $\varepsilon_{\Delta H} = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$; $i = 3\text{‰} = \frac{3}{1000} = 0,003$ ca pantă generală a râului în sector și $\varepsilon_i = 5\text{‰} = \frac{5}{100} = 0,05$ ca eroare relativă maximă admisă pentru determinarea pantei longitudinale rezultă:

$$D_{min} = \frac{0,02}{0,003 \times 0,05} = 133 \text{ m} \approx 130 \text{ m}$$

• Dacă pentru D_{min} astfel determinat se măsoară o pantă mai mare decât panta generală a râului considerată inițial de 3‰ se va relua calculul distanței D_{min} cu panta nou obținută.

• Pentru exemplificare, panta nou determinată, pe distanța minimă obținută mai sus (130 m), este de 3,6‰. Distanța recalculată pentru D_{min} este:

$$D_{min} = \frac{0,02}{0,0036 \times 0,05} = 111 \text{ m} \approx 110 \text{ m}$$

Panta care se măsoară pentru acest nou D_{min} (110 m) este rezultatul care se va reține și folosi.

• Dacă se îmbunătățește precizia de determinare a căderii ΔH realizând un $\varepsilon_{\Delta H}$ de 1 cm (0,01 m) atunci distanța D_{min} care se poate folosi este mai mică și anume:

$$D_{min} = \frac{0,01}{0,0036 \times 0,05} = 55 \text{ m}$$

3.3.1.1. Determinarea distanței optime de ridicarea a pantei în cazul râurilor cu ruperi de pantă pe sectorul de măsurare a debitelor de apă

O problemă specială în determinarea pantei o constituie cazurile în care se manifestă ruperi ale acesteia în cazul apelor mici (sub un anumit nivel al apei).

În aceste cazuri se propune următoarea metodologie:

• Pentru un număr de circa 10 măsurători de debite de apă corect efectuate, cu moriști de mare precizie se consideră aceiași coeficienți de rugozitate;

• Pentru fiecare măsurătoare de debit se determină panta hidraulică cu ajutorul relației:

$$I = \left(\frac{Q \times n}{R^{2/3} \times \Omega} \right)^2$$

unde:

I - panta hidraulică

Q - debitul de apă

n - coeficientul mediu de rugozitate pe profil (aproximat după tabelele prezentate în Anexa 2, în funcție de natura terenului și vegetației)

R - raza hidraulică

Ω - suprafața secțiunii de curgere a apei

- Se determină mai multe pante funcție de zona de rupere a pantei;
- Dintre pantele astfel determinate se alege cea pantă ca fiind cea mai apropiată de panta calculată hidraulic. Distanța de ridicare a acesteia se consideră ca fiind optimă pentru nivelul respectiv.

3.3.2. Metode de determinare a pantelor

Determinarea pantelor longitudinale ale suprafeței apei este necesară pentru o analiză mai completă a materialelor, pentru calculul hidrografelor debitelor de apă, în special la trasarea și extrapolarea cheilor limnimetrice, la reconstituirea debitelor maxime, dată fiind dependența vitezei apei și de panta hidraulică (longitudinală) a suprafeței apei râului.

În cazul stațiilor hidrometrice, panta la suprafața apei se ridică astfel încât să cuprindă secțiunea mirei.

3.3.2.1. Determinarea pantelor cu mire de pantă

Amplasarea mirelor de pantă:

a) la distanță egală (amonte – aval) față de mira principală:

$$D (km) = 2 \times d$$

unde:

d - distanța de la mira de pantă amonte/aval la mira principală (km)

D - distanță totală a sectorului pe care se determină panta

b) la distanțe diferite față de mira principală (însă distanțele nu diferă foarte mult):

$$D (km) = D_{am} + D_{av}$$

unde:

D_{am} - distanța de la mira de pantă amonte de mira principală

D_{av} - distanța de la mira de pantă aval de mira principală

Condițiile de amplasare ale mirelor de pantă sunt:

- Mirele de pantă se amplasează pe același mal cu mira principală, pentru ca panta transversală a suprafeței apei să nu influențeze panta longitudinală;
- Mirele de pantă trebuie să fie distanțate între ele în plan orizontal astfel încât erori de 1 cm la determinarea căderii apei între cele două mire să afecteze calculul pantei cu erori maxime determinate de 5%;

- Se pot admite și distanțe mai mici în plan orizontal între cele două mire de pantă, dar atunci măsurarea nivelului apei la mire trebuie făcută cu o precizie superioară, chiar de ordinul milimetrilor;

- Sectorul de râu unde se amplasează mirele de pantă trebuie să fie rectiliniu și să nu prezinte rupturi de pantă;

Determinarea pantei cu ajutorul mirelor de pantă se realizează astfel:

- Valorile nivelului apei citite pe mirele de pantă trebuie citite în centimetri (aproximarea făcându-se, în măsura posibilității, la 1 cm), înscrierea valorilor fiind făcută odată cu înscrierea celor de la mira principală, cu notarea malului pe care se află amplasate mirele, precum și a distanței între mire, exprimată în km, cu precizie de centimetri.

- În timpul unei măsurători, determinarea pantei se face de două ori: inițial – înainte de începerea sondajului și final – după terminarea măsurării vitezelor.

Nivelurile citite la mirele de pantă se raportează, de regulă, la planul „zero miră” stabilit pentru mira principală. Între aceste niveluri se calculează diferența de nivel (ΔH), în metri, pe distanța D în kilometri. Astfel, pantele se pot exprima în m/km sau în promile (‰).

$$I (m/km) = \frac{\Delta H (m)}{D(km)}; \quad \Delta H (m) = H_{am} - H_{av}$$

Exemplu de calcul:

Dacă diferența dintre nivelurile apei la mirele de pantă amonte și aval este $\Delta H = 0,2 m$, iar distanța dintre acestea $D = 0,1 km$, panta rezultă din raportul:

$$I = \frac{0,20}{0,100} = 2 (m/km) = 2‰$$

Panta apei pe sectorul cuprins între mirele respective se calculează pentru fiecare citire instantanee a nivelului apei la măsurători de debit și la ape mari.

După calcularea pantelor pe sectorul dintre mirele de pantă amonte și aval se întocmește corelația dintre pantă și nivel având pe ordonată (axa y) valorile de nivel al apei și pe abscisă (axa x) valorile pantelor la oglinda apei. Aceste corelații sunt utilizate în prelucrarea debitelor de apă și reprezintă o piesă a studiului hidrometric anual, împreună cu fișa centralizatoare cu pantele ridicate/determinate.

3.3.2.2. Determinarea pantelor prin nivelment geometric

Dacă la stațiile hidrometrice lipsesc mirele de pantă, determinarea pantelor se face prin nivelment geometric.

3.3.2.2.1. Măsurarea pantei în situații normale

În acest scop, se măsoară cotele suprafeței apei în două puncte situate amonte și aval de profilul de bază (al mirei) (Figura 7).

Pe unul sau ambele maluri, după caz, se bat câte doi țăruiși în apă (notați a și b), amonte și aval de miră la distanțe aproximativ egale (D_{am} , D_{av}), distanța dintre țăruiși fiind notată cu D (Figura 7). Capul țăruișilor se lasă la câțiva centimetri deasupra suprafeței apei. Pe capul fiecărui țăruiș se bate un cui a cărui floare reprezintă punctul fix pentru nivelment (rolul cuiului

bătut pe țărnuș este de a elimina apariția jocului între stadiu și suprafața țărnușului, care poate conduce la erori de măsurare).

Cu aparatul de nivelment se obțin diferențele de nivel h_1 și h_2 (față de același plan de referință). Se măsoară apoi concomitent diferențele „a” și „b” dintre capetele cuielor și suprafața apei (Figura 7).

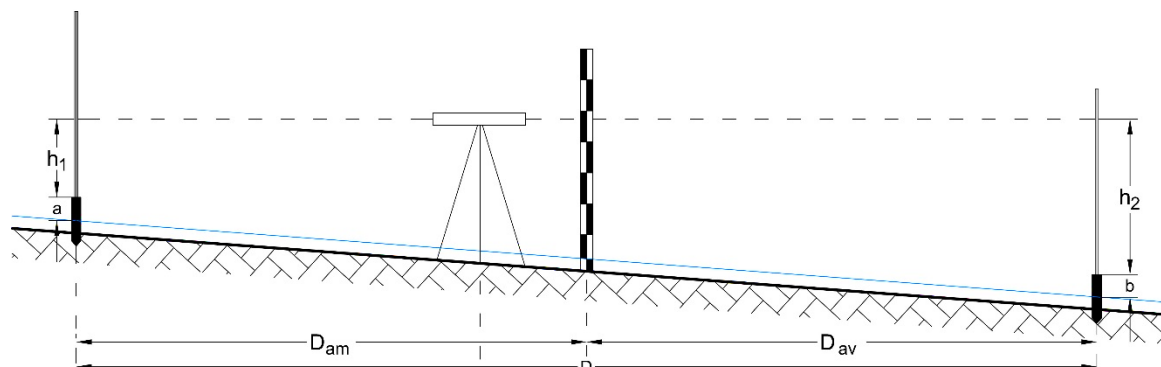


Figura 7. Schema determinării pantei longitudinale a suprafeței apei cu ajutorul aparatului de nivelment

Panta suprafeței apei (I) va rezulta din formula:

$$I = \frac{(h_2 + b) - (h_1 + a)}{D}$$

unde:

h_1 , h_2 , a și b sunt exprimați în m, iar D în km, I rezultând în m/km (‰).

O situație particulară poate să apară atunci când măsurătorile se realizează de pe malul opus (condiții în teren deosebite sau vegetație pe maluri care limitează vizibilitatea aparatului de nivelment). În cazul în care nu se cunoaște distanța D (Figura 8) aceasta se poate determina cu teorema cosinusului/teorema lui Pitagora generalizată.

Considerăm triunghiul ABC oarecare. Teorema cosinusului, în cazul prezentat în Tabelul 8, se va scrie:

$$D^2 = D_1^2 + D_2^2 - 2 \times D_1 \times D_2 \times \cos \omega$$

unde:

D - distanța între punctele A și B care trebuie determinată

D_1 - distanța măsurată între aparatul de nivelment și punctul vizat C

D_2 - distanța măsurată între aparatul de nivelment și punctul vizat A

$\cos \omega$ - se citește pe cerul gradat al aparatului de nivelment în grade centesimale (0-400^g) sau sexazecimale (0-360^o)

Este cunoscut faptul că dacă unghiul ω are 90^o, cosinus de 90^o este egal cu 0 de unde rezultă reciproca teoremei lui Pitagora care spune că dacă într-un triunghi pătratul unei laturi este egal cu suma pătratelor lungimilor celorlalte două laturi, atunci triunghiul este dreptunghic:

$$D^2 = D_1^2 + D_2^2$$

Dacă măsurătorile se realizează de pe malul opus (punctele A, B, C nu sunt coliniare) dar se cunoaște distanța D , panta suprafeței apei se va calcula cu formula cu care se calculează în situații normale.

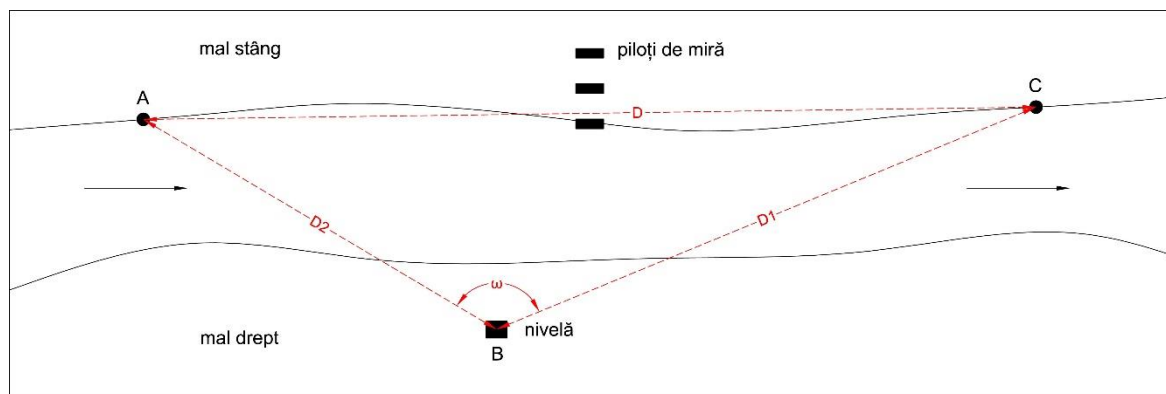


Figura 8. Schema determinării pantei longitudinale a suprafeței apei, cu ajutorul aparatului de nivelment, când măsurătorile se realizează de pe malul opus și nu se cunoaște distanța pe care se ridică panta

3.3.2.2. Măsurarea pantei după urme

Panta apelor mari excepționale interesează pentru calculul indirect al debitului maxim, atunci când acesta nu poate fi determinat prin măsurători directe.

Măsurarea pantei după urme prezintă două faze și anume:

- stabilirea urmelor lăuate la apele mari și concomitent stabilirea nivelului corespunzător la miră. Ambele operațiuni se fac de către hidrometrii instruiți conform „Îndrumar pentru activitatea stațiilor hidrometrice pe râuri, 2014”;
- executarea nivelmentului urmelor și măsurarea distanțelor orizontale respective pentru determinarea pantelor. Odată cu aceasta se vor nota și caracteristicile albiei între cele două maluri, pe zone care vor fi folosite pentru evaluarea coeficienților de rugozitate. Caracteristicile albiei se vor nota pe profilul transversal la miră.

După marcarea urmelor, conform instrucțiunilor, se va face ridicarea profilului transversal al albiei până la nivelul acestora:

- se vor determina cotele țăruișilor cu care au fost marcate urmele;
- se vor măsura distanțele orizontale dintre țăruiși;
- se va ridica profilul transversal la miră, până deasupra nivelului maxim atins de viitură;
- se va stabili rugozitatea albiei până la limita maximă.

Pentru stabilirea rugozității în funcție de caracteristicile albiei se vor utiliza tabelele din Anexa 2.

3.4. Reconstituirea nivelului maxim

Când nivelurile mari ale apei (la viituri sau zăpoare) nu sunt citite prin procedeele prezentate în „Îndrumar pentru activitatea stațiilor hidrometrice pe râuri, 2014”, sarcina stației hidrologice este de a face reconstituirea nivelurilor maxime.

Operațiunea este simplă dacă urmele sunt clare chiar pe miră. Dacă mira a fost distrusă sau deteriorată sau urmele pe miră nu sunt clare, dar sunt bine conservate și vizibile în profilul mirei, atunci se ridică un profil transversal la miră și, folosind linia suprafeței apei în acest profil se determină nivelul maxim la miră.

Sunt însă cazuri când urmele din profilul transversal la miră nu sunt clare sau nu s-au conservat și atunci pentru precizarea nivelului maxim trebuie să se facă ridicări topografice pe un sector mai lung al râului, amonte și aval de miră.

Echipa de specialiști de la stația hidrologică va efectua următoarele operațiuni:

- determinarea unor profile transversale în care urmele sunt clare, eventual materializate prin țărugi sau alte marcaje și ridicarea acestor profile cu raportarea la același plan orizontal, de preferat planul „zero al mirei”.
- măsurarea distanțelor orizontale dintre aceste profile și a distanțelor orizontale dintre profilul mirei și profilele amonte și aval cele mai apropiate de miră.
- realizarea profilelor longitudinale ale suprafeței apei la maluri și determinarea prin interpolare a cotelor acestora la maluri, în profilul mirei.
- cu linia suprafeței apei între maluri precizată în profilul transversal la miră, se determină nivelul apei care s-a produs la miră (adică un nivel apropiat de cel produs în realitate, dar care nu a fost înregistrat/observat direct).

CAPITOLUL 4. DEBITE DE APĂ

Debitul este volumul de apă care trece printr-o secțiune transversală a unui curs de apă în unitatea de timp (conform „International Glossary of Hydrology”, WMO-UNESCO, 2012).

Evoluția în timp a hidrografelor debitelor de apă este utilă pentru toate activitățile de cunoaștere a evoluției în timp a regimului curgerii râurilor (prognoză hidrologică, parametrică hidrologică, monitorizare integrată a resurselor de apă etc.).

Determinarea hidrografelor curgerii de apă se realizează prin măsurători directe cu ajutorul unor dispozitive care transformă elementele primare (niveluri, viteze) în semnale electrice (ex: *sonic flow*) sau cu ajutorul unor determinări (valori discrete) de debite de apă instantanee și/sau de pante și secțiuni. Pe baza acestora și a nivelurilor existente la momentul determinării debitelor de apă se realizează o corelație „debit - nivel” – cheie limnometrică. Cu ajutorul acesteia și a hidrografelor de niveluri se determină hidrografele de debite de apă.

Frecvența de realizare a determinărilor de debite de apă se stabilește de către personalul stațiilor hidrologice funcție, în principal, de faza de regim și de cerințele legate de trasarea cheilor limnometrice (mai ales în cazul albiilor mai puțin stabile și a evoluției fenomenelor de iarnă și a vegetației în patul albiei). Condiția de bază o constituie precizarea în orice moment a valorii debitelor de apă instantanee și medii orare/zilnice cu o eroare sub 10%.

*

* *

Măsurarea debitelor de apă este definită în „Glosarul Internațional de Hidrologie” (1992) RO 1230: „ansamblul operațiilor având drept scop determinarea debitului unui curs de apă pentru un nivel dat pe mira hidrometrică”.

Tehnica hidrometrică uzuală pentru măsurarea debitului de apă constă din lansarea într-un curs de apă, pe direcția curgerii, a unei moriști hidrometrice, pentru a determina viteza apei în diferite puncte situate pe mai multe verticale ale secțiunii udate pentru a calcula viteza medie. Metoda de calcul a debitului de apă se numește „secțiune-viteză”. Evoluția în timp a debitelor de apă pe cursul de râu se determină cu ajutorul înregistrărilor de nivel și a cheilor limnometrice.

Măsurarea precisă și continuă a vitezei medii se obține, de cele mai multe ori, folosind aparatura tip Doppler sau senzori electromagnetici (în cazul râurilor și a canalelor de mici dimensiuni).

Dacă debitele de apă sunt foarte mici și curgerea poate fi dirijată pe o lățime mică de apă se pot folosi deversoare hidrometrice, special tarate, flotori sau metoda volumetrică.

În cazuri rare, cu curgere puternic turbulentă, se folosește metoda „chimică” (metoda trasorilor).

Dacă nu se poate aplica nici una dintre metodele menționate anterior, se aplică, mai ales în perioadele de ape mari, metoda indirectă: „pantă-secțiune” (cel mai des formula Chèzy-Manning). Aceasta se bazează pe determinări de pante hidraulice, de suprafețe ale secțiunilor și de coeficienți de rugozitate.

4.1. Metode pentru determinarea debitelor de apă

4.1.1. Metoda „secțiune-viteză”

Metoda „secțiune-viteză”, așa cum am menționat anterior, se bazează pe determinarea adâncimilor apei în diferite puncte ale secțiunii udate și a vitezei acesteia în diferite puncte din verticale, situate în perimetrul secțiunii udate.

Viteza apei se poate determina cu: morișca/micromorișca hidrometrică, dispozitive electromagnetice sau dispozitive ultrason. În cazuri rare, când nu se pot folosi sau nu se dispune de asemenea aparate, viteza se poate determina și cu ajutorul flotorilor sau plutitorilor care curg pe râu.

Determinarea vitezei medii într-o verticală se realizează prin metoda „celor 5 puncte”, care, în funcție de adâncimea apei în albie, se pot reduce la 1 până la 3 puncte. În literatura de specialitate se recomandă metoda „multi-punct” (un număr stabilit de puncte în funcție de adâncimea apei în verticală).

Secțiunea de măsurare trebuie amplasată astfel încât să îndeplinească condițiile existente în instrucțiunile în vigoare, dintre care menționăm următoarele:

- posibilitatea determinării cu precizie a unor eventuale neperpendicularități ale curgerii în secțiunea de măsurare;
- concentrarea curgerii la ape mici, astfel încât să se realizeze pe aproape întreg profilul adâncimi mai mari decât diametrul elicei moriștii hidrometrice de care se dispune;
- secțiunile inactive din punct de vedere al curgerii apei să poată fi bine precizate;
- să permită măsurarea vitezelor punctuale ale apei pe un ecart cât mai mare de variație al nivelurilor.

Precizarea secțiunii udate se face cu ajutorul măsurării adâncimii apei într-un număr de verticale de sondaj. Alegerea acestor verticale se face pe baza următoarelor criterii:

- între două verticale consecutive, adâncimea să poată fi considerată ca variind liniar cu lățimea;
- variația adâncimii apei între două verticale de sondaj consecutive să nu depășească 10% din valoarea minimă a acestora;
- suprafața secțiunii de măsurare, determinată pe baza verticalelor stabilite, să nu fie mai mică de 5%, față de cea stabilită luând în considerare toate punctele în care adâncimea apei se modifică. Această condiție se aplică, în special, în cazul albiilor cu lățimi mari, când prima condiție enunțată ar conduce la un număr foarte mare de verticale de sondaj.

Determinarea adâncimii apei se realizează prin 3-4 tatonări cu tija moriștii hidrometrice, în fiecare verticală de sondaj.

Stabilirea verticalelor de sondaj și de viteză în secțiunea de măsurare, precum și verificarea și modificarea lor, revine hidrologului responsabil cu prelucrarea datelor de la stația hidrometrică respectivă, modul de stabilire fiind prevăzut în „Îndrumar pentru activitatea stațiilor hidrometrice pe râuri”, 2014. Verticalele de sondaj sunt stabilite în funcție de lățimea râului și de variația fundului albiei în profilul transversal. Acestea vor fi marcate pe construcțiile hidrometrice (punți, cabluri pentru porțiță/cărucior funicular).

Calculul debitelor de apă se realizează cu ajutorul uneia dintre metodele: analitică, grafo-analitică, grafo-mecanică.

Instrucțiunea de față, în conformitate cu practica internațională în domeniu, recomandă ca verticalele de viteză să fie pe cât posibil în toate verticalele de sondaj. În cazul malurilor abrupte, prima verticală de viteză va fi la 10 cm de mal, viteza înregistrată fiind considerată la mal.

În condițiile metodologiei de determinare a debitelor de apă expuse anterior, pentru stabilirea punctelor de adâncime pe verticala în care se fac determinări punctuale de viteze, se consideră:

- numărul maxim de puncte în care se fac măsurători pe o verticală de viteză este de 5;
- între suprafață și primul punct în care se face măsurătoare de viteză, să fie o adâncime egală cu raza elicei +1cm; acest punct se consideră la suprafață;
- între fundul albiei și ultimul punct de măsurare a vitezei să fie o adâncime egală cu diametrul elicei +2 cm, iar în cazul lansării moriștii cu leșt, adâncimea menționată să fie deasupra leștului; acest punct se consideră la fundul albiei;
- între două puncte consecutive de măsurare a vitezei să fie o adâncime mai mare sau cel puțin egală cu diametrul elicei +2 cm.

4.1.1.1. Determinarea debitelor în urma măsurătorilor simplificate de viteze ale apei

În cazul apelor mari, a viiturilor, când nu există condiții pentru efectuarea de măsurători de viteze, adâncimi și profile transversale conform metodologiei expuse anterior, se admite efectuarea de măsurători simplificate.

Determinarea debitelor de apă cu ajutorul măsurătorilor simplificate parcurge următoarele etape:

- Se realizează măsurători topografice imediat după producerea apelor mari. Profilul transversal rezultat se compară cu cel anterior producerii viiturii. Dacă între cele două profile există o diferență (ca suprafață) mai mare de 10%, corespunzător nivelului la miră pe durata efectuării măsurătorii simplificate, decizia privind modul de stabilire a suprafeței secțiunii udate revine personalului stației hidrologice: pe baza profilului anterior, ulterior sau a ponderării celor două profile;

- Măsurarea vitezelor la suprafață cu ajutorul moriștii hidrometrice, în verticalele de viteză. În acest caz, viteza medie de suprafață se determină cu ajutorul relației:

$$V_s = \frac{\sum V_i \times dB_i}{B}$$

unde:

V_s - viteza medie de suprafață

V_i - viteza de suprafață în verticala de viteză i

dB_i - distanța între două verticale de viteză consecutive

B - lățimea albiei

Debitul de suprafață se determină cu formula:

$$Q_s = \Omega \times V_s$$

unde:

Q_s - debitul de suprafață

Ω - suprafața secțiunii active

Valorile lui Q_s și V_s se aduc la nivelul debitelor reale pe baza corelațiilor Q_s - Q și V_s - V stabilite pe baza determinărilor de debite complete:

$$\mu = \frac{Q}{Q_s} = \frac{V}{V_s}$$

unde:

μ - coeficientul de legătură între debitul de apă măsurat (Q) și debitul de suprafață (Q_s), respectiv între viteza medie a apei în secțiunea de măsurare (V) și viteza medie de suprafață (V_s)

Valoarea debitului de apă determinat nu este o valoare instantanee, ci o valoare medie pentru intervalul de măsurare, care, în cazul râurilor mari poate atinge chiar și 5-6 ore.

4.1.1.2. Calculul nivelului mediu al apei în timpul determinării debitului de apă

Fiecare determinare de debit trebuie să se raporteze la nivelul apei din râu, citit la miră în timpul efectuării acesteia. Valoarea nivelului la care se raportează debitul se determină în funcție de caracterul variației acestuia în timpul măsurătorii.

În cazul în care nivelul apei nu a variat în timpul măsurării vitezelor sau a variat în limite foarte mici, valoarea de calcul se obține ca medie aritmetică a citirilor de la începutul și sfârșitul măsurătorii, adică:

$$H_{\text{calculat}} = \frac{H_{\text{inceput}} + H_{\text{sfârșit}}}{2}$$

Dacă nivelul apei a variat sensibil în timpul măsurătorii, iar nivelurile s-au citit și notat odată cu măsurarea vitezelor în fiecare verticală de viteză, nivelul de calcul se determină prin media ponderată a nivelurilor din verticalele de viteză cu debitele parțiale aferente acestora.

Constatarea variației nivelului se face prin compararea ultimei cote citite cu cota curentă. Citirea și notarea nivelurilor, când acestea variază în timpul efectuării măsurătorii de viteze, indiferent de intensitatea variației, se face astfel:

- la începutul sondajului;
- la începutul cronometrării timpului de măsurare a fiecărei verticale de viteză;
- după terminarea măsurării tuturor vitezelor în ultima verticală de viteză.

Notarea valorilor de nivel se face în carnetul de măsurători, în celulele corespunzătoare fiecărei verticale de viteză.

În situația în care determinarea de debit se efectuează în alt profil, la o distanță de profilul mirei, care nu permite posibilitatea de a citi mira, se procedează astfel: în dreptul profilului, lângă mal, se bate un țărșuș înalt pe care, în partea laterală, se bate un cui orizontal, exact la nivelul apei și se citește cota la miră (de ex. $H = 80$ cm). Se începe efectuarea măsurătorii vitezelor punctuale și secțiunii și, cu mira mobilă sau cu o riglă gradată, la începutul fiecărei verticale de viteză se măsoară nivelul apei raportat la cuiul de pe țărșuș.

De exemplu, valorile înregistrate pe parcursul măsurătorilor sunt de 3, 5, 8, 10, 12, 15, ultima valoare citită fiind de 19 cm deasupra cuiului, iar cota la miră după măsurătoare este $H = 93$ cm.

În intervalul de timp în care au fost făcute măsurătorile, nivelul apei la miră a crescut cu $93 - 80 = 13$ cm. În profilul în care a fost efectuată măsurătoarea, nivelul apei a crescut cu 19 cm. Cotele intermediare la miră se vor determina prin interpolare.

De exemplu, cota la țărșuș a crescut cu 8 cm, iar în profilul de măsurare creșterea va fi de:

$$\Delta H = 8 \times \frac{13}{19} = 5,47 \approx 5 \text{ cm}$$

Astfel, când la țărșuș s-a constatat o creștere de 8 cm, în profilul mirei, nivelul a fost de:

$$H = 80 + 5 = 85 \text{ cm}$$

iar în carnetul de măsurători se înscrie nivelul la miră, corectat cu valorile înregistrate în secțiunea de măsurare.

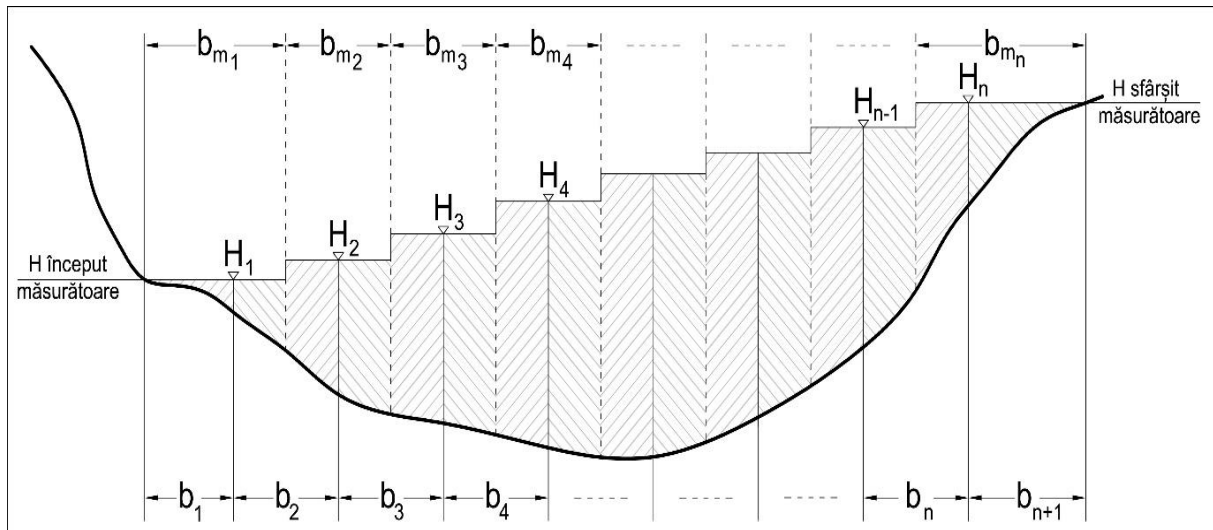


Figura 9. Stabilirea nivelului de calcul când acesta variază semnificativ în timpul măsurătorii de debit de apă

Nivelul de calcul pentru măsurătorile respective se determină cu formula:

$$H_{calc} = \frac{\sum_{i=1}^n b_{mi} \times q_i \times H_i}{\sum_{i=1}^n b_{mi} \times q_i}$$

unde:

n - numărul de verticale de viteză

H_i - nivelul apei în fiecare verticală de viteză

b_{mi} - lățimea din secțiune aferentă fiecărei verticale de viteză

q_i - debitul apei pe unitatea de lățime (debitul elementar) în dreptul fiecărei verticale de viteză:

$$q_i = h_i \times v_{mi}$$

unde:

h_i - adâncimea apei în verticala de viteză

v_{mi} - viteza medie în verticala de viteză

Întrucât procedura de stabilire a nivelului atribuit determinării debitului de apă necesită un timp mare de lucru, se admite ca în aceste cazuri, pe cât posibil, să se efectueze măsurători simplificate (la suprafață sau $0,6h$).

Pentru a stabili cazurile de aplicabilitate a formulelor de mai sus, se determină mai întâi cota minimă și maximă la miră, alese dintre cele citite în timpul măsurătorii. Pe baza curbei $\Omega = f(H)$ a profilului respectiv se stabilesc Ω_{\max} și Ω_{\min} adică suprafața minimă a secțiunii profilului transversal corespunzând celor două cote la miră.

În cazul în care raportul între Ω_{\max} și Ω_{\min} este mai mic decât 1,02 se aplică prima formulă, adică media aritmetică între nivelul de la începutul și sfârșitul măsurătorii, iar în cazul în care acest raport este mai mare decât 1,02, se aplică formula mediilor ponderate.

4.1.1.3. Calculul elementelor suprafeței secțiunii totale

Calculul adâncimilor medii ale verticalelor de sondaj

Se calculează media aritmetică a adâncimilor măsurate prin tatonare în fiecare verticală de sondaj.

Calculul adâncimii active

În cazul albiei libere și unghiurilor de abatere a cablului de suspendare a lestului sub 10° , ca adâncime activă se consideră valorile corespunzătoare adâncimii pe verticală, care se transcriu în coloana adâncimii active (Tabelul 10). În cazul în care unghiul de abatere a cablului a fost mai mare de 10° , din adâncimea medie (coloana 6) se scade valoarea corecției abaterii cablului (coloana 8), iar rezultatul reprezintă adâncimea activă care se înscrie în coloana adâncimii active (coloana 10).

Tabelul 10. Exemplu de calcul al suprafeței secțiunii transversale

SONDAJE										SECȚIUNEA						
Nr. verticalei	Pentru sondaj	Pentru mas. viteza	Distanța de la reper L (m)	Adâncimea verticalei (m)			Unghi abat. cablu (m)	Corecție abat. cablu (m)	Gros. gh. in apa (m)	Adâncimea activă (m)	Distanța între verticalele de sondaj (m)	Gheata scufundată în apă		Naboiul	Suprafața secțiunii de apă (m ²)	
				Dus	Intors	Media						Grosimea zapezii (m)	Grosimea ghetii (m)		Grosime naboi (m)	Suprafața între verticale (m ²)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1		6	0.00	0.00	0.00				0.00	2					1.05	1.05
2	I	8	1.05	1.05	1.05				1.05	2					3.50	
3		10	2.45	2.45	2.45				2.45	2					5.35	8.85
4	II	12	2.90	2.90	2.90				2.90	2					5.95	
5		14	3.05	3.05	3.05				3.05	2					6.20	12.15
6	III	16	3.15	3.15	3.15				3.15	2					6.40	
7		18	3.25	3.25	3.25				3.25	2					6.60	13.00
8	IV	20	3.35	3.35	3.35				3.35	2					6.75	
9		22	3.35	3.45	3.40				3.40	2					6.85	13.60
10	V	24	3.45	3.45	3.45				3.45	2					6.90	
11		26	3.45	3.45	3.45				3.45	2					6.95	13.85
12	VI	28	3.45	3.55	3.50				3.50	2					7.05	
13		30	3.55	3.55	3.55				3.55	2					7.20	14.25
14	VII	32	3.65	3.65	3.65				3.65	2					7.35	
15		34	3.70	3.70	3.70				3.70	2					7.45	14.80
16	VIII	36	3.75	3.75	3.75				3.75	2					6.75	
17		38	3.00	3.00	3.00				3.00	2					5.85	12.60
18	IX	40	2.85	2.85	2.85				2.85	2					4.20	
19		42	1.35	1.35	1.35				1.35	2					1.35	5.55
20		44	0.00	0.00	0.00				0.00							
															Ω = 109.70	m²

În cazul existenței podului de gheață, cu sau fără năboi, din adâncimea determinată după procedeul de mai sus, se scade grosimea gheții cufundate (coloana 12) și a năboiului, aflate în coloana 14 cu valorile corespunzătoare grosimii năboiului (coloana 9), iar diferența se trece în coloana corespunzătoare adâncimii active (coloana 10).

Calculul distanței între verticale constă în calcularea diferențelor din abscisele verticalelor de sondaj consecutive, notate în coloana distanței de la reper (coloana 3) și se înscriu în coloana distanței între verticale (coloana 11).

Calculul suprafețelor parțiale sau totale:

Suprafața secțiunii de apă între verticalele de sondaj. Se efectuează produsul între media aritmetică ale celor două valori de adâncime (coloana 10) și distanța dintre verticalele de sondaj (coloana 11), produse care se înscriu în coloana 16.

Suprafața secțiunii cuprinsă între verticalele de viteză. Dintre suprafețele cuprinse între verticalele de sondaj (coloana 16) se stabilesc mai întâi acelea care intră în zona inactivă și se încercuiesc. Se despart apoi prin liniițe orizontale suprafețele parțiale între verticalele de sondaj din coloana 16, astfel încât să reiasă clar grupurile de suprafețe cuprinse între verticalele de viteză, notate în coloana 2. Se însumează apoi din coloana 16 grupurile de suprafețe parțiale, iar rezultatele se trec în coloana 17.

Suprafața gheții scufundate în apă. Se calculează mai întâi media aritmetică a grosimilor gheții scufundate între verticalele de sondaj folosind cifrele notate în coloana 9 (la numărător) și trecând rezultatul în coloana 12. Se fac produsele dintre grosimile medii ale gheții scufundate, notate în coloana 12 și distanțele între verticalele notate în coloana 11. Aceste produse reprezintă suprafața parțială a gheții scufundate și se notează în coloana 13. Suprafața totală se determină din însumarea suprafețelor parțiale înscrise în coloana 13.

Suprafața năboiului. Se procedează identic ca la punctul anterior, folosind însă valorile coloanei 9 (numitor) și ale coloanei 11. Grosimile medii și produsele parțiale se trec în coloanele 14 și 15.

În coloana 17 nu se trec suprafețele inactive încercuite în coloana 16. Însumarea rezultatelor din coloana 17 reprezintă suprafața totală activă.

Diferența între coloana 16 și 17 reprezintă *suprafața inactivă a secțiunii de apă*. Diferența de mai sus, adunată cu suma coloanelor 13 și 15, reprezintă *suprafața totală inactivă*.

Caracteristicile hidraulice ale secțiunii scurgerii

- *Lățimea oglinzii apei (B)* este distanța orizontală din profilul transversal cuprinsă între cele două puncte în care linia suprafeței apei intersectează linia malurilor și se notează cu *B*. Pentru determinarea lățimii oglinzii apei în cazul existenței podului de gheață, trebuie spartă gheața la cele două maluri până la fața solului și determinate punctele A și C, așa cum este prezentat în Figura 10. În cazul existenței spațiului inactiv mai trebuie determinată și lățimea oglinzii apei active B_a cuprinsă între verticalele limită ale spațiului inactiv.

- *Lățimea activă a oglinzii apei (B_a)* este distanța orizontală din profilul transversal cuprinsă între un mal și verticala de sondaj limită a spațiului inactiv, respectiv între verticalele de sondaj limită ale spațiului inactiv (în cazul existenței mai multor spații inactive).

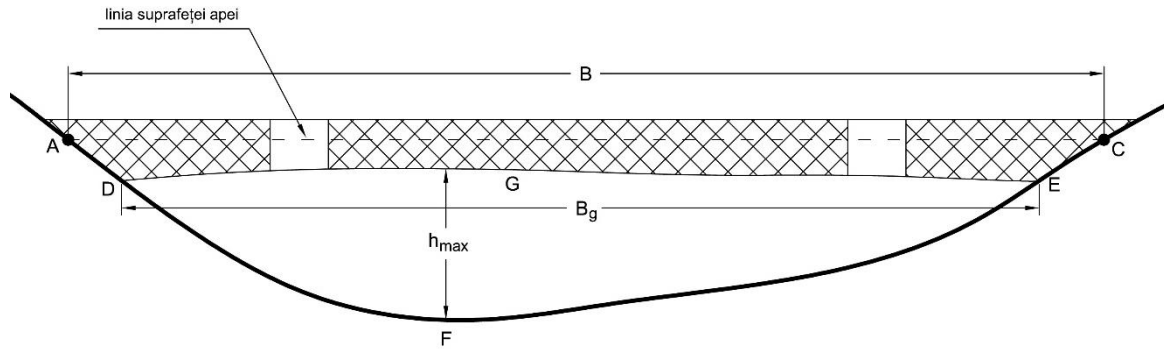


Figura 10. Profil transversal cu pod de gheață

- *Lățimea feței inferioare a gheții* reprezintă distanța dintre punctele D și E (Figura 10) în care partea inferioară a gheții în profilul transversal intersectează cele două maluri. Aceasta se notează cu B_g .

- *Adâncimea medie (h_m)* este raportul dintre secțiunea udată și lățimea oglinzii de apă:

$$h_m = \frac{\Omega}{B} (m^2/m = m)$$

- *Adâncimea maximă (h_{max})* este valoarea cea mai mare din șirul de adâncimi sondate.
- *Suprafața secțiunii de apă (Ω)* este suprafața totală a profilului transversal în care se găsește apă.

- *Suprafața activă (Ω_a)* este suprafața profilului transversal în care pot fi măsurate viteze medii punctuale ale apei (totalul coloanei 17).

- *Suprafața inactivă* este diferența dintre suprafața secțiunii de apă și suprafața activă

- *Suprafața totală* a profilului transversal este suprafața care înglobează secțiunea activă, secțiunea inactivă de apă, suprafața năboiului și a gheții scufundate în apă (totalul coloanelor 13, 15 și 16 din Tabelul 10).

- *Perimetrul udat (P)* este suma lungimilor segmentelor dintre verticalele de sondaj (considerând o variație liniară a adâncimii apei între două verticale de sondaj consecutive). În cazul existenței secțiunii de apă inactive, linia perimetrului udat se oprește la această suprafață, înglobând și verticalele limită ale spațiului inactiv (P_a). În perioadele cu fenomene de îngheț, perimetrul udat se calculează considerând și lungimea feței inferioare a stratului de gheață sau a năboiului.

- *Raza hidraulică (R)* este raportul dintre suprafața secțiunii de apă și perimetrul udat:

$$R = \frac{\Omega}{P}$$

iar dacă există secțiune inactivă:

$$R = \frac{\Omega_a}{P_a}$$

Raza hidraulică nu se calculează în cazul existenței fenomenelor de îngheț.

Calculul vitezelor medii punctuale

În cazul măsurătorilor efectuate cu morișca hidrometrică clasică, pentru fiecare punct pe verticalele în care s-au măsurat vitezele, se determină mai întâi suma învârtiturilor paletei în timpul cronometrat. Pentru aceasta, se face produsul dintre numărul intervalelor de timp dintre semnalele cronometrate și numărul de rotații ale paletei între două semnale consecutive.

Aceste produse se notează în coloana corespunzătoare din carnetul de măsurători (coloana 12). Se calculează apoi numărul de învârtituri pe secundă, făcând raportul dintre suma învârtiturilor (coloana 12) și totalul numărului de secunde cronometrat. Rezultatul se notează în coloana corespunzătoare (coloana 13).

Pe bază numărului de învârtituri pe secundă și a legăturii dintre acesta și viteza medie, stabilită prin tararea moriștii, se determină viteza medie punctuală, care se trece în coloana 14. În coloana 15, la scări potrivite, se poate desena, în caroiajul existent, variația vitezei pe verticală, făcându-se totodată analiza acestei variații. În cazul unor viteze medii punctuale anormale, diferite foarte mult față de restul vitezelor de pe verticală, se va face rectificarea respectivă după alura curbei dată de celelalte puncte. În cazul în care calculul se face pe teren, se va reface măsurătoarea verticalei respective.

În cazul moriștilor hidrometrice moderne, vitezele medii punctuale sunt calculate și rediate direct (afișate pe *display*), apoi înscrise în carnetul de măsurători în coloana 14.

Calculul vitezelor medii pe verticale se face prin trei metode:

• **Metoda analitică** se aplică numai în cazul măsurătorii vitezelor în punctele standard. În cazul măsurătorii vitezei într-un punct, la $0,6h$, viteza medie pe verticală se consideră egală cu viteza de la $0,6h$.

În cazul măsurătorilor la suprafață (V_s) și la fund (V_f):

$$V_m = \frac{V_s + V_f}{2}$$

În cazul măsurătorilor în 3 și 5 puncte se aplică formulele mediilor ponderate de mai jos:

$$V_m = \frac{V_{0,2h} + 2V_{0,6h} + V_{0,8h}}{4}$$

respectiv,

$$V_m = \frac{V_s + 3V_{0,2h} + 3V_{0,6h} + 2V_{0,8h} + V_f}{10}$$

Vitezele medii calculate se trec în coloana 15 la partea superioară și apoi în coloana 18 de la paginile 6-9 ale carnetului de măsurători de debite de apă.

Metoda analitică nu se aplică în secțiunile cu vârtejuri, poduri, meandre dese sau fenomene de îngheț.

Fișa de calcul a secțiunii și a debitului total, precum și a celui de suprafață, folosind metoda analitică, este prezentată în Tabelul 11.

• **Metoda grafo-mecanică.** Această metodă constă în trasarea epurelor vitezelor, fiind denumită și hodograful vitezelor. Scara vitezelor se alege astfel încât cea mai înaltă verticală să fie reprezentată printr-un segment de până la 10 cm, iar scara orizontală a vitezelor să fie aleasă astfel încât viteza cea mai mare măsurată să fie reprezentată printr-un segment cuprins între 5 și 10 cm lungime.

Tabelul 11. Exemplu de calcul al vitezelor medii punctuale (notația VP – viteză pornire – se utilizează în cazul spațiilor inactive, când viteza de curgere a apei este mai mică decât viteza de pornire a moriștii hidrometrice)

1	Nr. verticalei			Citiri pe tija / cablu	Citiri la cronometru								Suma invariantilor	Nr. invariantilor/secunda	Viteza (m/s)	Diagrama pe verticala a vitezei V (m/s), turbidității p (g/m ³), debit unitar a (g/s/m ²)	Nr. filtrului	Nr. sticlei	Volumul probei filtrate (l)	Cantitatea de aluviuni în suspensie (g)	Turbiditatea p (g/m ³)	Debit unitar de aluviuni în suspensie a (g/s/m ²)
	2	3	4		5	6	7	8	9	10	11	12										
nr. 1	sup	7	7	VP											V _m 0.054							
L = 8	0.2	21	14	VP																		
h = 1.05	0.4																					
H = 219	0.6	63	42	VP																		
	0.8	84	21	VP																		
	fund	77	7	VP																		
repetare															α _m							
nr. II	sup	7	7	21	41	60	81	102	121		320	3.95	0.729	V _m 0.607	m/s	2	2	1	0.51	510	372	
L = 12	0.2	58	51	23	47	71	94				320	3.40	0.630			3	3	1	0.53	530	334	
h = 2.9	0.4																					
H = 219	0.6	174	116	23	41	61	93				320	3.44	0.637			4	4	1	0.54	540	344	
	0.8	232	58	24	48	72	96				320	3.33	0.617			5	5	1	0.55	550	339	
	fund	262	30	27	55	81	108				240	2.22	0.416			6	6	1	0.55	550	229	

Extremitățile din dreapta ale segmentelor vitezelor se unesc printr-o curbă continuă, care se prelungește după alura curbei până la liniile feței apei și fundului. Suprafața hodografului, luată la scările respective ale epurei vitezelor, reprezintă debitul unitar, adică debitul de apă ce se scurge într-o secundă printr-o secțiune dreptunghiulară, având o înălțime egală cu a verticalei respective și o lățime egală cu 1,0 m și se exprimă în m²/s (provenind de la m³/s × m).

Se planimetrează de trei ori suprafața hodografului și se face media valorilor (dacă rezultatul unei planimetrări diferă cu mai mult de 2% de media celor trei planimetrări, operația se repetă) apoi, pentru determinarea debitului unitar se înmulțește suprafața „S” rezultată mai sus cu produsul scărilor hodografului. Având în vedere posibilitățile oferite de programele disponibile pe PC-uri, planimetrarea poate fi înlocuită cu calculul prin reducerea la forme geometrice simple și însumarea acestora. Raportul dintre debitul unitar și înălțimea „h” a verticalei reprezintă viteza medie pe verticală.

$$V_m = \frac{q}{h} \quad ((m^2/s)/m = m/s)$$

Toate cele trei rezultate de mai sus se trec deasupra hodografului, la care se mai adaugă debitul unitar fictiv:

$$q_s = h \times V_s$$

unde:

V_s - viteza apei la suprafață într-o verticală de viteză

Dacă operația de planimetrare se face cu planimetrul, pentru precizia operației se va ține seama că planimetrul trebuie așezat în așa fel încât la trecerea lui peste toată suprafața de planimetricat unghiul format de cele două brațe să nu fie mai mic de 20° sau mai mare de 160°. Înainte de planimetrare, se verifică planimetrul pe suprafața unui pătrat cu latura de 10 cm, la desenarea pătratului fiind folosită aceeași riglă de la desenarea hodografului. Dacă se utilizează hârtie milimetrică, pătratul pentru verificare se va reprezenta pe aceeași planșă. Numărul de diviziuni arătat de planimetru după operația de măsurare va fi un număr oarecare

„n” care poate fi diferit de 100 (număr de centimetri pătrați a pătratului cu latura de 10 centimetri). Constanta planimetrului în acest caz va fi:

$$K = \frac{100 \text{ cm}^2}{n}$$

adică fiecărei diviziuni a planimetrului îi corespunde pe desen o suprafață egală cu $K \text{ cm}^2$.

Planimetrând suprafața unui hodograf cu planimetrul lăsat în aceeași situație care se găsea la fixarea constantei K și presupunând că s-a găsit un număr „p” de diviziuni, suprafața hodografului va fi:

$$S = p \times K$$

Prin lungirea sau scurtarea brațului planimetrului se poate aranja ca planimetrarea suprafeței pătratului cu latura de 10 centimetri să se obțină $n = 100$, adică $K = 1 \text{ cm}^2$, caz în care diviziunile planimetrului vor reprezenta chiar numărul de centimetri ai suprafeței planimetrare.

• **Metoda grafo-analitică** presupune reprezentarea aceluiași hodografe descrise anterior.

Suprafața hodografului se împarte în fâșii orizontale cu lățime egală de 3-10 milimetri, astfel încât să rezulte un număr de 4-12 fâșii. Trebuie luat în considerare ca pe cât posibil înălțimea fâșiei să fie cuprinsă exact în înălțimea hodografului, iar pentru a nu complica foarte mult desenul nu se vor trece liniile despărțitoare dintre fâșii, acestea se vor indica prin niște liniuțe scurte în fața hodografului. Lățimea ultimelor două fâșii de pe hodograf va fi prezentată în cifre. Linia trasată prin mijlocul fiecărei fâșii, luată la scară respectivă, reprezintă viteza medie a fâșiei respective, iar viteza medie pe întreaga verticală este:

$$V_m = \frac{\sum V_f}{n}$$

unde:

V_m - viteza medie pe o fâșie

V_f - viteza fâșiei orizontale

n - numărul de fâșii

În cazul în care înălțimea hodografului nu se poate împărți exact într-un număr de fâșii orizontale de lățime egală, atunci ultima fâșie va avea o lățime mai mică față de lățimea celorlalte, valoarea V_m fiind calculată după formula:

$$V_m = \frac{\sum V_f + \left(\frac{b}{a}\right) \times (V_{f+1})}{\left(n + \left(\frac{b}{a}\right)\right)}$$

unde:

V_m - viteza medie pe ultima fâșie

$\sum V_f$ - reprezintă suma fâșiiilor egale

a - lățimea fâșiiilor egale

b - lățimea ultimei fâșii

V_{f+1} - viteza ultimei fâșii

Pentru simplificarea operațiunii, în partea dreaptă a hodografului se trec în cifre lungimile în centimetri ale mijloacelor fâșiilor, iar jos se trece suma lor. Lungimea fâșiei mai înguste se trece mărită în raportul b/a . Această sumă, înmulțită cu scara vitezelor, reprezintă suma vitezelor medii a tuturor fâșiilor, adică numărătorul formulei de mai sus. Pe hodograf se notează, de asemenea, valorile rezultate din calculul debitului unitar real:

$$q = h \times V_m$$

și a debitului unitar fictiv de suprafață:

$$q_s = h \times V_s$$

4.1.1.4. Calculul debitelor de apă cu morișca hidrometrică

Calculul debitelor de apă măsurate cu morișca hidrometrică se face prin trei metode:

- **Metoda analitică**

- *Măsurătorile complete*: măsurătorile în care viteza apei s-a măsurat în toate verticalele de viteză și suplimentare, iar pe fiecare verticală s-au măsurat în toate punctele standard. Se determină mai întâi suprafața secțiunii transversale și vitezele medii pe verticală. Se calculează mai departe vitezele medii pe suprafețele parțiale, cuprinse între verticalele de viteză, suprafețe care se găsesc calculate și notate în coloana 17 din carnetul de măsurători. Pe suprafețele parțiale cuprinse între mal și prima verticală de viteză sau pe suprafața cuprinsă între verticala limită a spațiului inactiv și verticala de viteză alăturată, viteza medie se calculează după formula:

$$V_m = \frac{2}{3} \times V$$

unde:

V_m - viteza medie pe suprafața parțială aflată lângă mal sau lângă spațiul inactiv

V - viteza medie pe verticala de viteză aflată în proximitatea malului sau a spațiului inactiv

De exemplu, se consideră secțiunea din Figura 11, în care cu linie continuă sunt marcate verticalele de viteză, iar cu linie întreruptă verticalele de sondaj, suprafața hașurată fiind suprafața inactivă. Pentru această secțiune, viteza medie pe suprafața cuprinsă între punctele A și verticala I va fi de:

$$V_{mA-I} = \frac{2}{3} V_I$$

iar pe suprafața cuprinsă între verticala IX și punctul C va fi de:

$$V_{mIX-C} = \frac{2}{3} V_{IX}$$

Pe suprafețele parțiale cuprinse între verticalele de viteză, viteza medie va fi media aritmetică între vitezele medii ale verticalelor de viteză limită.

De exemplu, pentru secțiunea prezentată, pe suprafața cuprinsă între verticala I și verticala II:

$$V_m = \frac{V_I + V_{II}}{2}$$

iar pe suprafața cuprinsă între verticala II și verticala IIa:

$$V_m = \frac{V_{II} + V_{IIa}}{2}$$

Valorile obținute din aceste calcule (vitezele medii între verticale) se trec în coloana 19 din carnetul de măsurători la paginile 6-9, în dreptul suprafețelor parțiale dintre verticalele de viteză aflate în coloana 17.

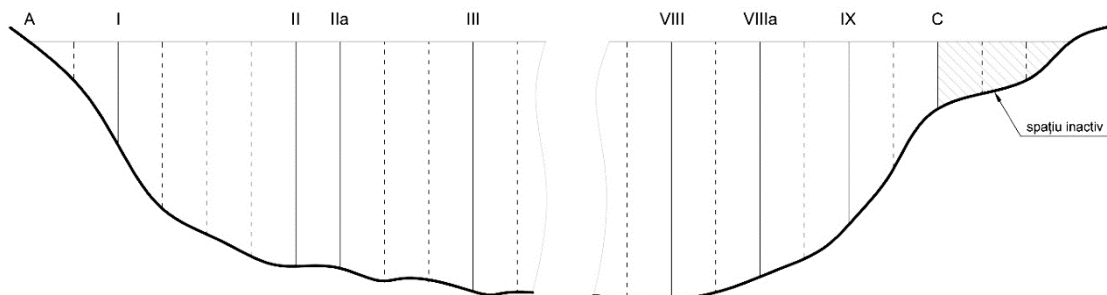


Figura 11. Profil transversal cu spațiu inactiv (suprafața hașurată) și notarea verticalelor de sondaj (linii punctate), a verticalelor de viteză (linii continue) fixe (numerotate cu cifre romane) și a celor auxiliare (numerotate cu cifre romane urmate de litere: IIa, VIIIa); distanța A – C reprezintă lățimea activă a albiei la nivelul apei respectiv

Produsele dintre suprafețele parțiale cuprinse între verticalele de viteză (coloana 17) și vitezele medii aferente (coloana 19) reprezintă debitele parțiale care se scurg între verticalele de viteză și se notează în coloana 20, însumarea lor pe verticală reprezentând debitul total.

- *Măsurătorile de la 0,6h.* Calculul debitului se face prin produsul dintre suprafața parțială și viteza în punctul 0,6h.

- *Măsurătorile la 0,2h și 0,8h.* În cazul în care măsurarea vitezei apei pe fiecare verticală se face în punctele 0,2h și 0,8h, calculul debitului se face ca produs între suprafața parțială și media aritmetică a vitezelor de la 0,2h și 0,8h, conform formulei de mai jos:

$$V_m = \frac{V_{0,2h} + V_{0,8h}}{2}$$

- *Măsurători la suprafață.* În cazul în care măsurarea vitezei s-a făcut numai în punctele „suprafață”, se determină mai întâi așa-numitul debit fictiv sau de suprafață (Q_s) în care, în locul vitezelor medii pe verticale, s-au folosit vitezele de suprafață măsurate.

Calculul secțiunii active se realizează așa cum a fost prezentat în cazul măsurătorii complete, cu deosebirea că măsurătorile la suprafață se efectuează doar în cazul albiilor libere. După determinarea suprafeței secțiunii apei (coloana 17) se completează coloana 21 din carnetul de măsurători cu vitezele de suprafață măsurate în verticalele de viteză. Apoi se calculează vitezele de suprafață între verticalele de viteză în același mod ca și vitezele medii, rezultatele trecându-se în coloana 22. Produsele dintre suprafețele parțiale cuprinse între verticalele de viteză și vitezele de suprafață aferente reprezintă debitele de suprafață parțiale care se notează în coloana 23, suma acestora fiind debitul de suprafață Q_s .

Pentru determinarea coeficientului μ de legătură între Q și Q_s la măsurătorile de debite de apă prin metoda completă și în cazul albiei libere, pe lângă debitul real Q se calculează și debitul de suprafață Q_s , folosind vitezele de suprafață sau cele de la 0,2h (la verticalele unde măsurătorile de suprafață lipsesc). Din raportul celor două valori rezultă acest coeficient de legătură μ .

Dintr-o serie de mai multe măsurători complete în același profil la diferite valori ale nivelului apei la miră, va rezulta un șir de valori ale coeficientului μ . Cu perechile de valori H (cm) și μ se întocmește graficul variației $\mu = f(H)$.

În cazul măsurătorilor simplificate, din graficul corelației de mai sus, în funcție de nivelul apei la miră corespunzător măsurătorii, se citește valoarea coeficientului de legătură μ corespunzător nivelului, iar debitul total estimat Q este:

$$Q = \mu \times Q_s$$

unde:

Q - debitul real

μ - coeficient de reducere

Q_s - debit de suprafață (denumit și debit fictiv)

În Tabelul 12 este prezentat un exemplu de completare/calcul a carnetului de măsurători de debit la o stație hidrometrică, în condiții de albie liberă, efectuată cu morișca pe tijă în profilul mirei, la $H = 82$ cm: (a) calculul secțiunii transversale, al debitelor parțiale și calculul debitului total în secțiune (b-c), calculul vitezelor punctuale și calculul vitezei medii pe verticală, folosind metoda analitică.

Tabelul 12. Exemplu de calcul al unei măsurători de debit cu morișca hidrometrică

SONDAJE										SECȚIUNEA							Viteza medie de suprafață (m/s)		Debitul de aluviuni în suspensie										
Nr. verticalei	Pentru sondaj	Pentru mas. viteză	Distanța de la reper L (m)	Adancimea verticalei (m)			Unghi abat. cablu (m)	Corectie abat. cablu (m)	Gros. gh. in apa (m)	Adancimea activa (m)	Distanța între verticalele de sondaj (m)	Gheata scufundată în apă		Naboiul		Suprafața secțiunii de apă (m ²)		Viteza medie de suprafață (m/s)	Debitul de suprafață (m ³ /s)	Debitul unitar mediu în verticalele de viteză q_v (g/s/m ²)	Debitul unitar mediu în verticalele de viteză q_v (g/s/m ²)	Debit parțial în verticalele de viteză q_v (g/s)							
				Dus	Întors	Media						Suprafața între verticale (m ²)	Suprafața între verticale (m ²)	Între verticalele de sondaj	Între verticalele de viteză	În verticalele de viteză	Între verticalele de viteză												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26				
1			8.4	0.87	0.87	0.87			0.87																				
2	I	10	1.33	1.33	1.33				1.33	2							0.676	0.451	0.793	0.803	0.535	0.942	135	90.0	158				
3	II	12	1.36	1.36	1.36				1.36	2							0.969	0.823	2.213	1.037	0.920	2.475	194	165	443				
4	III	14	1.28	1.28	1.28				1.28	2							1.141	1.055	2.785	1.327	1.182	3.120	260	227	599				
5		16	1.25	1.25	1.25				1.25	2																			
6	IV	18	1.29	1.27	1.28				1.28	2							1.342	1.242	6.282	1.562	1.445	7.309	282	271	1371				
7		20	1.26	1.26	1.26				1.26	2																			
8	V	22	1.27	1.27	1.27				1.27	2							1.492	1.417	7.18	1.733	1.648	8.353	299	291	1473				
9		24	1.17	1.15	1.16				1.16	2																			
10	VI	26	1.12	1.13	1.13				1.13	2							1.295	1.394	6.57	1.543	1.638	7.723	272	286	1346				
11		28	1.04	1.04	1.04				1.04	2																			
12	VII	30	1.05	1.06	1.06				1.06	2							1.164	1.230	5.24	1.391	1.467	6.249	255	264	1123				
13	VIII	32	1.01	1.01	1.01				1.01	2							1.154	1.159	2.39	1.269	1.330	2.746	254	255	526				
14	IX	34	1.05	1.05	1.05				1.05	2							0.850	1.002	2.06	0.860	1.065	2.193	174	214	441				
15	X	36	0.72	0.72	0.72				0.72	2							0.077	0.464	0.82	0.077	0.469	0.829	16.0	95.0	168				
16		38	0.00	0.00	0.00				0.00	2											0.051	0.037		95.0	68.4				
B=			29.6	m													Q =		36.38	Qs =		41.98	R =			7716			
P=			30.7	m													m ³ /s		m ³ /s			g/s							
R=			10.7	m													m ³ /s		m ³ /s			R =			7.72				
																				μ=		0.87		kg/s					

- **Metoda grafo-mecanică**

- Măsurători *complete* – se completează în carnetul de măsurători toate coloanele până la determinarea adâncimii active (coloana 10) și a distanțelor între verticale (coloana 11) inclusiv, iar cu aceste valori se întocmește graficul profilului transversal la o scară potrivită, scara adâncimilor fiind luată de 10 ori mai mare decât cea a lungimilor pe profil. În afară de linia care reprezintă fundul albiei și linia malurilor, se vor mai reprezenta originea permanentă a absciselor, nivelul apei la miră și data la care măsurătoarea a fost efectuată, iar dacă secțiunea este în dreptul mirei, se va reprezenta poziția acesteia și planul „zero miră”. Sub grafic se vor înscrie distanțele dintre verticale, distanțele cumulate având ca origine punctul de unde s-a început măsurătoarea (malul stâng/drept), adâncimile sondajului și natura fundului albiei, precum și scara desenului. În cazul în care suprafața apei este acoperită total sau parțial cu gheață, pe grafic se va reprezenta grosimea gheții scufundate în apă și/sau a năboiului de sub stratul de gheață. Pe același grafic se vor desena și hodografele vitezelor. Se planimetrează suprafața secțiunii active, a secțiunii inactive, a gheții scufundate în apă și a năboiului, valorile obținute prin planimetrare înmulțindu-se cu produsele scărilor corespunzătoare fiecărei mărimi în parte, pentru obținerea valorii caracteristice suprafeței respective. Deasupra liniei apei se prelungesc liniile verticalele de viteză și, începând de la linia apei, se reprezintă valorile elementelor determinate în hodografe (viteze medii V_m , debite unitare reale q , debite unitare fictive q_s), punctele rezultate unindu-se cu linii continue (Figura 12), formând astfel curbele de variație a acestor elemente pe profil.

Curba vitezelor medii va fi utilă la verificarea trasării exacte a curbei debitelor unitare reale în dreptul verticalelelor de sondaj. Verificarea se face obligatoriu în verticalele de sondaj în care linia fundului prezintă frânturi și constă în măsurarea distanțelor de la linia apei până la curba vitezelor și a debitului real. Multiplicând aceste valori cu scările respective va rezulta V_m și q .

Cu aceste valori și folosind adâncimile verticalelelor de sondaj care se află înscrise în profil, se verifică relația:

$$q = h \times V_m$$

Dacă, folosind aceste trei valori, relația de mai sus se verifică la toate verticalele, se poate considera că trasarea curbei q este corectă, iar dacă există puncte unde această relație nu se verifică, se va deplasa curba q astfel încât relația să fie satisfăcută. După trasarea și verificarea curbelor, se planimetrează suprafața cuprinsă între linia apei și fiecare dintre curbe. Aceste suprafețe, înmulțite cu produsul scărilor corespunzătoare, determină debitul real Q , respectiv debitul fictiv de suprafață Q_s . Raportul dintre debitul real Q și suprafața activă a profilului transversal determină viteza medie pe profil.

- Măsurători *la 0,6h*. Se reprezintă grafic profilul transversal și curba debitelor unitare cu valorile:

$$q_i = h_i \times V_{0,6} h_i$$

deduse prin calcul, respectându-se aceleași reguli de reprezentare ca mai sus. Se planimetrează suprafețele secțiunii active a profilului transversal și a debitului de unde vor rezulta Ω și Q .

- Măsurători *la 0,2h și 0,8h*. În mod asemănător se procedează pentru vitezele măsurate la *0,2h și 0,8h*:

$$V_m = \frac{V_{0,2h} + V_{0,8h}}{2}$$

- *Măsurători la suprafață.* Se reprezintă grafic profilul transversal și curba debitelor unitare fictive de suprafață cu valorile:

$$q_s = h \times V_s$$

Din planimetrare rezultă suprafața activă a profilului transversal Ω și debitul de suprafață Q_s din relația:

$$Q = \mu \times Q_s$$

Se determină apoi valoarea coeficientului μ de legătură cu care se calculează valoarea debitului real din relația:

$$Q = \mu \times Q_s$$

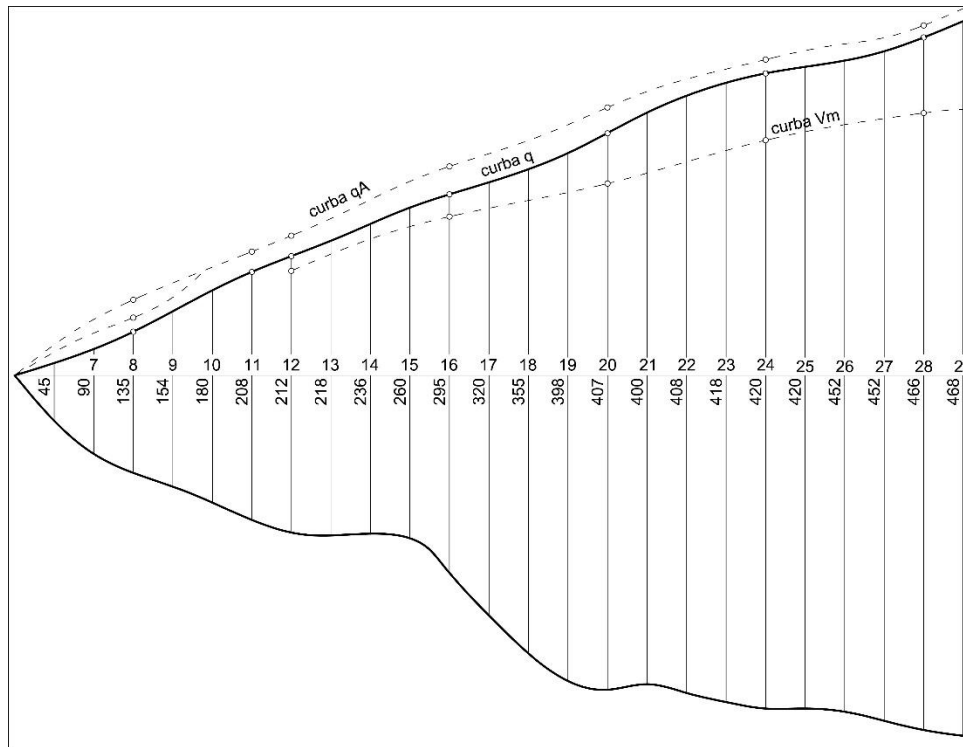


Figura 12. Reprezentarea elementelor determinate prin metoda grafo-mecanică

• Metoda grafo-analitică

- *Măsurători complete.* După executarea și calcularea elementelor hodografelor și completarea carnetului de măsurători până la coloana 11 inclusiv, se desenează profilul transversal așa cum a fost prezentat la metoda grafo-mecanică. Deasupra liniei apei se trasează segmentele V_m , q și q_s și se trasează curbele respective, făcându-se verificările ca la metoda grafo-mecanică. Determinarea suprafețelor respective se face prin calcul, asimilând suprafețele parțiale dintre verticale cu triunghiuri și trapeze, cu formula:

$$\Omega = \frac{b_1 \times h_1}{2} + \frac{b_2 + h_2}{2} \times b_2 + \frac{b_3 + h_3}{2} \times b_3 + \dots + \frac{b_n \times h_n}{2}$$

În cazul în care distanțele între verticale sunt egale, formula se simplifică, astfel:

$$\Omega = b \times (h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n)$$

Formule identice se aplică și pentru calcularea debitului real și al debitului fictiv de suprafață.

- *Măsurători la 0,6h sau la „suprafață”*. Se execută același desen ca la metoda grafo-mecanică, iar calculele elementelor se fac cu ajutorul formulelor de mai sus.

4.1.1.5. Calculul debitului de apă prin metoda izotahelor

Pentru situațiile în care, pe lângă nevoia de cunoaștere a debitului e necesară și cunoașterea repartiției vitezelor pe suprafața profilului transversal, metoda de calcul este cea a izotahelor. Este o metodă mai greoaie pentru determinarea debitelor și necesită operații numeroase și timp îndelungat. Se aplică doar în cazurile măsurătorilor complete, în care măsurarea vitezelor să fie făcută într-un număr cât mai mare de verticale. Și în acest caz se calculează vitezele punctuale în carnetul de măsurători și se completează coloanele 6 – 11, apoi se desenează direct pe profil hodografele fiecărei verticale de viteză, utilizând creioane colorate pentru o mai bună interpretare (Figura 13).

Se fixează apoi numărul curbelor izotahe ce urmează să se traseze. Se extrage viteza maximă punctuală de pe profil și, în funcție de aceasta, se fixează o serie de 6 – 8 valori echidistante cuprinse între zero și valoarea vitezei maxime. De exemplu: $V_{\max} = 1,49$ m/s.

Se aleg pentru izotahe valorile: 0,20; 0,40; 0,60; 0,80; 1,00; 1,20 și 1,40 m/s. Pe verticalele de viteză se fixează apoi, folosind curbele de variație ale vitezelor (hodografele), punctele cu viteze egale cu cele stabilite pentru trasarea izotahelor. În dreptul fiecărui punct se notează valoarea vitezei, iar punctele cu aceleași valori se unesc prin linii continue sau punctate cu culori diferite, după care se planimetrează separat suprafețele fiecărei izotahe.

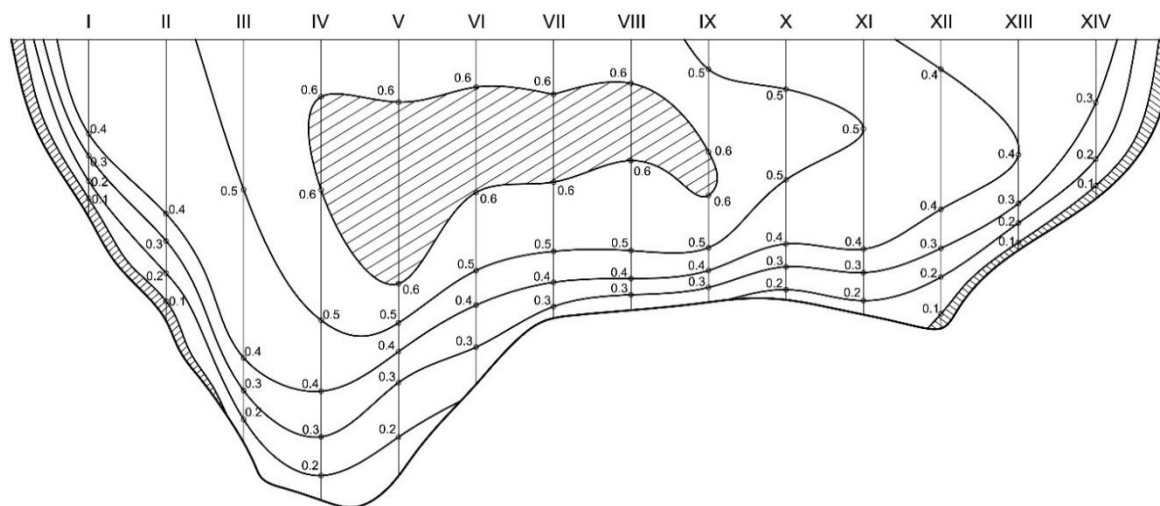


Figura 13. Epura profilului transversal în izotahe

Notând cu Ω suprafața întregului profil transversal, Ω_0 suprafața cuprinsă de conturul mărginit de fața apei, izotaha cu valoarea cea mai mică și fundul profilului, Ω_1 suprafața cuprinsă de conturul alcătuit din izotaha a doua și linia apei; Ω_n suprafața conturată de izotaha cu valoarea cea mai mare; notând cu „a” diferența dintre valorile a două izotahe consecutive, debitul total va fi determinată de formula:

$$Q = a \times \left(\frac{\Omega + \Omega_0}{2}\right) + a \times \left(\frac{\Omega_0 + \Omega_1}{2}\right) + a \times \left(\frac{\Omega_1 + \Omega_2}{2}\right) + \dots + a \times \left(\frac{\Omega_{n-1} + \Omega_n}{2}\right) + q_n$$

Simplificând (a factor comun), formula apare astfel:

$$Q = a \times \left(\frac{\Omega}{2} + \Omega_0 + \Omega_1 + \dots + \Omega_{n-1} + \frac{\Omega_n}{2}\right) + q_n$$

În care valoarea ultimului termen:

$$q_n = \frac{2}{3} \times \Omega_n \times (V_{max} - V_n)$$

unde:

V_n - valoarea izotahei centrale

4.1.1.6. Calculul debitului de apă măsurat cu flotori

Determinarea debitelor de apă utilizând flotorii presupune măsurarea vitezei la suprafața apei în situațiile în care morișca hidrometrică sau alte dispozitive nu pot fi utilizate (nivelul apei este foarte scăzut sau foarte mare și/sau viteza apei este mare, depășind 3,00-3,50 m/s) sau când pe sectorul de râu sunt condiții improprie (lipsa construcțiilor hidrometrice, plutitori). Prin „flotor” se înțelege un corp ușor care plutește la suprafața apei.

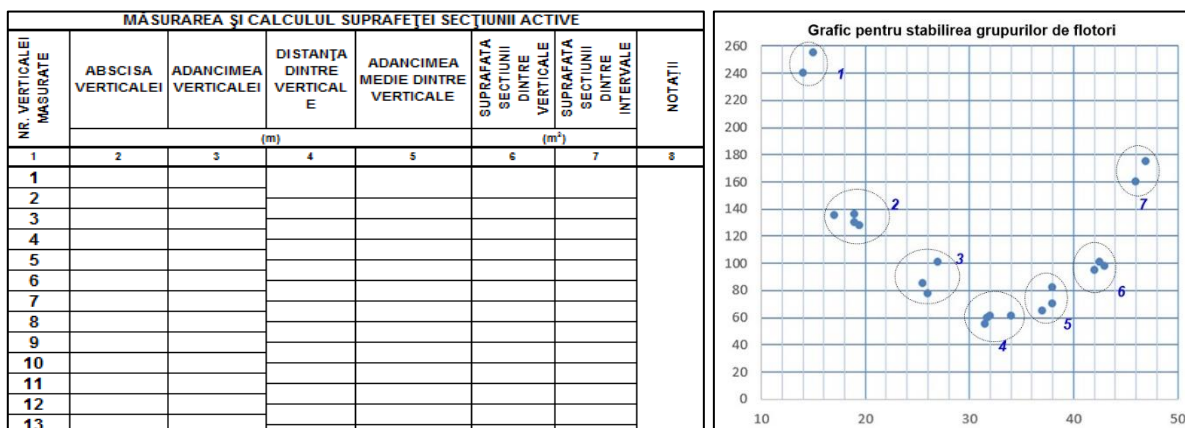
Determinarea debitului cu flotori se poate face prin următoarele metode:

Metoda analitică

Această metodă constă în:

- Calcularea suprafeței secțiunilor dintre verticalele sondate, completându-se coloanele 4, 5 și 6 din fișa „Măsurătoarea debitului cu flotori” în secțiunea „Măsurarea și calculul suprafeței secțiunii active” (Figura 14a).
- Determinarea grupurilor de flotori pe caroiajul de pe fișa din secțiunea „Grafic pentru stabilirea grupurilor de flotori” (Figura 14b). Pe orizontală se fixează abscisele punctelor de trecere a flotorilor prin profilul principal (în metri), iar pe verticală se trece timpul parcurs de fiecare flotor (în secunde).
 - Grupurile de flotori se încercuiesc pe grafic și se numerotează începând de la unul dintre maluri. Flotorii a căror durată a depășit cu mai mult de 10% media duratelor celorlalți flotori din grupă rămân în afara încercuirii și nu se mai iau în calculele ulterioare.
 - În secțiunea „Măsurarea debitului cu flotori” (Figura 14c) se completează coloana 4 cu numărul grupurilor de flotori, iar în coloana 5 se trec diverse observații.
 - Se determină abscisa și durata medie a flotorilor din fiecare grupă.
 - Folosind valorile medii ale absciselor grupurilor de flotori, se fixează distanțele aferente grupurilor.
 - Se calculează „suprafețele dintre intervale”, care se notează în secțiunea „Măsurarea și calculul suprafeței secțiunii active”, coloana 7 (Figura 14a).
 - Calculul debitului continuă în secțiunea „Calculul debitului apei” (Figura 14d), completându-se pe rând coloanele 2 – media timpilor unui grup de flotori, 3 – viteza medie a unui grup de flotori, 4 – suprafața secțiunii dintre intervale, 5 – debitul fictiv dintre intervale.
 - Din însumarea ultimelor coloane rezultă debitul total fictiv de suprafață Q_s .

În funcție de nivelul apei la miră, se va determina coeficientul μ din grafic, apoi debitul real Q .



(a)

(b)

MĂSURAREA DEBITULUI CU FLOTORI				
NR. FLOTORULUI	DISTANȚA	TIMPUL CRONOMETRAT	NR. GRUPEI	NOTAȚII
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

(c)

CALCULUL DEBITULUI APEI				
NUMARUL GRUPEI DE FLOTORI	MEDIA TIMP CRONOMETRAT (s)	VITEZA (m/s)	SUPRAFAȚA (m ²)	DEBITUL FICTIV (m ³ /s)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
TOTAL				

(d)

Figura 14. Exemplu de fișă pentru calculul debitului măsurat cu ajutorul flotorilor

Metoda grafo-analitică

Presupune reprezentarea grafică a profilului transversal: în partea de jos a graficului se înscriu datele despre adâncimea apei la fiecare verticală sondată, abscisa verticalei sondate, abscisa grupului de flotori determinată din graficul pentru stabilirea grupurilor de flotori, viteza medie de suprafață a grupurilor de flotori și viteza medie de suprafață în dreptul fiecărei verticale de sondaj.

Cu valorile vitezelor de suprafață medii ale grupurilor de flotori se trasează segmente verticale proporționale, așezate deasupra liniei apei, în dreptul absciselor determinate. Extremitățile superioare ale segmentelor de viteză se unesc printr-o linie continuă, reprezentând curba de variație a vitezelor superficiale, apoi, folosind această curbă, se măsoară vitezele superficiale din dreptul fiecărei verticale sondate, iar valorile lor se trec în rubrica respectivă de pe portativ.

Calcularea debitelor fictive de suprafață se efectuează ca produse dintre suprafețele parțiale cuprinse între verticalele de sondaj și vitezele de suprafață medii aferente suprafețelor parțiale.

Suprafețele dintre verticalele de sondaj se calculează în funcție de forma geometrică (triunghi sau trapez) după formula:

$$\Omega_1 = \left(\frac{h_{i-1} + h_i}{2} \right) \times b$$

unde:

h_{i-1} și h_i - adâncimile care limitează suprafețele parțiale

b - lățimea acestei suprafețe

Al doilea factor al produsului V_m , adică viteza medie între verticalele de sondaj care mărginesc suprafața parțială respectivă, se determină ca medie aritmetică.

Pentru suprafețele parțiale de capăt se aplică formula:

$$V_m = \frac{2}{3} \times V$$

unde:

V - viteza primei sau a ultimei verticale de sondaj

Debitele parțiale fictive adunate (q_i), determină debitul total fictiv de suprafață Q_s :

$$q_i = \Omega_i \times V_{mi}$$

Pentru determinarea debitului total Q se extrage din grafic valoarea μ corespunzătoare nivelului la care s-a efectuat măsurătoarea și se face produsul între acest coeficient și Q_s .

Metoda grafo-mecanică

Se procedează asemănător descrierii de la metoda grafo-analitică, numai că pe epură, pe lângă curba vitezelor de suprafață, se trasează și curba debitelor unitare de suprafață. Determinarea debitului fictiv de suprafață se face prin planimetrarea suprafeței cuprinse între linia apei și curba debitelor.

*

* *

În cazurile în care măsurătorile se execută în profile oblice pe direcția generală a curgerii (Figura 15a), de exemplu în cazurile apelor mari, când din cauza imposibilității de a măsura în profilul mirei, se măsoară de pe un pod neperpendicular pe direcția curgerii, se efectuează calculul de corecție al debitului, astfel:

- Se măsoară vitezele medii punctuale cu morișca lansată de pe podul oblic, la fel ca în cazul unei măsurători realizate de pe un pod perpendicular, lăsând morișca să se orienteze în funcție de curentul apei. Abscisele verticalele de sondaj și de viteză se măsoară după direcția parapetului podului, adică după direcția înclinată pe direcția generală de curgere a apei;

- Dintr-o serie de 5-6 verticale de viteză fixate la distanțe egale una de alta pe lățimea apei, se lansează pe rând un flotor captiv, măsurându-se unghiul orizontal pe care îl face planul vertical al sforii flotorului cu planul vertical ce trece prin parapetul podului. Media celor 5-6 unghiuri determină unghiul înclinării podului, deci a profilului de măsurare față de direcția generală a curgerii.

- Se determină debitul de curgere (Q_i) după elementele măsurate în raport cu direcția înclinată.
- Se determină debitul real prin înmulțirea debitului Q_i cu cosinusul α (media unghiurilor direcției flotorilor captivi):

$$Q = Q_i \times \cos \alpha$$

În același mod se procedează și în cazul în care în profilul de măsurare apa curge pe mai multe brațe ((Figura 15b), dintre care unele au direcție diferită de curgere față de direcția generală de curgere a râului.

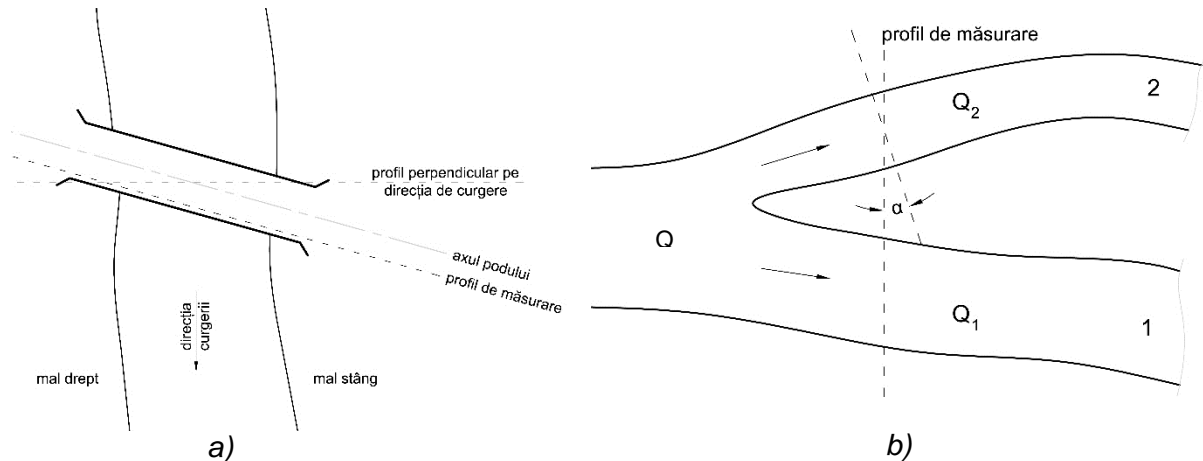


Figura 15. Profil oblic pe direcția de curgere a râului (a) și profil de măsurare în care apa curge pe mai multe brațe (b)

4.1.1.7. Determinări de debite de apă cu alte aparate

Alte metode pentru determinarea debitelor de apă se realizează cu următoarele dispozitive: ultrasonice de măsurare a curentului de apă și a secțiunii transversale – Acoustic Doppler Current Profilers (ADCP) – cu deplasare pe barcă; ultrasonice de măsurare a vitezei curentului de apă – Acoustic Doppler Velocity Meter (ADVM); ultrasonice de măsurare a vitezei curentului de apă - Acoustic Velocity Meter (AVM); electromagnetice pentru determinarea debitului total în canale mici.

4.1.1.8. Surse de erori

În determinarea debitelor de apă există trei surse de erori:

- aparatura de măsurare;
- operatorul care înregistrează valorile primare;
- metodologia de prelucrare.

Aparatura de măsurare, prin modul de construcție, induce o eroare, în funcție de clasa de precizie a aparaturii (morișca, debitmetru, cronometru, cronocontor etc.).

Operatorul induce, de asemenea, unele erori în valoarea măsurătorii de debit, în special în cazul utilizării cronometrului, funcție de gradul de percepție al sfârșitului semnalului sonor și/sau luminos care indică parcurgerea numărului de rotații între două contacte electrice succesive. Pot exista erori cauzate de nerespectarea de către operator a metodologiei de

lucru. Acestea din urmă sunt clasificate ca erori grosolane, posibil de evitat și nu se iau în considerare în cazul analizelor de eroare.

Metodologia de prelucrare poate fi o sursă de erori prin faptul că, atât profilul transversal, cât și viteza pe profil nu se determină instantaneu, continuu, pe întregul profil, ci pe baza unor valori medii punctuale.

Reducerea valorilor erorilor de măsurare se poate realiza în principal prin:

- menținerea în bună stare de funcționare a aparaturii (exploatarea corectă a acesteia); în cazul utilizării moriștilor hidrometrice, o mare importanță în acest sens o are respectarea intervalului dintre două țărări succesive și folosirea uleiului de mecanisme fine pentru rotorul moriștii hidrometrice;
- utilizarea cronocontoarelor;
- alegerea în mod corespunzător a profilului în care se fac măsurătorile, astfel încât să se evite existența unor spații inactive, a unor corecții de cablu de peste 10° , a unor corecții de neperpendicularitate pe profil diferite de la o verticală de sondaj la alta.

4.1.1.9. Raționalizări ale numărului de puncte pe verticale în care se fac măsurători de viteză

Pe plan mondial, pentru a reduce timpul de efectuare a determinărilor de debite de apă, există tendința de a reduce numărul de puncte pe verticala în care se fac măsurători de viteză. Astfel sunt propuneri în care se fac măsurători la suprafață V_s și la $0.38h$. În acest caz se consideră:

$$V_m = \frac{0,34 \times V_s + 0,66 \times V_{0,38h}}{2}$$

unde:

V_m - viteza medie pe verticală

V_s - viteza medie punctuală la suprafață

$V_{0,38h}$ - viteza medie punctuală la adâncimea de 0,38 din adâncimea apei în verticală

În practică, viteza medie pe verticală poate fi considerată valoarea vitezei măsurată la adâncimea $0.6h$.

Raționalizarea numărului de puncte de măsurare a vitezelor pe verticale la o stație hidrometrică parcurge următoarele etape:

- se alege un eșantion de măsurători de debite de apă efectuate anterior (cel puțin 100 de măsurători), respectiv verticale de viteze, care să includă și punctele care se iau în considerare în măsurătorile simplificate. Debitele rezultate la aceste măsurători de viteze trebuie să fie în abatere maximă de 5% față de cheia limnometrică;
- se ia în considerare o metodologie de calcul simplificat (ex.: $V_m = V_{0,6h}$, sau $V_m = 0,34 \times V_{0,2h} + 0,66 \times V_{0,4h}$ etc);
- se calculează vitezele medii pe verticală în conformitate cu metodologia simplificată adoptată;
- se compară rezultatele obținute cu cele realizate pe baza procedurii standard:

$$e = \left(\frac{V_m \text{ simplificat} - V_m \text{ standard}}{V_m \text{ standard}} \right) \times 100$$

- se face curba de distribuție a erorilor (e), funcție de numărul de cazuri analizate; se determină valoarea lui e pentru un grad de încredere de 80%.

4.1.1.10. Validarea determinărilor de debite de apă

Validarea punctuală a datelor hidrometrice se referă în special la validarea determinărilor de debite de apă.

În acest caz, la fața locului (în cazul măsurătorilor de control) sau după sosirea la stația hidrologică a datelor primare (carnete/fișe debite) și după prelucrarea acestora prin metode clasice (analitică, grafo-analitică sau grafo-mecanică) sau cu ajutorul aplicațiilor informatice existente (CAMDAR), se recomandă aplicarea următoarelor metode de validare:

a) Compararea, prin suprapunere a profilelor rezultate din sondajele de adâncime de la două determinări de debite de apă consecutive (dacă cele două determinări de debite de apă s-au efectuat în același profil)

O diferență mai mare a formei patului albiei indică fie existența unei erori în determinarea sondajelor de adâncime, fie existența unei modificări reale a patului albiei cauzate de o viitură sau de un factor antropic (ex. lucrări în albiile râurilor), în cazul perioadelor de ape mici.

b) Verificarea epurelor de viteze

Eventualele erori, odată constatate, se corectează – dacă sursa erorii se poate identifica (de exemplu dacă viteza în punctul respectiv a fost notată greșit) sau se elimină (se renunță la verticala respectivă).

c) Compararea valorilor vitezelor medii pe verticale cu vitezele de suprafață și de la 0.6h

În situații normale, vitezele medii pe verticală trebuie să se încadreze:

$$V_m \text{ verticală} = (0.85 \div 0.95) \times V_s$$

$$V_m \text{ verticală} = (0.95 \div 1.05) \times V_{0.6h}$$

De aceea se recomandă includerea, indiferent de valoarea adâncimii în verticala de viteză, a punctelor *suprafață* și *0.6h*.

d) Realizarea unor corelații în fiecare verticală de viteze:

$$V_m \text{ verticală} = f(H)$$

$$V_s \text{ verticală} = f(H)$$

$$V_{0.6h} \text{ verticală} = f(H)$$

În cazul existenței unor corelații strânse, acestea pot fi folosite pentru validarea determinărilor de debite de apă și pentru estimarea valorilor vitezelor medii pe verticale pe perioada cu viituri (în special noaptea, când nu sunt condiții de determinare a debitelor de apă).

Calculul $l^{1/2}/n$ sau n pentru fiecare determinare de debit de apă se face în mod clasic, sau prin utilizarea aplicației informatice CAMDAR.

Se recomandă compararea valorilor rezultate pentru determinări de debite de apă în condiții de rugozitate și pante similare.

e) Poziționarea, în regim operativ (imediat după efectuarea calculelor) a determinărilor de debite de apă pe cheia limnometrică existentă la data respectivă

Orice abatere mai mare de 5 – 10% este cauzată fie de o eroare de determinare, fie de apariția unei ramuri noi de cheie limnometrică. Această ultimă ipoteză se verifică prin analiza

hidrografului de niveluri de apă realizat anterior efectuării determinării de debit (existența unor maxime/minime semnificative).

Eliminarea unei măsurători de debit trebuie să se bazeze pe o analiză aprofundată care să justifice această decizie. Eliminarea unei măsurători nu conduce la eliminarea erorilor posibile în asemenea cazuri (tehnice, metodice, de întreținere, de pregătire profesională, accidente etc). Pe de altă parte, eliminarea cu ușurință a unor măsurători de debite de apă poate vicia și în mod direct precizia calculelor debitelor de apă, mai ales în zona debitelor extreme caracteristice lunare și chiar anuale.

O măsurătoare de debit suspectă, din punct de vedere al rezultatului ei, trebuie supusă analizei, chiar dacă între situațiile menținerii și eliminării ei nu apar diferențe sensibile la debitele caracteristice (minime, maxime, medii lunare). Analiza unei măsurători trebuie să conțină verificarea completă a operațiilor efectuate, urmărind să stabilească eventualele cauze ale presupuselor erori.

În complexul operațiilor de analiză se recomandă atenție sporită la următoarele probleme:

- Dacă au fost elemente accidentale în condițiile de lucru (vânt puternic, plutitori care au lovit aparatele de măsurare etc).
- Ce echipamente au fost folosite și care sunt rezultatele lor în perioada de utilizare sau în perioada de analiză a datelor, și eventualele rezultate comparative cu măsurătorile considerate etalon, dacă echipamentul respectiv este nou sau a venit de la reparații/tarare.
- Dacă în profilul de măsurare curenții apei au fost neperpendiculari pe profil și nu s-au aplicat corecțiile de neperpendicularitate.
- Dacă există curgere pe braț și debitul acestuia nu a fost măsurat sau estimat corect.
- Dacă la măsurare (în special la ape mari) s-au produs înclinări față de verticală ale cablului de suspendare a moriștii și nu s-au aplicat corecțiile corespunzătoare.
- Dacă nivelul la care se raportează debitul măsurat este corect, mai precis concordant cu observațiile din interval sau, în cazul variației nivelului în timpul măsurătorii dacă au fost făcute observațiile suplimentare conform procedurii, iar calculul nivelului mediu a fost făcut corect.
- Dacă nu s-au făcut reduceri la numărul de verticale, la numărul de puncte în care s-au măsurat vitezele sau la numărul de secunde de măsurare pe punct.
- Dacă una dintre componentele echipamentelor folosite la măsurătoarea de debit nu a funcționat corespunzător (de exemplu un cronometru defect care nu a fost verificat periodic sau un cronometru defect care a fost reparat și dat spre folosință).
- Dacă în profilul de măsurare s-au produs schimbări sensibile față de măsurătorile efectuate înainte și după și dacă acestea au explicații sau se datorează unor erori de măsurare a distanțelor și adâncimilor.
- Cine a efectuat măsurătoarea de debit și calculul elementelor măsurătorii (experiența și nivelul de cunoștințe).
- Dacă la determinarea numărului de învârtituri nu s-a făcut vreo eroare sistematică (se verifică mai multe măsurători de debite efectuate și calculate de aceleași persoane – numărul de puncte înscrise sau modul de notare a acestora).
- Dacă ecuația folosită pentru transformarea învârtiturilor per secundă în viteză este cea corespunzătoare curbei de tarare.
- Dacă la calculul determinărilor simplificate (de exemplu măsurătorile făcute numai la suprafață) s-au folosit coeficienți μ corecți, proprii stației hidrometrice din perioadă respectivă.

În toate cazurile în care analizele făcute arată că au fost erori sau neglijențe în procedeul de măsurare sau în cel de calcul al măsurătorii pentru determinarea debitului de apă, iar aceste erori pot fi corectate, se aduc corecțiile de rigoare și valorile parametrilor determinați din calcul (debit, suprafața secțiunii transversale, viteze medii și maxime etc) se consideră corecți. Orice corectare sau ajustare adusă unei măsurători, fie că e vorba de procedeul de măsurare sau de cel de calcul al elementelor măsurătorii, va fi precizată, cu toate argumentele, în „Date sinteză”, punctul 6.

Eliminarea unei măsurători se poate face numai pe baza dovedirii unor erori care nu pot fi corectate.

Analiza tuturor elementelor unei măsurători eliminate sau considerate a fi eliminate în prima etapă de validare, contribuie la îmbunătățirea metodelor și procedeele de determinare a debitelor de apă, precum și la creșterea profesionalismului personalului care efectuează și/sau calculează, precum și al celui care prelucrează materialul pentru realizarea studiului hidrometric.

Orice valoare eronată, dacă nu a putut fi corectată cu o precizie acceptabilă se înscrie distinct în „Centralizatorul cu determinări de debite de apă” și nu se ia în considerare în prelucrarea studiului hidrometric.

4.1.2. Metoda „pantă-secțiune”

Metoda de determinare a debitelor „pantă – secțiune” este cunoscută și sub denumirea de „precizarea cheii limnimetrice cu ajutorul calculelor hidraulice”, utilizându-se formula Manning-Chézy:

$$Q = \frac{1}{n} \times \Omega \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

unde:

- Q - debitul de apă
- Ω - secțiunea udată (funcție de nivelul apei la miră)
- R - raza hidraulică (funcție de nivelul apei la miră)
- I - panta hidraulică
- n - coeficientul de rugozitate

Metoda „pantă-secțiune” se utilizează când nu se dispune de suficiente măsurători de debite de apă pe ecartul de variație a nivelurilor (pentru o anumită perioadă de timp) sau pentru precizarea cheilor limnimetrice la partea superioară a acestora, dacă nu există măsurători de debite.

Această metodă este utilă inclusiv pentru prognoza hidrologică și gestionarea resurselor de apă în perioadele cu viituri și ajută la:

- determinarea capacității de transport a albiilor corespunzătoare unor niveluri de apă prestabilite;
- determinarea caracteristicilor morfometrice ale albiilor la stațiile hidrometrice (lățime, viteză medie, adâncime medie etc);
- determinarea nivelului corespunzător unor debite maxime cu probabilități de depășire (p%).

Cele mai mari erori în aplicarea formulei provin din stabilirea coeficienților de rugozitate. Aceștia sunt diferiți pe tronsoanele profilului transversal, funcție de granulometrie și de natura și gradul de dezvoltare a vegetației.

Coeficientul de rugozitate se poate determina cu ajutorul relației:

- dacă sunt realizate determinări de pantă și debite de apă la aceleași niveluri:

$$n = \frac{\Omega \times R^{2/3} \times I^{1/2}}{Q}$$

- dacă nu există măsurători de pantă se poate utiliza extrapolarea cu nivelul, prin tendință, sau cu ajutorul unei funcții matematice a curbei:

$$\frac{\sqrt{I}}{n} = f(H)$$

- dacă nici acest lucru nu este posibil, coeficienții de rugozitate corespunzători diferitelor condiții se iau din literatura de specialitate.

Metoda „pantă-secțiune” constă practic din considerarea profilului transversal constituit din tronsoane pe care:

- adâncimea variază liniar cu lățimea;
- coeficientul de rugozitate este constant.

În cazul culeelor de pod, cota profilului pe grosimea culeelor se consideră egală cu cota tablierului podului, dacă secțiunea respectivă se consideră ca fiind inactivă.

Debitul apei se calculează prin însumarea debitelor parțiale pe tronsoane de profil transversal.

4.2. Chei limnimetrice

Cheia limnimetrică este o relație „nivel-debit”. În „Glosarul de termeni hidrologici” (WMO-UNESCO, 1992) sunt incluse următoarele definiții referitoare la cheia limnimetrică:

- Cheia limnimetrică: „Curba care arată legătura dintre nivelul apei și debitul unui curs de apă în dreptul unei stații hidrometrice. În cifre reprezintă „tabela cheii limnimetrice” sau „cheia limnimetrică tabelară” (RO 0982).

- Cheia limnimetrică la remuu: „Familia de curbe care exprimă relația dintre panta longitudinală a feței apei, nivelul la miră și debitul apei într-o albie deschisă pentru un bief influențat de un remuu variabil” (RO 0437).

- Cheie limnimetrică cu histererezis: „Partea cu două ramuri a unei cheii limnimetrice, dintre care ramura care arată debite mai mari corespunde fazei de creștere a apelor, iar cealaltă care arată debitele mai mici corespunzătoare fazei de scădere a apelor” (RO 0755).

Cheia limnimetrică este rezultatul unui ansamblu de operații pe teren și la birou, ambele fiind foarte importante.

Stabilirea unei cheii limnimetrice necesită, printre altele, verificarea tuturor datelor de bază (niveluri înregistrate, determinări de debite de apă) și controlul sistematic al funcționării aparaturii înregistratoare pentru fiecare stație hidrometrică. Calitatea acestor observații și măsurători se răsfrânge asupra preciziei de trasare a cheii limnimetrice și, implicit, asupra datelor orare stocate în baza de date (niveluri, debite) și a tuturor prelucrărilor ulterioare.

Cheia limnimetrică permite determinarea debitului de apă, valoare instantanee, într-o secțiune, în orice moment, cu ajutorul unei ecuații matematice care definește relația nivel-debit (H-Q). Cheia limnimetrică este singura materializare grafică a acestei relații pe un interval de valabilitate, cuprins între valoarea minimă și maximă de nivel al râului.

Relația H-Q este calculată pornind de la măsurătorile de debite de apă realizate într-o perioadă de timp. Fiecare măsurătoare este reprezentată de o pereche de valori „nivel-debit” materializat printr-un punct pe un grafic. Se calculează apoi curba corespunzătoare unei formule matematice simple, ajustată cât mai mult posibil în raport cu punctele reprezentând măsurătorile. Un număr mai mare de măsurători, optim repartizate în timp și pe ecart de niveluri, conduce la o precizie sporită a formei cheii limnimetrice.

Calitatea cheii limnimetrice este de asemenea evidențiată prin mărimea ecartului în care măsurătorile se abat față de cheia limnimetrică, adică dispersia mai mică sau mai mare a măsurătorilor.

Funcție de gradul de stabilitate al albiei râurilor, cheia limnimetrică poate avea una sau mai multe ramuri. De asemenea, din cauza variației în timp a mobilității albiilor (profil, pantă) pot exista în timp ramuri de cheie limnimetrică cvasi-identice pentru perioade de timp non-consecutive. Dacă în perioade scurte de timp se execută lucrări în albie, pot apărea discontinuități ale ramurilor de chei limnimetrice, numite curbe de legătură.

S-au amintit anterior:

- Nivelurile de apă citite/înregistrate sunt valori instantanee, determinate cu mare precizie.
- Debitul de apă sunt valori medii pe durata determinării acesteia; în cazul râurilor cu albie puternic dezvoltate, timpul de efectuare a măsurătorilor durează chiar mai mult de 4-5 ore.
- Orice valoare instantanee de debit de apă (minimă, maximă) se obține prin transformarea nivelurilor după cheia limnimetrică. Excepție fac perioadele în care prelucrarea datelor se face:
 - cu ajutorul metodei interpolării, când valorile minime/maxime se iau din determinările de debite de apă;
 - prin interpolare și cheie limnimetrică, când minimele se consideră valoarea minimă între măsurători și debitul provenit din cheia limnimetrică.

Analiza și trasarea cheilor limnimetrice grafice se realizează obligatoriu prin metoda clasică (pe hârtie milimetrică).

4.2.1. Operații premergătoare trasării cheilor limnimetrice

În vederea trasării cheilor limnimetrice se folosesc:

- fișa cu niveluri medii zilnice și caracteristice (vezi capitolul 2, subpunctul 2.5.);
- graficul variației în timp a nivelului apei (vezi capitolul 2, subpunctul 2.4.3.);
- centralizatorul măsurătorilor de debite lichide (vezi capitolul 4, subpunctul 4.2.1.1.);
- graficele pentru determinarea coeficientului μ (vezi capitolul 4, subpunctul 4.2.1.2.);
- graficele variației în timp funcție de nivelul apei, a debitelor de apă, a secțiunii apei, a vitezei medii a apei, a rugozității și pantei (vezi capitolul 4, subpunctul 4.2.1.3.);
- graficul complex pentru perioada cu fenomene de îngheț (vezi capitolul 4, subpunctul 4.3.4.5.).

4.2.1.1. Centralizatorul măsurătorilor de debite de apă

După verificările efectuate, măsurătorile de debite de apă la o stație hidrometrică se trec în ordine cronologică într-un tabel centralizator al măsurătorilor de debite lichide (Tabelul 13).

În tabel se înscriu, în ordinea coloanelor, următoarele date (coloanele 1-6):

- Numărul de ordine (curent), care reprezintă și numărul măsurătorii de debit din anul respectiv, la care se va face referire în tot studiul hidrometric.

- Data efectuării măsurătorii.

- Numărul profilului (profilul mirei se va nota întotdeauna cu 1).

- Starea râului (se notează, după caz: *liber*, *vegetație acvatică* sau fenomenul de îngheț observat la momentul măsurătorii).

- Nivelul apei H (cm), măsurat în secțiunea mirei, față de planul „zero miră”.

- Debitul de apă Q (m³/s) obținut prin măsurătoarea completă. Dacă debitele de apă au fost obținute prin măsurători de viteze numai la suprafața apei, se va specifica în rubrica *Observații*.

În coloanele 7-18 (*Date hidrometrice în profilul mirei/Date hidrometrice în profilul de măsurători*), la fiecare număr curent se trec o serie de date din măsurători, pe două linii:

- dacă măsurătoarea a fost făcută în profilul mirei, datele se trec pe prima linie la numărul curent al măsurătorii, a doua linie rămânând necompletată;

- dacă măsurătoarea a fost făcută în alt profil decât cel al mirei (profil precizat în coloana a treia), se completează în întregime linia a doua la numărul curent al măsurătorii, iar pe prima linie se vor completa datele din profilul mirei (exceptând viteza maximă). În acest sens, se realizează sondaje efectuate în aceeași zi în profilul mirei, în cazul apelor mici și medii, iar în cazul apelor mari se utilizează un profil la miră ridicat anterior sau la o dată cât mai apropiată de data măsurătorii.

În aceste coloane se vor înscrie:

- Suprafața secțiunii active a apei Ω_a (m²).

- Suprafața secțiunii totale a apei Ω (m²).

- Viteza medie a apei V_m (m/s): rezultă din împărțirea debitului apei Q la suprafața secțiunii active Ω_a . Dacă măsurătoarea nu este făcută în profilul mirei, se calculează V_m și pentru acest profil și se notează în prima linie la numărul curent al măsurătorii. De regulă, profilele mirelor sunt alese astfel încât să nu aibă spații inactive; dacă totuși această condiție nu este îndeplinită, pentru calculul suprafeței secțiunii active în secțiunea transversală a mirei se va folosi o măsurătoare (sau explorarea secțiunii) la miră, efectuată anterior la o dată și la un nivel cât mai apropiate de data măsurătorii.

- Viteza maximă punctuală a apei V_{max} (m/s) înregistrată în timpul măsurătorii.

- Lățimea totală a oglinzii apei B (m).

- Lățimea activă a oglinzii apei B_a (m).

- Adâncimea medie a apei h_m (m).

- Adâncimea maximă a apei h_{max} (m).

- Perimetrul udat P (m).

- Raza hidraulică R (m).

- Panta longitudinală a suprafeței apei I (‰) determinată cu ajutorul mirelor de pantă sau cu aparatul de nivelment și lungimea pe care a fost determinată aceasta.

Se întocmesc graficele de corelație (Figura 16) între Q și Q_s și între coeficientul μ și debitul de suprafață sau între coeficientul μ și nivelul apei H . Corelațiile se pot extrapola.

Pentru cazurile în care nu s-a putut măsura viteza apei decât la suprafață, se calculează Q_s (folosind un profil transversal ridicat anterior, dacă nu s-a putut efectua sondajul la măsurătoarea de suprafață). Din graficele pentru μ , intrând cu Q_s și H , se determină μ și Q verificându-se relația:

$$Q = \mu \times Q_s$$

Coeficientul μ nu se calculează pentru măsurătorile de debite de apă efectuate la fenomene de iarnă care necesită corecții.

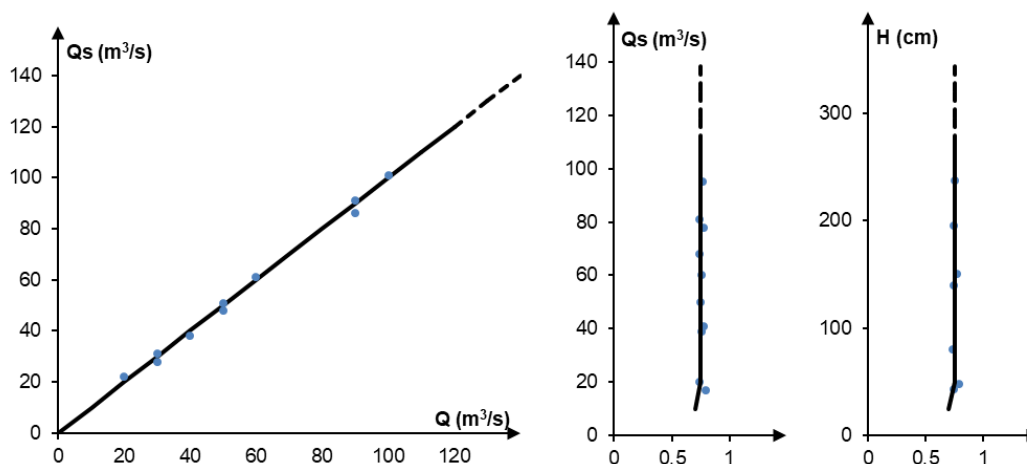


Figura 16. Stabilirea coeficientului de corecție μ

4.2.1.3. Graficele variației în timp funcție de nivelul apei, a debitelor de apă H - Q , a secțiunii apei H - Ω , a vitezei medii a apei H - V_m , a rugozității H - n și pantei H - I

Pe graficele având pe verticală scara comună a nivelurilor, iar pe orizontală scări corespunzătoare elementelor hidraulice, se trec punctele care marchează măsurătorile.

Pentru alegerea scărilor se recomandă ca dreapta care unește punctele extreme să facă cu axa absciselor unghiuri de cca. 45-60°.

În Figura 17 este redat un exemplu schematic pentru graficele: H - Q , H - V_m , H - I , H - n și H - Ω .

Analiza globală a acestor elemente se poate face numai în cazul în care măsurătorile au fost executate în același profil (de preferință profilul mirei). Când măsurătorile sunt făcute în profile diferite, analiza trebuie să țină seama de această realitate și să se desfășoare diferențiat pe profilele folosite, în acest scop punctele de pe graficele H - Ω și H - V_m se marchează cu semne distincte (de ex.: \times \circ \dagger), fiecare semn corespunzând unui profil conform legendei care va fi înscrisă pe planșă.

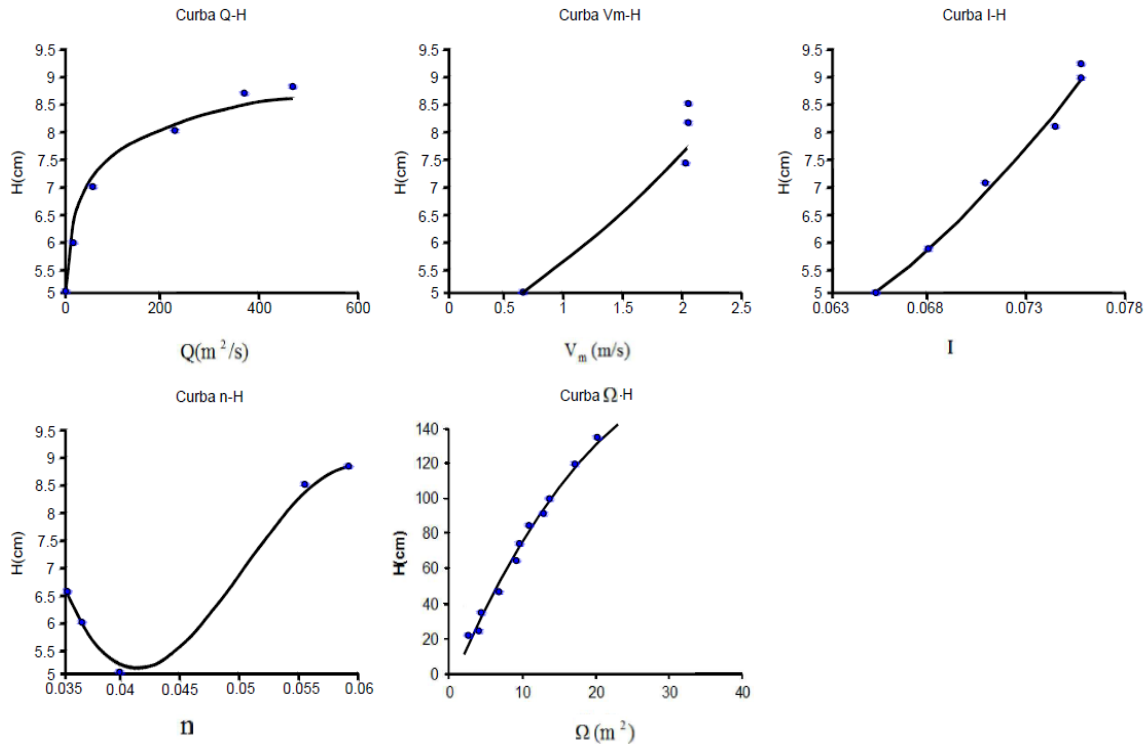


Figura 17. Graficele de legătură a parametrilor hidrologici și hidraulici cu nivelul apei

În ceea ce privește punctele care reprezintă debitele de apă determinate numai pe baza măsurătorilor de viteze, la fața apei presupunem următoarea notare: pentru măsurătorile efectuate cu morișca la suprafața apei se folosește semnul Δ iar pentru cele efectuate cu flotorii: \triangle

Pentru graficul H-I se trec măsurătorile directe din anul pentru care se analizează materialul. Pentru graficul H-n se calculează rugozitatea cu ajutorul formulei Chézy:

$$n = \Omega \times R^{2/3} \times I^{1/2} \times \frac{1}{Q}$$

$$n = R^{2/3} \times I^{1/2} \times \frac{1}{V_m}$$

unde: Q, Ω , V_m , R, I sunt elemente de la măsurătorile de debite de apă și de pante.

Pentru un control al graficelor anuale curente se pot consulta și graficele similare din anii anteriori.

Urmărind așezarea punctelor pe graficele H-Q în ordinea cronologică a măsurătorilor, se poate stabili dacă pe perioada analizată (un an în studiile anuale) există o singură curbă H-Q sau mai multe curbe. Existența unei curbe distincte este susținută de măsurătorile (punctele din câmpul H-Q) care se situează pe grafic când de o parte, când de alta a noii curbe trasate, fără nici o regulă (din punct de vedere cronologic) și cu abateri pe axa debitelor de cel mult $\pm 10\%$.

De cele mai multe ori, este necesar să se întocmească un grafic H-Q pentru totalitatea punctelor care rezultă din măsurători și un alt grafic la scări mai detaliate pentru punctele care provin din măsurătorile la ape mici. Această necesitate apare ca urmare a faptului că pe graficul general, zona apelor mici apare foarte aglomerată afectând precizia în analize și determinări.

În caz de necesitate și pentru legăturile H- Ω și H- V_m se vor realiza grafice generale și grafice detaliate.

4.2.2. Trasarea cheilor limnimetrice

Cheia limnimetrică reprezintă expresia matematică a relației dintre nivelurile și debitele apei. Aceasta poate fi reprezentată atât grafic, în sistem de coordonate ortogonale, cât și tabelar, pe întreg ecartul de niveluri dintr-un an.

În funcție de caracteristicile albiei, cheile limnimetrice pot fi trasate sub formă de curbe unice, curbe cu mai multe ramuri sau bucle. În funcție de fazele de regim hidrologic și de diferite influențe asupra curgerii (fenomene de îngheț, vegetație acvatică, fenomene de remuu), cheile limnimetrice pot fi: de iarnă, de vegetație acvatică, de remuu, de legătură.

Pentru reprezentarea grafică a cheii, se va trasa obligatoriu cu culoare roșie ultima perioadă valabilă din anul anterior, pe ecartul de niveluri din perioada de valabilitate a ramurii de cheie din anul prelucrării.

4.2.2.1. Chei limnimetrice în condiții de albie stabile

4.2.2.1.1. Curba unică

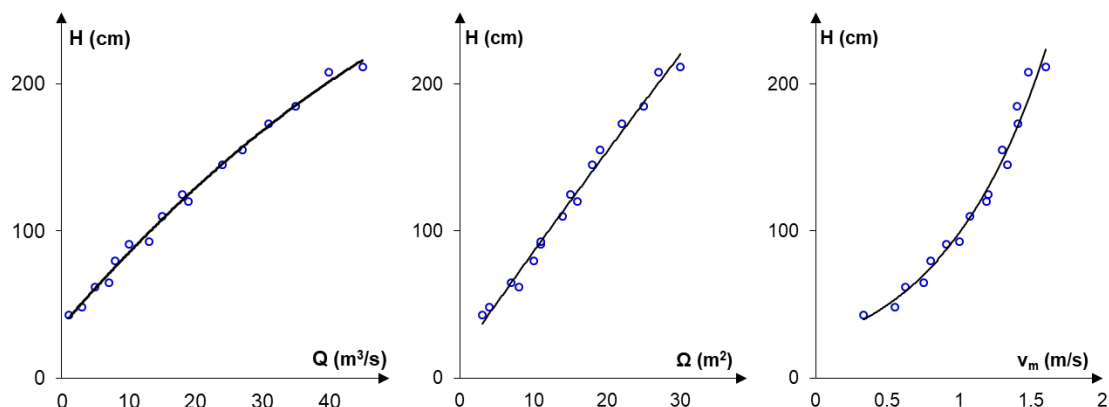
Dacă râul prezintă albie stabilă, legătura grafică dintre H și Q are aspectul unei curbe unice. În acest caz, trasarea cheii limnimetrice constă în desenarea a câte unei curbe pe graficul de analiză al repartiției punctelor $H-Q$, $H-\Omega$ și $H-V_m$ prin centrul de greutate al norului de puncte. Trasarea cheii limnimetrice se reprezintă numai pe ecartul de niveluri în care s-au făcut măsurători. În afara acestui ecart cheia limnimetrică se prelungește prin extrapolare, până la nivelul maxim/minim produs.

Pentru punctele care se abat cu mai mult de 10% de la curbă se analizează carnetele de măsurători și, dacă se constată că sunt afectate de erori de măsurare, nu se iau în considerare în trasarea curbei (dar vor apărea pe reprezentarea grafică). Dacă în partea inferioară a curbei rezultă o îngrămădire de puncte care nu pot fi analizate, iar extragerea debitelor de pe cheie nu se poate face cu exactitate, se impune realizarea unui detaliu, la o scară adecvată.

Odată construite, curbele $H-Q$, $H-\Omega$ și $H-V_m$ se vor verifica din punct de vedere al concordanței. În Figura 18 este un exemplu de grafice ale legăturilor $H-Q$, $H-\Omega$ și $H-V_m$. Aceasta înseamnă că toate cele trei curbe trebuie să fie strâns legate între ele, astfel încât, pentru punctele măsurate în același profil de măsurare și pentru orice punct de pe curbă, pe tot ecartul de niveluri, înmulțirea secțiunii cu viteza medie să dea valoarea debitului de apă din punct, respectiv de pe curbă. Lipsa concordanței dintre cele trei curbe este o indicație precisă că una dintre acestea nu a fost bine trasată. În acest caz se va face o analiză amănunțită, iar curbele se vor corecta pe ecartul respectiv, admițându-se diferența de 1% între valoarea produsului dintre V_m și Ω și valoarea de pe cheia limnimetrică.

Curbele $H-Q$ și $H-\Omega$ trebuie să aibă concavitatea îndreptată către axa absciselor, în timp ce curba $H-V_m$, în majoritatea cazurilor, are concavitatea îndreptată către axa ordonatelor sau este aproape liniară.

Cheile limnimetrice se trasează anual, pe baza măsurătorilor din anul respectiv, având însă în vedere legătura cu anul anterior și cu anul următor, reprezentându-se pe același grafic ultimele măsurători din anul anterior (notate cu culoare roșie, în dreptul lor trecându-se anul) și primele măsurători din anul următor (în dreptul lor trecându-se anul).

Figura 18. Exemple de grafice de legături H-Q, H- Ω și H- V_m

Valorile debitelor care sunt poziționate pe cheia limnometrică în limitele de $\pm 10\%$ confirmă valabilitatea acesteia. Abaterile mai mari de $\pm 10\%$ impun analize suplimentare, în vederea trasării unei noi ramuri a cheii limnometrice.

4.2.2.1.2. Curba sub formă de buclă

În timpul viiturilor, pantele suprafeței apei la creșterea nivelului (I_{cr}) sunt mai mari decât la scăderea acestuia (I_{sc}), ceea ce atrage și inegalitatea între debitele de la același nivel pe creșterea și respectiv scăderea viiturii.

Acest fenomen este evidențiat și de măsurătorile hidrometrice la unele stații situate pe râuri mai mari și mai ales la viituri cu evoluție rapidă. Punctele graficului H - Q se grupează strâns în partea inferioară a câmpului și în două grupe relativ distincte în partea superioară, ale căror puncte legate cronologic conduc la precizarea unor ramuri pentru creșterea și respectiv scăderea apelor la viituri. În acest caz se trasează bucle ale cheii limnometrice chiar dacă ele se situează față de o curbă medie la mai puțin de $\pm 10\%$ (Figura 19).

În partea inferioară corespunzătoare regimului de curgere stabil, cele două ramuri se unesc într-o curbă unică caracteristică regimului relativ stabil de curgere (cu variații lente). Punctele de bifurcație ale curbelor de creștere și descreștere a nivelurilor corespund cu începutul creșterii și sfârșitul descreșterii unei de viitură.

În partea superioară, cele două ramuri se racordează pentru fiecare viitură printr-o curbă tangentă la orizontala prin nivelul maxim al viiturii într-un punct situat aproximativ pe prelungirea curbei medii trasate între ramurile de creștere și scădere. Examinând partea superioară a ramurii de descreștere se observă că nivelul maxim al viiturii se află la extremitatea superioară a ramurii de descreștere, pe când debitul maxim este situat pe ramura de creștere, sub nivelul maxim al viiturii considerate. În cazul viiturilor mai mici și relativ mai lente, situația mai sus arătată nu se realizează în mod evident și debitul maxim se produce practic la nivelul maxim.

Când undele de viitură nu sunt suficient de bine precizate cu citiri suplimentare de niveluri, construirea buclelor se poate face cu unele aproximații (situație rar întâlnită în practica hidrologică), având în vedere următoarele:

- devierea pe orizontală față de curba medie a ramurilor de creștere și descreștere este cu atât mai mare cu cât intensitatea variației nivelurilor în timp este mai mare adică cu cât creșterea sau descreșterea nivelurilor este mai bruscă;

- valoarea devierii se poate aprecia după unghiul de înclinare al liniei de creștere sau descreștere a nivelurilor undelor de viitură față de axa orizontală;
- cu cât unghiul de înclinare este mai mare cu atât mai departe trebuie să se situeze ramura de creștere sau descreștere a buclei față de curba medie.

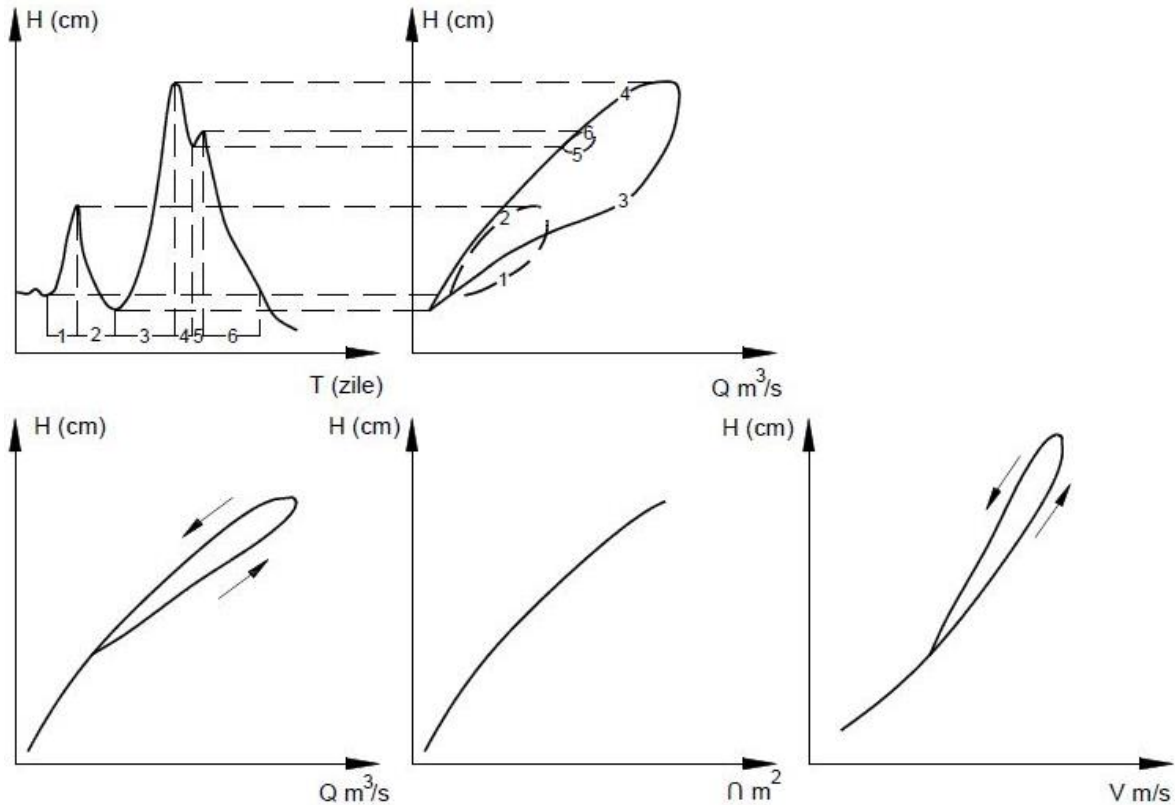


Figura 19. Cheie limnometrică grafică în formă de buclă

În același mod se trasează și curba vitezelor medii a căror formă în cazul viiturilor este tot de buclă (viteza apei modificându-se direct proporțional cu rădăcina pătrată din panta longitudinală a suprafeței apei). Relația H-Q, apare, în general, ca o curbă unică.

4.2.2.2. Chei limnometrice în condiții de albi mobile

Mobilitatea albiilor poate fi periodică sau permanentă. În primul caz, mobilitatea albiei se produce numai în perioada viiturilor, în intervalul dintre două viituri albia rămâne stabilă, iar în cel de-al doilea caz mobilitatea se produce în mod continuu. Pentru albiile cu mobilitate periodică se trasează cheile limnometrice periodice, iar pentru cele cu mobilitate permanentă se trasează o cheie de bază față de care se aplică corecții sau se utilizează chei cu caracter temporar.

4.2.2.2.1. Chei limnometrice temporare

Albiile cu deformare permanentă – curbe temporare – reprezintă legătura dintre debite și niveluri pentru perioade relativ stabile ale albiei, pentru perioade nu prea îndelungate. Trasarea acestor curbe presupune următoarele operații:

- identificarea grupurilor de puncte (Q, H) din aceeași perioadă;

- stabilirea intervalului de timp pentru care sunt valabile ramurile;
- racordarea dintre curbe.

Aceste operații se efectuează pe baza analizei distribuției punctelor în câmpurile H-Q, H-Q, H-V_m în sistemul de coordonate ortogonale și a graficului de variații în timp a nivelurilor (Figura 20).

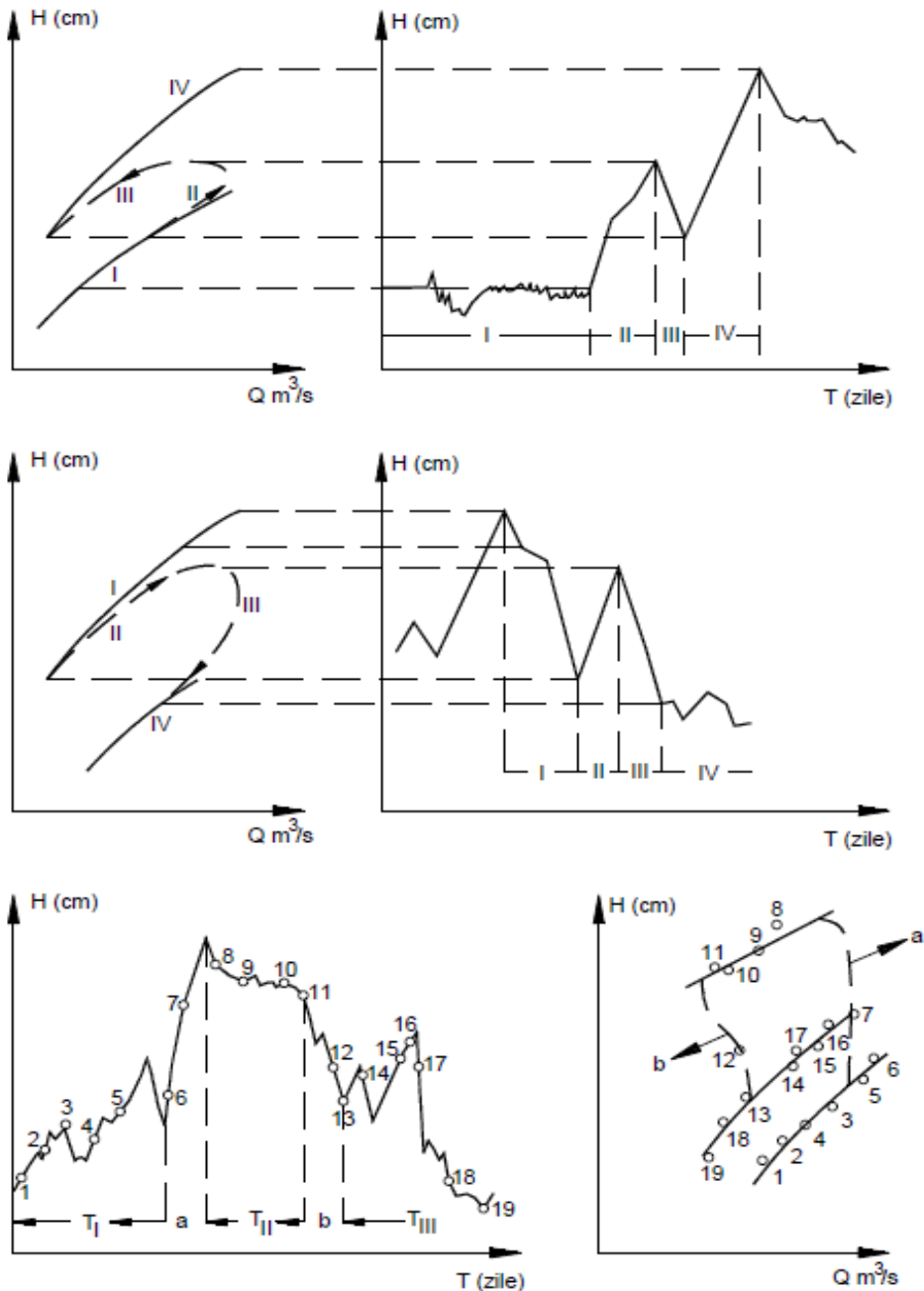


Figura 20. Curbe temporare (în cazul albiilor cu stabilitate pe o perioada limitată)

Punctele H-Q care reprezintă măsurătorile de debit în intervalele de timp când albia nu se deformează, se așează în grupuri distincte, fiecare grup corespunzând unui anumit interval. Aceeași situație se întâlnește și la dispunerea punctelor în câmpurile H-Q, H-V_m. Curbele stabilite trebuie să corespundă cu variația nivelurilor, produsă într-un interval de timp (Figura 20, Figura 21).

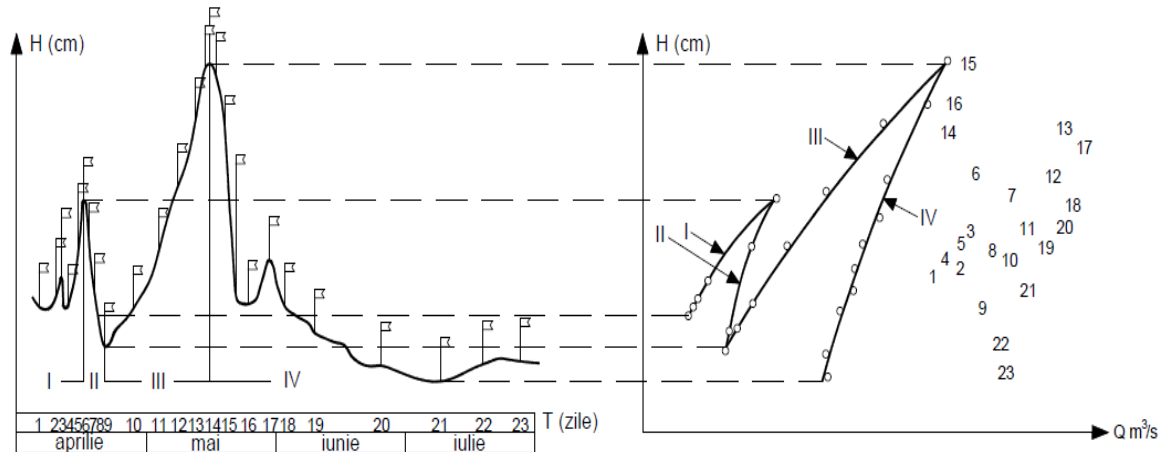


Figura 21. Variația nivelurilor în perioadele pentru care se trasează chei limnimetrice periodice și racordarea curbelor temporare

La analiza grupurilor, dacă punctele izolate aparținând unei perioade pătrund în grupul punctelor din altă perioadă, aceste puncte nu se iau în considerare. După trasarea curbelor H-Q periodice se indică pe graficul cheii și pe graficul succesiv intervalele de timp pentru care ramurile sunt valabile. Pentru delimitarea în timp, se aleg fazele caracteristice ale curgerii.

O problemă importantă o constituie racordarea ramurilor periodice succesive. Se pot întâlni două cazuri:

- când trecerea de la o ramură la alta se produce brusc, datorită unei schimbări rapide a morfologiei albiei; în această situație, începând de la o anumită dată, debitele măsurate se așează toate pe o altă ramură (de exemplu când au loc lucrări în albie și se schimbă complet configurația albiei);
- când între două ramuri succesive există un număr de puncte H-Q intermediare care formează o curbă de legătură între cele două ramuri; curbele de legătură se trasează ținându-se seama de datele calendaristice, de punctele care se așează între curbe și de ecartul de niveluri existent pe perioada sa de valabilitate.

Fiecare analiză la stațiile cu chei limnimetrice temporare arată existența unei mari varietăți de situații și soluții, după cum se vede și din exemplele redată în figurile 18 și 19.

În cazul în care variația nivelurilor coincide cu procesele de deformare a albiei, adică atunci când creșterea nivelurilor coincide cu procesul de colmatare și descreșterea cu erodarea, curba de legătură este ascendentă sau descendentă în funcție de variația nivelurilor. Ea se racordează tangent la nivelul maxim al fazei respective.

În cazul când creșterile coincid cu erodări și descreșterile cu colmatări, curbele (punctele) de legătură se deplasează de-a lungul abscisei (spre dreapta).

Curbele de legătură (de trecere) au durată scurtă, în general și nu întotdeauna se situează pe debite extreme. Punctele de legătură se situează însă adesea la debite extreme.

4.2.2.2.2. Chei limnimetrice pentru albie cu mobilitate permanentă

În aceste cazuri, trasarea cheii limnimetrice se face prin diferite metode:

- a. Metoda Stout;
- b. Metoda trasării cheii limnimetrice cu ajutorul reducerii secțiunilor la curba de bază;
- c. Metoda trasării cheii limnimetrice cu ajutorul adâncimii medii.

a. **Metoda Stout** – trasarea curbei de bază H-Q și aplicarea corecțiilor de niveluri la curba de bază. Această metodă se recomandă să fie aplicată în cazul albiilor cu mobilitate permanentă și fără modificări de pantă, adică atunci când punctele sunt răspândite și nu se pot delimita ramuri periodice, însă se poate trasa o curbă printre puncte, așa numita „curbă de bază”.

Această metodă presupune efectuarea următoarelor operații:

- În câmpul de puncte al măsurătorilor de debite reprezentate în sistemul de coordonate ortogonale H-Q, se construiește curba de bază sau curba standard, cum mai este numită (Figura 22). Această curbă nu reprezintă în sensul real legătura dintre debite și niveluri, ci are un caracter de ajutor. Pentru a trasa aspectul curbei standard este necesar, în prealabil, să se urmărească răspândirea punctelor în ordinea cronologică, să se găsească grupurile de puncte cel mai clar legate cronologic și să se indice punctat curbele periodice după care se va determina aspectul curbei standard (ca o medie a curbelor periodice mai înainte stabilite).

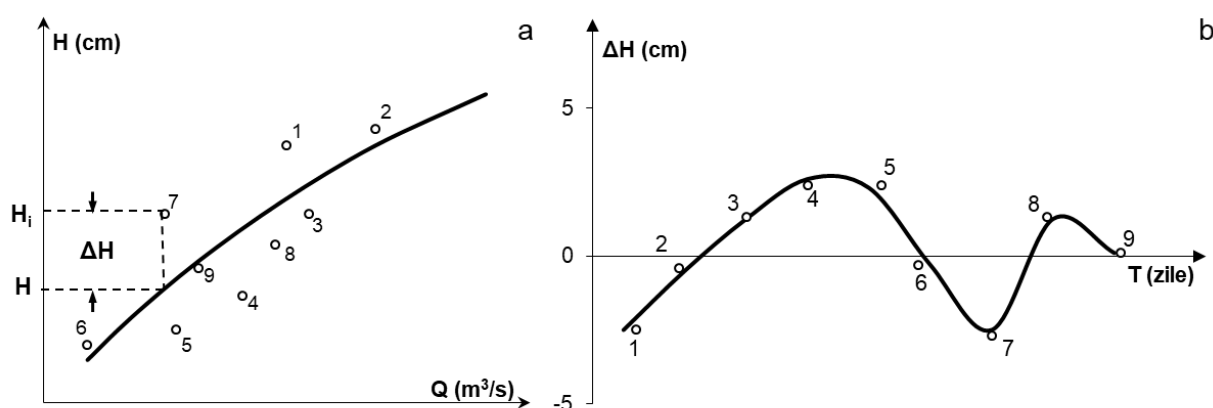


Figura 22. Cheie limnometrică standard (a) și calculul corecțiilor ΔH (b)

- Determinarea, pentru fiecare punct reprezentat în câmpul Q-H a valorii abaterii punctului (ΔH) pe verticală față de curba de bază – abaterea purtând numele de „corecția Stout”. Pentru punctele așezate deasupra curbei de bază, corecțiile ordonate sunt negative ($-\Delta H$), iar pentru punctele așezate sub curbă, corecțiile sunt pozitive ($+\Delta H$).

- Cu valorile corecțiilor ΔH obținute pentru fiecare măsurătoare se întocmește graficul corecțiilor $\Delta H = f(T)$, unde pe orizontală se reprezintă timpul, iar pe verticală, deasupra abscisei, valorile corecțiilor pozitive ($+\Delta H$) și sub axă valorile negative ale corecțiilor ($-\Delta H$), iar din punctele astfel obținute se trasează graficul $\Delta H = f(T)$.

- Punctele ΔH nu sunt situate întotdeauna riguros pe curbă, ci pot prezenta mici devieri. Curba va trece printre aceste puncte în așa fel încât acestea să se așeze pe ambele părți ale curbei. În cazul în care numărul măsurătorilor de debite nu acoperă suficient variația nivelurilor, curba $\Delta H = f(T)$ se va compara cu graficul de variație al nivelurilor, ținându-se seama de următoarele condiții:

- în perioada de variații mici ale nivelurilor, curba corecțiilor va avea curbura cea mai mică sau paralelă cu orizontala, iar în perioada undelor de viitură va avea curbura cea mai pronunțată, adică va forma unghiul cel mai mare cu axa orizontală. Punctele de inflexiune ale graficului $\Delta H = f(T)$ corespund nivelurilor maxime și minime;
- cu ajutorul graficului de mai sus (Figura 22) se determină valorile corecțiilor ΔH pentru fiecare zi, citindu-le pe ordonată cu semnele corespunzătoare. Corecțiile

se însumează algebric la nivelul mediu zilnic. Nivelurile rezultate după aplicarea corecției ΔH se raportează printr-o linie punctată pe graficul de variație a nivelurilor observate (graficul cu variația cronologică a nivelurilor stațiilor hidrometrice succesive).

Pentru abordarea unei soluții corecte în utilizarea metodei corecțiilor ΔH (metoda Stout), se fac următoarele precizări:

- se poate aplica numai dacă numărul de măsurători de debite este suficient pentru a reflecta bine modificările produse. Un număr prea mic de măsurători poate induce erori sensibile.
- se aplică în urma unei analize amănunțite a măsurătorilor de debite ale căror abateri maxime față de cheia limnometrică standard se admite să meargă până la aproximativ $\pm 20\%$. Curba standard se consideră corect trasată dacă mărimile ΔH se situează în mod echilibrat deasupra și dedesubtul liniei de $\Delta H = 0$ cm.
- nu se aplică la măsurători care se înscriu în abateri mai mici de $\pm 10\%$. Când se semnalează izolat măsurători de debit cu abateri mai mari de $\pm 20\%$, se analizează cauzele care determină abaterile.
- nu trebuie folosită ca metodă de îmbunătățire a activității hidrometrice defectuoase (adică pe baza unor măsurători eronate de secțiune, viteze etc. să se modifice nivelurile înregistrate corect).

Corecțiile asupra nivelurilor nu se aplică în timpul viiturilor.

Pentru stabilirea frecvenței medii în timp a măsurătorilor de debite de apă, la albiile cu mobilitate permanentă în perioadele cu ape medii și mici puțin variabile se recomandă executarea zilnică pe timp de 2-3 luni (în luni caracteristice) a unor măsurători de debite de apă, având calitate certă și prelucrarea adecvată a rezultatelor (Q-T; Q-H) pentru care se calculează:

- valorile medii lunare folosind debitele măsurate zilnic (Q_1);
- mediile lunare folosind debitele măsurate în zilele impare și respectiv pare (Q_2' și Q_2''), mediile lunare folosind debitele măsurate din 3 în 3 zile începând cu zilele de 1, 2 și respectiv 3 (Q_3' , Q_3'' , Q_3''') și în mod asemănător mediile lunare folosind debitele măsurate din 5 în 5 zile.
- abaterile mediilor Q_2 , Q_3 și Q_5 față de media reper Q_1 .

Pentru intervalul mediu dintre două măsurători succesive se va adopta cel mai mare interval pentru care abaterile nu depășesc $\pm 5\%$.

Din șirurile de debite care au condus la mediile lunare de mai sus se extrag și valorile lunare maxime și minime. Se verifică abaterile față de valorile lunare maxime și minime determinate după totalitatea debitelor măsurate zilnic.

Pentru intervalul mediu dintre două măsurători succesive rezultat din analiza mediilor lunare de debite se pot accepta abateri ale maximelor și minimelor lunare de până la $\pm 20\%$ față de maximele și minimele reper din șirurile constituite din toate debitele zilnice dintr-o lună.

Dacă intervalul mediu dintre două măsurători succesive rezultă a fi de 3-5 zile, profilul ales pentru măsurători poate fi acceptat, dacă nu pot fi găsite soluții chiar mai avantajoase. Dacă intervalul mediu rezultă mai mic de 3 zile, se vor căuta alte soluții.

b. Metoda trasării cheii limnometrice cu ajutorul reducerii secțiunii la curba de bază – se folosește în cazul albiilor cu mobilitate permanentă, fără modificări de pantă și atunci când sondajele la miră se efectuează mai des decât măsurătorile de debite. Această metodă

se aplică în cazul în care punctele sunt așa de împrăștiate că nu se poate trasa o curbă ca în cazul metodei Stout.

Pentru trasarea curbei cu ajutorul metodei reducerii secțiunilor la curba de bază sunt necesare următoarele operații:

- În sistemul de coordonate ortogonale se reprezintă punctele de măsurători de debite și secțiunile suprafețelor măsurate la efectuarea măsurătorilor și în intervalele dintre măsurători.

- Se suprapun profilurile ridicate la efectuarea măsurătorilor cu cele efectuate în intervalele dintre măsurători și dintre ele se alege acel profil care se apropie cel mai mult de profilul mediu, acest profil purtând numele de profil de bază. Trebuie avut în vedere ca în perioada studiată să nu existe un nivel corespunzător unui punct situat sub fundul albiei în secțiunea respectivă. În această situație (nivelul sub secțiunea de bază), trebuie luat un profil ridicat la data cea mai apropiată de profilul necorespunzător și care îndeplinește, de asemenea, condițiile arătate.

- Cu ajutorul profilului de bază ales se calculează valoarea suprafețelor prin planimetrarea profilului pentru patru sau șase valori ale nivelurilor, alese la intervale egale de la nivelul cel mai mic până la nivelul cel maxim observat în perioada respectivă.

- Valorile suprafețelor astfel calculate se reprezintă în câmpul $H - \Omega$ și prin punctele obținute se trasează curba denumită curba de bază a secțiunilor.

- Față de curba secțiunilor de bază se va determina devierea pe verticală a sondajelor (corecția ΔH). Pentru punctele așezate deasupra curbei corecțiilor ΔH se notează cu semnul „-” (minus) ($-\Delta H$) și cele așezate dedesubtul curbei se notează cu semnul „+” (plus) ($+\Delta H$).

- Cu valorile corecțiilor ΔH obținute pentru fiecare măsurătoare se întocmește graficul corecțiilor $\Delta H = f(T)$, unde, pe orizontală se reprezintă timpul, iar pe verticală, deasupra absciselor, valorile corecțiilor pozitive ($+\Delta H$) și sub valorile ($-\Delta H$).

- Prin punctele astfel obținute se trasează curba denumită „curba corecțiilor de niveluri”. Curba nu se trasează riguros printre puncte, ci ca o medie, în așa fel încât punctele să se așeze pe ambele părți ale curbei. În cazul în care numărul măsurătorilor nu acoperă suficient curba variației nivelurilor, curba $\Delta H = f(T)$ se va compara cu graficul variației al nivelurilor ca în cazul metodei Stout.

- Corecțiile obținute se însumează algebric la nivelurile observate la efectuarea măsurătorilor de debite. În acest fel, pentru fiecare măsurătoare de debite se va determina nivelul corect.

- În sistemul de coordonate ortogonale, alături de graficul de bază, se construiește relația ($H-Q$) cu valorile corectate.

Dacă aplicarea metodei este eficientă, gradul de împrăștiere se reduce simțitor după aplicarea corecției; măsurătorile trebuie să se răspândească pe o fâșie a cărei lățime nu depășește de două ori valoarea erorii probabile de măsurare a debitelor, iar configurația acestei fâșii dă posibilitatea construirii curbei cu aspect normal.

Pe baza graficului corecțiilor $\Delta H = f(T)$ se determină pentru fiecare zi, corecțiile ΔH cu semnul după regula descrisă mai sus. Valorile corecțiilor de niveluri determinate zilnic se vor însuma algebric la nivelurile medii zilnice și în felul acesta se vor obține nivelurile zilnice corectate. Dacă după corectarea nivelurilor punctele deviază totuși de la curba cu o valoare mai mare decât cea admisibilă sau formează grupuri cronologice separate, această metodă nu poate fi aplicată și calculul se va face după metoda familiilor de curbe sau după metoda Stout. Acest rezultat indică faptul că deformarea albiei în profilul respectiv nu s-a produs numai pe verticală, ci s-a produs și modificarea pantei oglinzii apei și în felul acesta cade una din condițiile de bază de aplicare a acestei metode.

c. **Trasarea cheii limnimetrice cu ajutorul adâncimii medii** – se aplică în cazul râurilor de munte cu albie instabile, când norul de puncte de pe graficul de analiză este foarte dispersat. În unele cazuri se reușește să se micșoreze gradul de împrăștiere și să se îngusteze fâșia amplasării punctelor, dacă se construiește relația debitelor nu cu nivelurile, ci cu adâncimile medii.

Dacă prin amplasarea punctelor (Q, h_m), unde h_m este adâncimea medie, în locul punctelor ($Q-H$), se reduce împrăștierea acestora, trasarea cheii limnimetrice se face după aceleași reguli. Aplicarea metodei necesită următoarele operații:

- pentru fiecare debit măsurat se calculează cota medie a fundului albiei ca diferență între cota nivelului și adâncimea medie, mai precis cota medie a fundului albiei egală cu $H - h_m$;
- valorile astfel obținute se reprezintă pe un grafic cronologic. Unind cotele medii ale fundului albiei, se obține graficul cronologic de variație al cotelor în timp.
- pe același grafic și la aceeași scară se reprezintă și variația nivelurilor medii zilnice după observațiile stației hidrometrice.
- adâncimile medii pentru fiecare zi pot fi obținute după grafic ca diferență între cota nivelului și cota medie a fundului albiei.

Prin această metodă se obțin rezultate bune numai la râuri cu maluri abrupte și râuri care se schimbă puțin în înălțime, astfel încât, odată cu creșterea nivelului crește și adâncimea medie. În cazul albiilor majore, la schimbarea nivelurilor din cauza creșterii însemnate a lățimii râului și creșterii mici a suprafeței secțiunii transversale ($h_m = \Omega/B$), se obțin creșteri neînsemnate ale adâncimii medii. Pentru asemenea albie pot fi cazuri când unui nivel mare (apa se revarsă în albia majoră) îi corespunde o adâncime medie mai mică decât la un nivel mai mic (apa nu iese din albia minoră) și în acest caz relația $Q = f(h_m)$ își pierde importanța practică.

4.2.2.3. Chei limnimetrice pentru fenomenul de remuu

Fenomenul de remuu reprezintă ridicarea nivelului unui râu, din aval în amonte, cauzată de: un zăpor (în aval), îngustarea albiei, un obstacol (alunecare de versant, baraj), pătrunderea apei râului de ordin imediat superior (sau a unui afluent) în condiții de viitură, pătrunderea apei marine la o furtună sau la flux etc. Așadar, remuul poate fi provocat de cauze naturale (de exemplu bararea/îngustarea albiei râului de către un afluent care se varsă în aval de stația hidrometrică) sau de cauze antropice (legate de activitatea de exploatare a construcțiilor hidrotehnice: stăvilare, ecluze, etc.).

Dacă în profilul stației hidrometrice se resimte influența remuului, în câmpurile $H-Q$ și $H-V_m$, punctele sunt în general larg dispersate, în timp ce în câmpul $H-\Omega$ punctele pot fi răspândite în limitele unui sector îngust.

Remuul se poate manifesta pe perioade mai scurte sau mai lungi de timp. La stațiile hidrometrice unde acest fenomen se înregistrează în mod repetat, pentru trasarea cheilor limnimetrice este necesar să se stabilească panta suprafeței apei prin instalarea de mire de pantă (cel puțin o miră suplimentară amplasată în zona de formare a remuului).

Cheile limnimetrice folosite la calculul debitelor zilnice în timpul fenomenului de remuu pot fi trasate prin următoarele metode:

- metoda curbelor temporare;
- metoda familiei de curbe;
- metoda cheii limnimetrice pentru remuu.

4.2.2.3.1. Curbe temporare

Trasarea curbelor temporare se poate efectua după indicațiile referitoare la construirea curbelor temporare în cazul albiilor mobile. Spre deosebire însă, de cazul albiilor instabile, curbele temporare în cazul remuului pot avea aspect diferit, de aceea pentru trasarea acestora în cazul remuului, este necesar ca măsurătorile să acopere în întregime variația nivelurilor. Trebuie avute în vedere următoarele aspecte:

- Dacă remuul provocat de îngustarea secțiunii de apă pe porțiunea aval de stația hidrometrică are un caracter mai mult sau mai puțin stabil sub aspect cauzal (de exemplu construirea unui baraj temporar) și în perioada imediată are loc variația debitelor, curba temporară pentru perioada de remuu tinde să se racordeze în partea superioară cu curba de bază (Figura 23a).

- Dacă remuul se produce treptat are loc o variație însemnată a nivelurilor în secțiunea respectivă (de ex. în cazul remuului provocat de undele de viitură pe un râu confluent) curba poate devia în partea superioară față de curba de bază din perioada neinfluențată (Figura 23b).

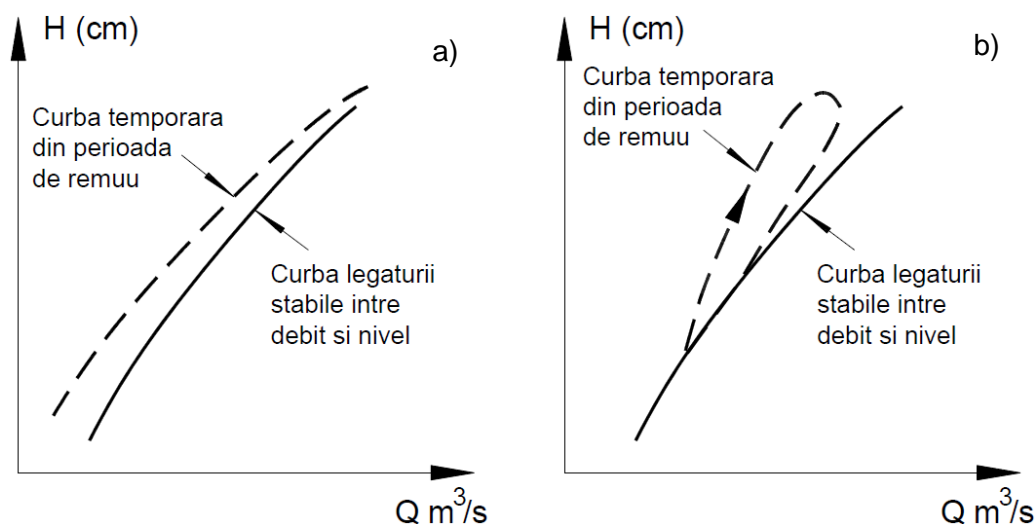


Figura 23. Curbe temporare în perioada cu remuu

În unele cazuri, când remuul provocat de unda de viitură produsă pe râul principal are loc în același timp cu unda de viitură de pe afluent, poate provoca în profilul de pe afluent o buclă cu ramurile inversate. În acest caz, când la creșterea nivelurilor, debitele se micșorează și la descreștere acestea cresc, nu este rațional ca metoda să se aplice la perioadele de variație a nivelurilor neacoperite de măsurători.

4.2.2.3.2. Familii de curbe

Metoda se poate aplica în cazul în care, în profilul de măsurare sunt efectuate măsurători asupra pantei râului. În timpul remuului variabil, oglinda apei este în continuă schimbare pe porțiunea dintre stația hidrometrică de bază și originea remuului. De aceea, în cazurile prezenței remuului variabil, când se fac cercetări hidrometrice, este necesar să se stabilească o secțiune suplimentară la originea remuului și să se efectueze observații sistematice asupra nivelurilor pe aceeași perioadă ca și la stația hidrometrică de bază. Construirea familiilor de curbe este asemănătoare cu trasarea curbelor periodice în cazul

albiilor instabile, cu diferența că familiile de curbe, în cazul remuului variabil se referă de obicei nu la o anumită perioadă de timp, ci la o anumită valoare a pantei oglinzii apei.

Pe graficul relației $Q = f(H_1)$, unde H_1 este nivelul observat la efectuarea măsurătorii de debit, la stația hidrometrică de bază se reprezintă toate punctele debitelor măsurate și, alături de fiecare punct, se notează nivelul observat H_2 în timpul măsurătorii debitului în secțiunea suplimentară. Trasarea familiei de curbe (Figura 24) se face unind punctele cu același nivel H_2 sau cu valori apropiate, aplicând principiul de trasare a izoliniilor.

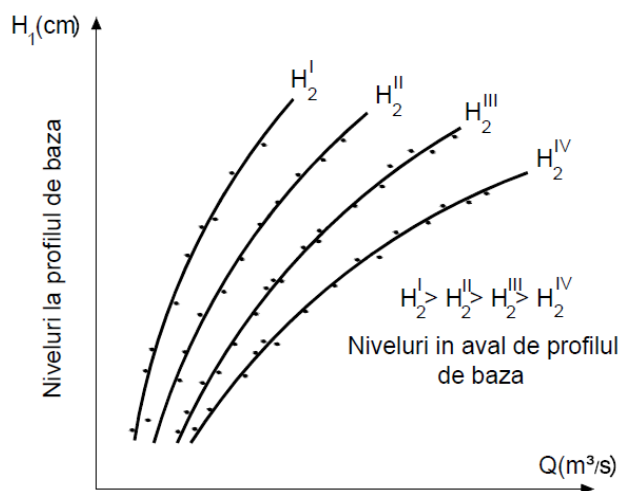


Figura 24. Familii de curbe H_1 - Q

Astfel, fiecare curbă a debitelor corespunde unui nivel determinat la secțiunea suplimentară sau, cu alte cuvinte, corespunde unui același remuu.

4.2.2.3.3. Chei limnimetrice pentru remuu - reducerea măsurătorilor de debite de apă la cheia limnometrică de bază

Analog cu metoda Stout (corecția de nivel la curba de bază), se construiește în prealabil curba de bază convențională corespunzătoare diferenței de niveluri medii între secțiunea de bază și secțiunea suplimentară. Întrucât în cazul remuului variabil variația de pantă este aceea care face ca punctele H - Q să se împrăștie, esența metodei de trasare a cheii limnimetrice, în acest caz, constă în a reduce toate debitele măsurate la o pantă medie.

În acest scop se introduc următoarele noțiuni:

H_1 este nivelul la secțiunea de bază;

H_2 este nivelul la secțiunea suplimentară;

$\Delta h_i = H_{1i} - H_{2i}$ este diferența de nivel din timpul măsurătorii de debit i între nivelurile de la cele două secțiuni;

$\Delta h_0 = \frac{\sum \Delta h_i}{n}$ este diferența medie de nivel a tuturor măsurătorilor de debite, unde n - numărul măsurătorilor de debite.

Justificarea construirii curbei de bază se întemeiază pe următoarele considerente:

Dacă la același nivel H_1 observat la stația hidrometrică de bază au fost măsurate două debite Q_i la căderea Δh_i și Q_0 la căderea Δh_0 , atunci avem:

$$\frac{Q_i}{Q_0} = \frac{\Omega_i \times C_i \times \sqrt{R_i} \times \sqrt{I_i}}{\Omega_0 \times C_0 \times \sqrt{R_0} \times \sqrt{I_0}}$$

Întrucât la același nivel H_1 , $\Omega_i = \Omega_0$, $C_i = C_0$ și $\sqrt{R_i} = \sqrt{R_0}$, relația se simplifică, rezultând:

$$\frac{Q_i}{Q_0} = \sqrt{\frac{I_i}{I_0}}$$

unde, înlocuind pe:

$$I_i = \frac{\Delta h_i}{L} \quad \text{și} \quad I_0 = -\frac{\Delta h_0}{L}$$

obținem:

$$\frac{Q_i}{Q_0} = \frac{\sqrt{\Delta h_i}}{\sqrt{\Delta h_0}}$$

Notând:

$$\frac{\Delta h_i}{\Delta h_0} = Z$$

obținem:

$$\frac{Q_i}{Q_0} = \sqrt{Z}$$

În felul acesta, pentru toate măsurătorile de debit obținem debitele reduse la panta medie a stației hidrometrice

$$Q_0 = Q_i \times \frac{1}{\sqrt{Z}}$$

Calculul se înscrie ca în Tabelul 14.

Tabelul 14. Exemplu de tabel cu elementele folosite la trasarea cheii limnimetrice prin metoda curbei de bază

Nr. măs.	Data	Niveluri (cm) la s.h.:		$\Delta h_i = H_1 - H_2$	$Z = \frac{\Delta h_i}{\Delta h_0}$	\sqrt{Z}	Debit măsurat Q_1 (m ³ /s)	Debit redus $Q_0 = Q_1 \times \frac{1}{\sqrt{Z}}$ (m ³ /s)
		De bază H_1	Suplimentară H_2					

Debitele astfel obținute vor fi prezentate pe același grafic pe care au fost prezentate din măsurătorile nereduse. După cum se vede și în Figura 25, debitele măsurate prezentate printr-o cruciuliță sunt mai împrăștiate decât debitele reduse, reprezentate prin cerușe.

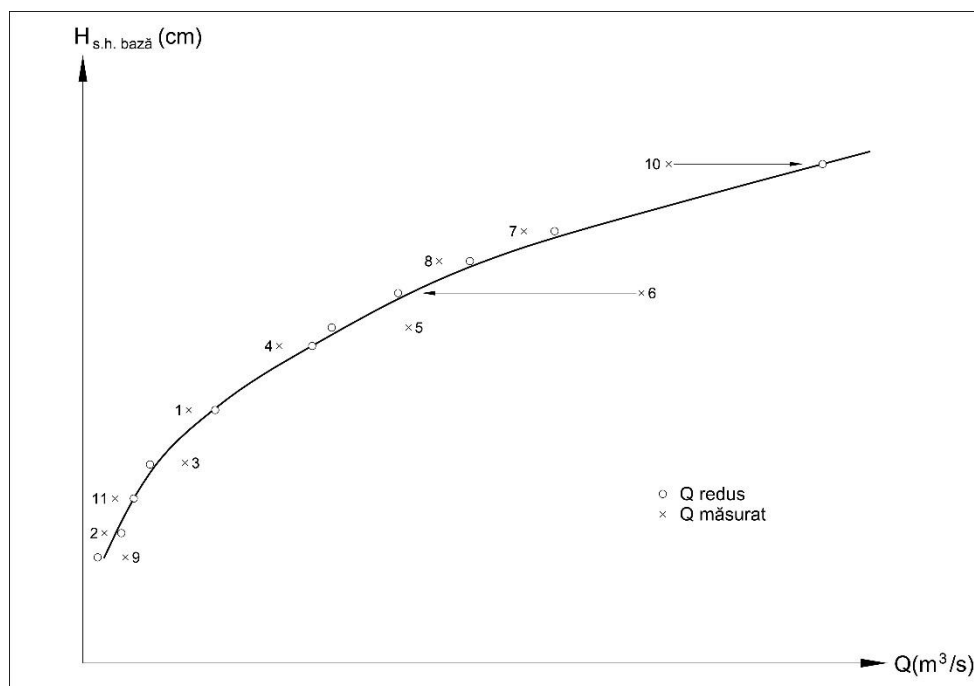


Figura 25. Metoda reducerii debitelor la panta medie în perioada cu remuu

4.2.2.4. Chei limnimetrice pentru perioadele cu fenomene de îngheț

Dacă se dispune de măsurători de debite de apă executate cu frecvență crescută și pentru cazuri de variație a nivelurilor apei în condiții de relativă stabilitate a fenomenelor de îngheț, plasarea pe graficele H-Q a punctelor de măsurători poate evidenția existența uneia sau chiar a 2-3 curbe de iarnă (Figura 26), care pot fi folosite după recomandările pentru curbe limnimetrice temporare. Se va acorda atenție sporită la racordările cu perioadele anterioare și următoare (Figura 26).

Trasarea curbelor în funcție de modul de răspândire al punctelor H-Q se face astfel:

- În cazul în care punctele H-Q formează o fâșie izolată, îngustată și când punctele formează mai multe grupe cronologice, se aplică metoda trasării curbelor temporare după procedeul obișnuit, în cazul albiilor cu mobilitate permanentă (cheie de iarnă). În funcție de formațiunile de gheață care au existat în profilul respectiv, se pot trasa una sau mai multe astfel de curbe. Se pot întâlni cazuri când debitele măsurate în perioada de sloiuri rare formează o ramură de legătură între curba debitelor cu suprafața liberă și curba pentru pod de gheață stabil. De asemenea, se poate forma o ramură de legătură între curba debitelor din perioada cu pod de gheață stabil și curba pentru perioada cu curgere liberă.

- În cazul în care în răspândirea punctelor nu se pot identifica grupe cronologice se aplică metoda utilizării cheilor limnimetrice din perioada liberă de gheață și corectarea valorilor debitelor determinate cu ajutorul acestei chei, cu coeficienți de corecție K_i (vezi subpunctul 4.3.4.3.).

Dacă nu se pot aplica metodele menționate, debitele medii zilnice se determină folosind metoda interpolării ($Q = f(T)$).

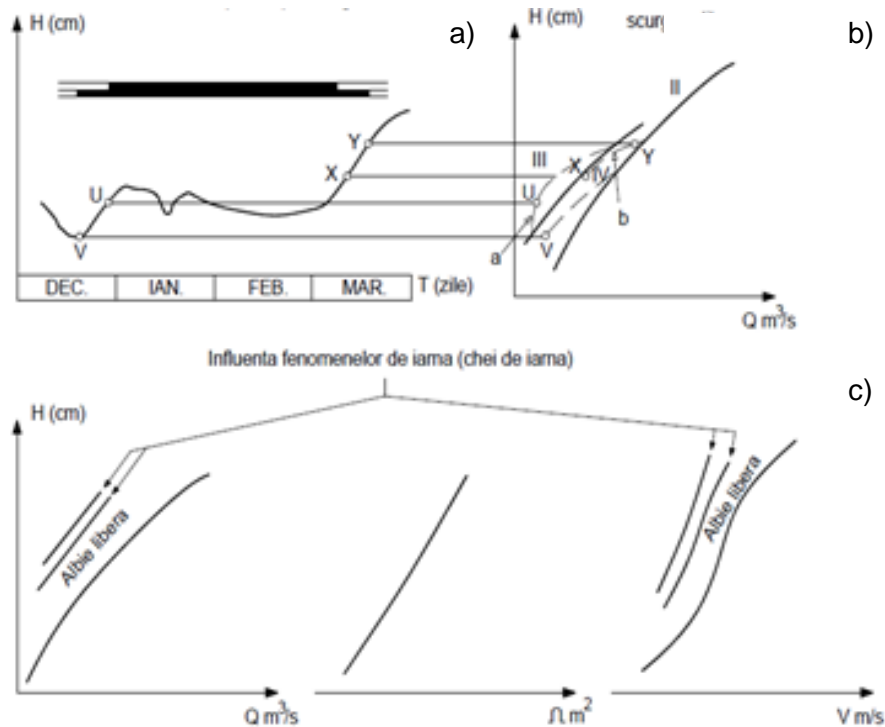


Figura 26. Graficul H-T în perioada cu fenomene de îngheț (a); chei limnimetrice de iarnă: a - curba de legătură între curba pentru perioada cu suprafața de scurgere liberă și curba pentru pod de gheață, b - curba de legătură între curba din perioada cu pod de gheață stabil și curba pentru perioada cu suprafața de scurgere liberă (b); curbe temporare când măsurătorile formează mai multe grupe cronologice (c)

4.2.2.5. Chei limnimetrice pentru perioadele cu vegetație acvatică

Pe unele râuri, datorită perioadelor cu insolație puternică, se produc creșteri rapide ale vegetației acvatice. Cheile limnimetrice folosite la calculul debitelor zilnice în perioadele cu vegetație sunt:

- curbe periodice (temporare): trasarea acestora se efectuează similar cu trasarea curbelor temporare în cazul albiilor instabile.
- cheile limnimetrică din perioada în care albia este liberă de vegetație și afectarea valorilor determinate cu ajutorul acestei chei cu un coeficient de corecție K_v (vezi subpunctul 4.3.5.3.).

Dacă nu se pot aplica metodele menționate, debitul mediu zilnic se determină folosind metoda interpolării ($Q = f(T)$).

4.2.3. Extrapolarea cheilor limnimetrice

Pentru calcularea debitelor zilnice după cheile limnimetrice este necesar ca acestea să fie trasate pe întregul ecart de niveluri observate anual. Calculul debitelor se consideră exact atunci când ecartul între nivelurile extreme în care s-au făcut măsurători este de cel puțin 90% din ecartul de niveluri observat în perioada respectivă. Sunt însă și situații când măsurătorile la ape mari sau la ape mici lipsesc, trasarea curbei în partea superioară sau inferioară făcându-se în aceste situații, prin extrapolare. Alegerea metodei de extrapolare depinde, înainte de toate, de forma albiei, de mărimea ecartului de extrapolare, de precizia urmărită în calcul și de materialul disponibil.

4.2.3.1. Extrapolarea cheilor limnimetrice la partea superioară

4.2.3.1.1. Prelungirea directă a curbei debitelor (extrapolare prin tendință)

Extrapolarea cheii limnimetrice prin prelungirea directă a curbei debitelor este admisibilă numai în cazul în care ecartul de extrapolare nu depășește 10% din ecartul observat și în cazul în care profilul transversal nu prezintă inflexiuni, iar rugozitatea malurilor nu suferă schimbări bruște. Dacă profilul prezintă albie majoră, extrapolarea este permisă numai dacă măsurătorile sunt cuprinse într-un ecart de cca 70 – 80% din amplitudinea nivelurilor din albia majoră.

Metoda constă în prelungirea prin tendință a cheii limnimetrice până la nivelul maxim anual în continuarea curbei trasată pe baza măsurătorilor. La extrapolarea curbei prin prelungire directă, hidrologul trebuie să țină cont de tipul formei albiei în profilul transversal, în profilul de măsurare, în intervalul de niveluri pe care se face extrapolarea. Dacă pantele de înclinare ale malurilor în intervalul de extrapolare se micșorează, atunci și curba cheii limnimetrice trebuie să crească în mod corespunzător. Creșterea rugozității malurilor (de exemplu în cazul prezenței vegetației) micșorează gradul de înclinare a cheii limnimetrice, comparativ cu situația în care rugozitatea rămâne aceeași pe toată înălțimea malurilor.

În unele situații, prelungirea curbei nu se face exact prin măsurătoarea efectuată la nivelul cel mai mare, mai ales atunci când celelalte măsurători au unele abateri, partea superioară fiind trasată ca o medie a măsurătorilor.

4.2.3.1.2. Extrapolarea cheilor limnimetrice prin metoda hidraulică (Chézy)

În cazul existenței de determinări asupra pantei râului pe sectorul aferent profilului de măsurare, pentru extrapolarea cheilor limnimetrice se folosește metoda hidraulică (Chézy).

Valorile debitelor din zona de extrapolare se determină din produsul:

$$Q = \Omega \times V_m$$

Suprafața secțiunii transversale în limitele ecartului extrapolat se determină prin planimetrarea profilului ridicat în profilul de măsurare. Viteza medie se determină după formula lui Chézy:

$$V_m = C \times \sqrt{R \times I}$$

unde:

I - panta suprafeței apei

C - coeficientul de viteză

R - raza hidraulică, determinată după formula:

$$R = \frac{\Omega_a}{P}$$

unde:

Ω_a - suprafața activă a secțiunii transversale

P - perimetrul udat al secțiunii transversale

Pentru majoritatea albiilor naturale pentru care raportul dintre adâncimea maximă și lățimea oglinzii apei nu depășește 1:10, pentru simplificarea calculelor se poate înlocui raza hidraulică R cu adâncimea medie h_m . Determinarea pantei I și a coeficientului de viteză C , în limitele ecartului extrapolat se face prin construirea și extrapolarea curbelor $C\sqrt{I} = f(H)$ și $\sqrt{R} = f(H)$.

$C\sqrt{I}$ se determină din formula:

$$V = C \times \sqrt{R \times I}$$

de unde:

$$\frac{V}{\sqrt{R}} = C \times \sqrt{I}$$

Pentru râurile mari, la care adâncimile medii depășesc 3,5 – 4,0 m, de cele mai multe ori curbele $C\sqrt{I} = f(H)$ și $\sqrt{R} = f(H)$ au o curbura foarte puțin pronunțată și de multe ori se apropie de o dreaptă paralelă cu axa ordonatelor care ușurează foarte mult extrapolarea acestora. La râurile relativ mici și în diferite cazuri în care adâncimile medii sunt mai mici de 3,5 – 4,0 m, curbele $C\sqrt{I} = f(H)$ și $\sqrt{R} = f(H)$ au, de regulă, diferite curburi și inflexiuni. În acest caz, nu este recomandat să se aplice formula lui Chézy, deoarece nu se poate pune bază pe extrapolarea lor. În cazuri izolate, când și la râurile cu adâncimi medii mici, printre puncte se poate trasa o curbă lină și la partea superioară se apropie de o dreaptă, această metodă de extrapolare poate fi utilizată.

Pentru câteva valori de niveluri la intervale egale pentru extrapolarea curbei, calcularea debitelor se efectuează în felul următor:

- cu ajutorul curbelor $C\sqrt{I} = f(H)$ și $\sqrt{R} = f(H)$, pentru câteva valori ale nivelurilor la intervale egale se determină valorile $C\sqrt{I}$ și \sqrt{R} ;
- pe baza acestor valori, cu ajutorul formulei:

$$\frac{V}{\sqrt{R}} = C \times \sqrt{I}$$

se va determina:

$$V = C\sqrt{R} \times \sqrt{I}$$

- înmulțind valoarea vitezei astfel obținute cu valoarea secțiunii de apă determinată prin planimetrarea profilului sau determinată după curba H- Ω , se obține valoarea debitului care se reprezintă pe curba H-Q, iar pe baza acestor puncte se trasează limitele ecartului extrapolat, respectiv curba debitelor.

Calcululele se vor prezenta într-un tabel centralizator conform Tabelul 15.

Înmulțind valoarea vitezei apei astfel obținută cu valoarea secțiunii de apă (determinată prin planimetrarea profilului) se stabilește valoarea debitului. Pe baza acestor valori se trasează în limitele ecartului extrapolat curba H-Q.

Metoda este utilizată aproape în exclusivitate pentru partea superioară a cheilor limnometrice și se aplică diferențiat pe albia minoră și pe cea majoră, în final făcându-se suma debitelor rezultate.

Tabelul 15. Tabele cu elementele utilizate la extrapolare

1. DATE DIN MASURATORI DE DEBITE

Nr.Crt	DATA			H (cm)	Q (m ³ /s)	Ω (m ²)	Vm (m/s)	P (m)	R (m)	$\frac{z}{R}$	i ‰	$i^{1/2}$	n	$(i^{1/2})/n$
	ANUL	LUNA	ZIUA											

2. CALCULE DE EXTRAPOLARE

Nr.Crt	H (cm)	Albia minora						Albia majora - mal stang						Albia majora - mal drept						Q total (m ³ /s)					
		Ω (m ²)	R (m)	i ‰	n	Vm (m/s)	Q (m ³ /s)	Ω (m ²)	R (m)	i ‰	n	Vm (m/s)	Q (m ³ /s)	Ω (m ²)	R (m)	i ‰	n	Vm (m/s)	Q (m ³ /s)						

4.2.3.1.3. Metoda curbelor H- Ω și H-V_m

Extrapolarea pe baza curbelor H-Ω și H-V_m se admite până la 30% din ecartul nivelurilor (Figura 27), numai în cazul în care măsurătorile sunt făcute într-un singur profil de măsurare și când relația H-V_m este strânsă și cu o direcție bine definită.

Cheia limnometrică în porțiunea de extrapolat se determină ca fiind produsul dintre Ω și V_m, corespunzător unor intervale egale de nivel. În porțiunea de extrapolat, curba H-Ω se trasează prin planimetrarea profilului de măsurare, iar curba H-V_m se trasează prelungind prin tendință curba deja trasată prin punctele care marchează măsurătorile de debite.

La folosirea acestei metode de extrapolare hidrologul trebuie să țină cont de modificările rugozității malurilor în limitele ecartului extrapolat. În situația în care rugozitatea malurilor crește cu înălțimea acestora în limitele ecartului extrapolat, cheia limnometrică în această porțiune trebuie să fie mai curbată, comparativ cu situația în care rugozitatea rămâne constantă cu înălțimea malurilor. De același lucru trebuie ținut cont și în prelungirea curbei vitezei medii, astfel, odată cu creșterea ușoară a rugozității și a înălțimii malurilor, curba vitezelor crește aproape pe verticală, iar în cazul creșterii semnificative a rugozității, vitezele medii încep să scadă și direcția curbei este inversă în comparație cu partea inferioară.

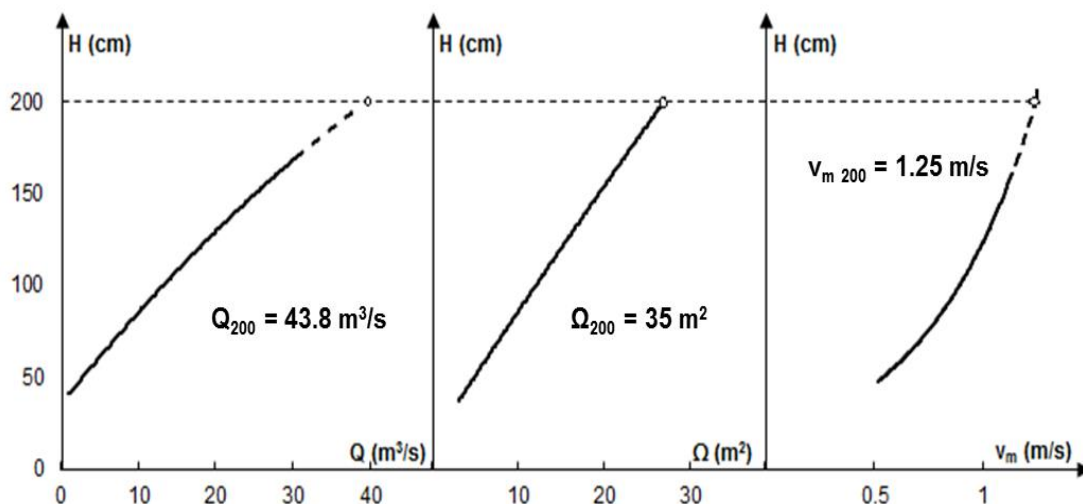


Figura 27. Extrapolarea cheii limnimetrice după curbele H- Q , H- V_m , pentru $H_{max} = 200$ cm

Această metodă nu se aplică în cazul în care profilul are o formă neregulată.

Curba H- Q se trasează până la nivelul maxim pe baza măsurătorilor efectuate în același profil și a profilelor transversale ridicate anterior/ulterior viiturii.

În cazul în care măsurătorile se fac în mai multe profile, este necesar ca acestea să fie raportate la profilul mirei. Raportarea se face prin executarea, pentru fiecare măsurătoare efectuată în alt profil, a unui sondaj în profilul mirei.

4.2.3.1.4. Extrapolarea pe baza legăturilor între vitezele de suprafață și viteza medie pe secțiune

Pentru extrapolarea curbelor debitelor de apă la ape mari extraordinare se stabilesc relații între viteze de suprafață și viteza medie din secțiunea de măsurare. Aceste relații se întocmesc cu datele de la măsurătorile de debite de apă și se folosesc determinând, cu ajutorul lor, viteza medie din secțiunea de măsurare pe baza unor determinări de viteze de suprafață la ape mari, când nu este posibil să se facă explorări ale câmpului de viteze pe toată secțiunea de curgere cu morișca hidrometrică.

Pentru întocmirea relațiilor necesare în cadrul metodei se pot folosi:

- vitezele medii la suprafața apei (V_s);
- vitezele maxime la suprafața apei ($V_{s\ max}$).

Aceste viteze se obțin din datele de la măsurătorile de debite de apă (utilizând vitezele de suprafață din fiecare verticală de măsurare). Se recomandă să se folosească pentru determinarea lor grafice ale vitezelor la suprafața apei pe lățimea râului.

Curba H- Q se trasează până la nivelul maxim pe baza măsurătorilor efectuate în același profil și a profilelor ridicate anterior/ulterior viiturii.

În continuare se întocmesc corelațiile între aceste viteze și vitezele medii pe secțiune V_m :

$$V_m - V_s \text{ și } V_m - V_{s\ max}$$

Dacă aceste corelații sunt liniare (Figura 28) se calculează coeficienții (subunitari):

$$K_s = \frac{V_m}{V_s} \text{ și } K_{s\max} = \frac{V_m}{V_{s\max}}$$

La ape mari excepționale se măsoară viteze de suprafață pe toată lățimea apei sau numai la curentul principal. Cu aceste valori măsurate se calculează, utilizând coeficienții de mai sus, vitezele medii pe secțiune.

Dacă corelațiile de viteze sunt curbe, se folosesc graficele extrapolate după tendință. Viteza medie rezultată conduce la determinarea debitului de apă extrapolat prin înmulțirea cu suprafața secțiunii active de curgere a apei, stabilită pe baza ultimului profil transversal ridicat înaintea viiturii.

Metoda este utilă pentru valorificarea măsurătorilor de viteză la suprafața apei, la ape mari excepționale, când măsurătorile complete nu au fost posibile.

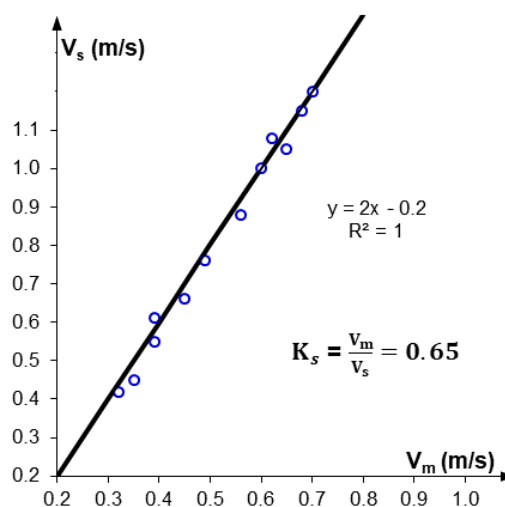


Figura 28. Extrapolarea cheii limnimetrice pe baza corelației dintre viteza medie pe secțiune și viteza de suprafață

4.2.3.1.5. Metoda Stewens

Metoda este recomandată să se aplice la râurile mari, cu albie în formă de covată, cu adâncimi medii cuprinse între 3,5 – 4,0 m și care nu se află sub incidența fenomenului de remuu. Este necesar ca rezultatele obținute prin metoda Stewens să se compare cu cele obținute prin metodele prezentate anterior, iar în cazul în care diferențele sunt sensibile, nu este recomandabil ca această metodă să fie aplicată.

În cadrul acestei metode pe același grafic cu cheia limnometrică se construiesc curbele:

$$Q = f(\Omega\sqrt{h_m}) \text{ și } \Omega\sqrt{h_m} = f(H)$$

Calculul pentru reprezentarea curbei $Q = f(\Omega\sqrt{h_m})$ se fac pe baza datelor înscrise într-un tabel similar cu Tabelul 16. Pentru reprezentarea grafică se folosesc numai determinările de debite la ape mari și în albie liberă, cele la ape mici nefiind incluse în calcul.

Cu valorile obținute se realizează graficul $Q = f(\Omega\sqrt{h_m})$, unde valoarea debitelor este reprezentată pe axa absciselor și valorile $\Omega\sqrt{h_m}$ pe axa ordonatelor (Figura 29). Prin punctele reprezentate se trasează o curbă care apare la partea superioară sub formă de dreaptă, iar în partea inferioară a profilului și la inflexiunile acestuia sub formă de curbă având curbura redusă. Dacă albia nu își schimbă forma, linia se prelungește pe tot intervalul sub formă de dreaptă.

Tabelul 16. Exemplu de tabel pentru calculul elementelor folosite la extrapolare prin metoda Stewens

Nr. mas.	H (cm)	Q (m ³ /s)	F (km ²)	h_m	$\sqrt{h_m}$	$\Omega\sqrt{h_m}$

Dacă punctele din partea superioară a curbei $Q = f(\Omega\sqrt{h_m})$ nu dau o direcție bine determinată, nu se recomandă folosirea acestei metode.

Construirea curbei $\Omega\sqrt{h_m} = f(H)$ se face tot pe aceeași planșă, pe axa orizontală se reprezintă valorile nivelurilor (H), iar pe axa verticală valorile $\Omega\sqrt{h_m}$, având scară comună cu cea a curbei $Q = f(\Omega\sqrt{h_m})$ (Figura 29).

Extrapolarea curbei $\Omega\sqrt{h_m} = f(H)$ se face prin planimetrarea profilului de măsurare, adâncimea medie determinându-se din relația

$$h_m = \frac{\Omega_a}{B_a}$$

unde:

Ω_a - secțiunea activă

B_a - lățimea secțiunii active a râului

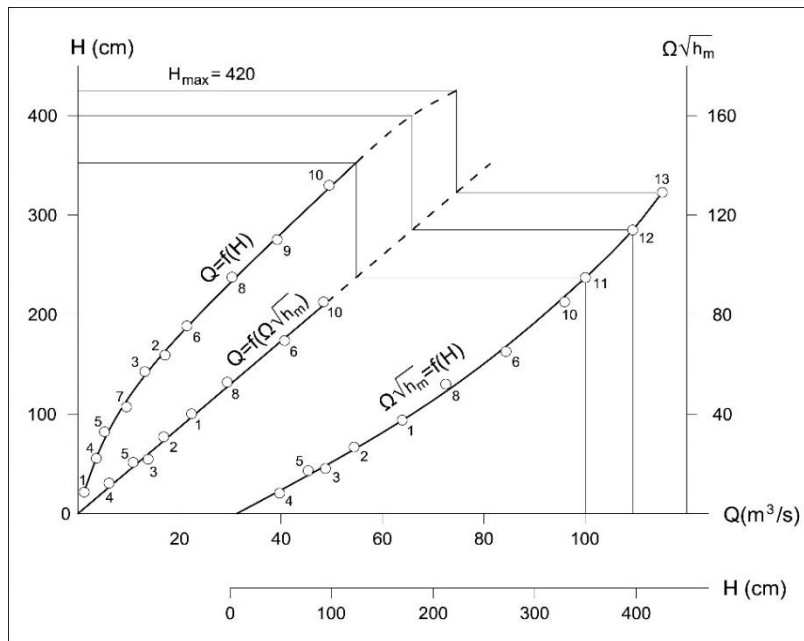


Figura 29. Graficul cu legăturile H-Q, H- $\Omega\sqrt{h_m}$ și Q- $\Omega\sqrt{h_m}$, pentru extrapolarea cheilor limnimetrice prin metoda Stewens

În zona de extrapolare pentru un anumit nivel H, se duce de pe curba $\Omega\sqrt{h_m} = f(H)$ orizontală până intersectează dreapta $Q = f(\Omega\sqrt{h_m})$. Din punctul de intersecție se ridică o verticală până întâlnește orizontala dusă din dreptul nivelului H de pe graficul H-Q. Punctul astfel obținut face parte din curba H-Q, iar operația se repetă pentru câteva valori ale nivelurilor H, inclusiv nivelul până unde se realizează extrapolarea. Aspectul porțiunii de curbă extrapolată servește drept criteriu de aplicare a metodei. De exemplu, dacă se obține pentru cheie o curbă inversă, aceasta înseamnă că aplicarea metodei Stewens duce la greșeli mari.

4.2.3.1.6. Metoda Kravcenko

Metoda Kravcenko sau a debitelor elementare se aplică numai dacă este necesară o extrapolare foarte riguroasă și se aplică numai la profilurile cu verticale fixe de măsurare a vitezei apei. Această metodă se bazează pe extrapolarea grafică a curbelor vitezelor medii pe verticală.

Prelucrarea materialelor observațiilor hidrometrice se efectuează în felul următor:

- Pe profilul secțiunii transversale de la stația hidrometrică, deasupra celui mai înalt nivel sau față de o linie oarecare luată în calitate de abscisă, se reprezintă în dreptul fiecărei verticale (la o scară convenabilă) vitezele medii pentru fiecare măsurătoare. Pe baza acestora se trasează epurele vitezelor medii ale scurgerii pentru fiecare măsurătoare considerată (Figura 30a). În cazul în care albia minoră are formă de covată și albia majoră nu prea pronunțată, aceste curbe ar trebui să fie asemănătoare. Dacă această asemănare nu există pentru o curbă a vitezelor medii oarecare, atunci se va verifica măsurătoarea respectivă, iar dacă se observă că în prelucrarea materialului s-au strecurat erori, curba se modifică prin analogie.

- Sub profilul transversal cu epurele vitezelor medii pe verticale pentru fiecare măsurătoare se trasează curbele vitezelor medii pentru fiecare verticală de viteză, pe baza tuturor valorilor obținute din măsurători și a celor corectate pe baza epurelor (Figura 30); pe axa verticală reprezentându-se nivelurile față de planul „zero miră” (Figura 30).

- Următoarea etapă este extrapolarea grafică a curbelor vitezelor medii pe verticală până la nivelul maxim de calcul. Apoi pentru diferite valori ale nivelului (inclusiv nivelul maxim) se extrag valorile vitezelor medii pentru fiecare verticală. Pe baza punctelor astfel obținute se construiește epura vitezelor medii pentru întreaga secțiune a râului. Pentru verificare se recomandă să se determine cel puțin o epură a vitezelor medii după graficul din Figura 30b, la un nivel care ocupă o poziție medie între nivelul maxim la care s-au efectuat măsurători de debite și nivelul maxim observat.

- După construirea tuturor epurelor de viteză se construiesc, după metodele obișnuite, curbele debitelor elementare $q = v \times h$ și, prin planimetrare, se calculează debitul de apă. Această metodă oferă posibilitatea obținerii vitezei în verticale în care nu s-au efectuat măsurători, prin analogie cu verticalele învecinate, dacă profilul arată că o astfel de analogie este posibilă.

Metoda Kravcenko se aplică dacă pe minimum 70-80% din ecartul de niveluri produs există măsurători asupra vitezei apei. Se folosesc datele de la măsurătorile de debit complete efectuate la ape mari în perioada anterioară producerii nivelului maxim.

Măsurătorile selectate pentru analiză trebuie să fie efectuate în profilul pentru care se realizează extrapolarea.

Metoda conduce, de regulă, la cele mai sigure extrapolări și este recomandată pentru cazurile mai dificile (ca ecart, secțiune, câmp de viteze etc).

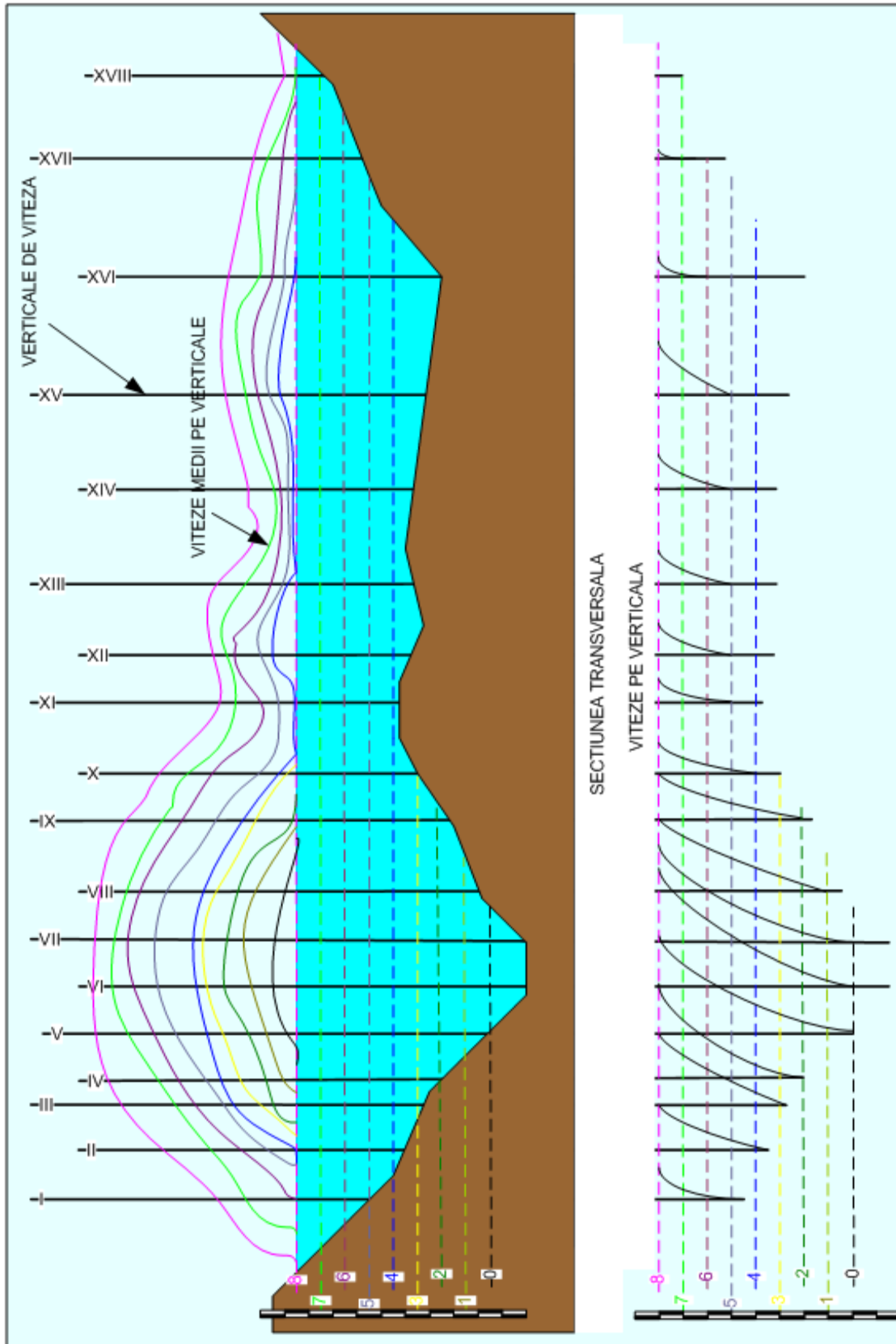


Figura 30. Profilul secțiunii transversale pentru extrapolarea prin metoda Kravcenko

4.2.3.1.7. Metoda transferării cheii dintr-un profil în altul

În cazul în care măsurătorile de debite și observațiile de niveluri se fac în profilul A, iar debitele zilnice trebuie calculate în profilul B, profil în care se fac numai observațiile de niveluri pentru calculele debitelor zilnice din acest profil, se va transfera curba debitelor din profilul A în profilul B. Această operație este posibilă numai dacă:

- există o corelație de niveluri între valorile corespondente (de la cele două stații hidrometrice);
- sectorul de râu care interesează nu are afluenți și creșterea suprafeței bazinului este neînsemnată.

Trasarea cheii se face numai prin construcții grafice (Figura 31), astfel:

- Fie A profilul în care s-a stabilit cheia limnimetrică, iar B profilul unde trebuie transferată cheia.

- Într-un sistem de coordonate ortogonale în cadranul II, pe abscisă se reprezintă nivelurile profilului A, iar pe ordonată cele din profilul B. Pe baza acestei corelații între nivelurile apei dintre cele două profile, se obțin nivelurile corespondente pentru care în ambele profile se scurg aceleași debite de apă Q_1 , Q_2 , Q_3 etc.

- În profilul A, pe baza nivelurilor și măsurătorilor directe se construiește cheia limnimetrică în cadranul III al sistemului ortogonal de coordonate, în abscisă se reprezintă nivelurile și în ordonată debitele din acest profil.

- Pentru profilul B, curba se transmite grafic în cadranul I al sistemului de coordonate ortogonale (Figura 31), astfel: pentru valori ale debitelor din profilul A la intervale egale se determină grafic (pe baza corelației între nivelurile din profilele A și B din cadranul II) nivelurile corespunzătoare profilului B, apoi intersecția valorilor nivelurilor din B determinate prin corelație și valorile debitelor corespunzătoare acestor niveluri din profilul A, care sunt aceleași și în profilul B, se determină punctele pe baza cărora se trasează curba din profilul B.

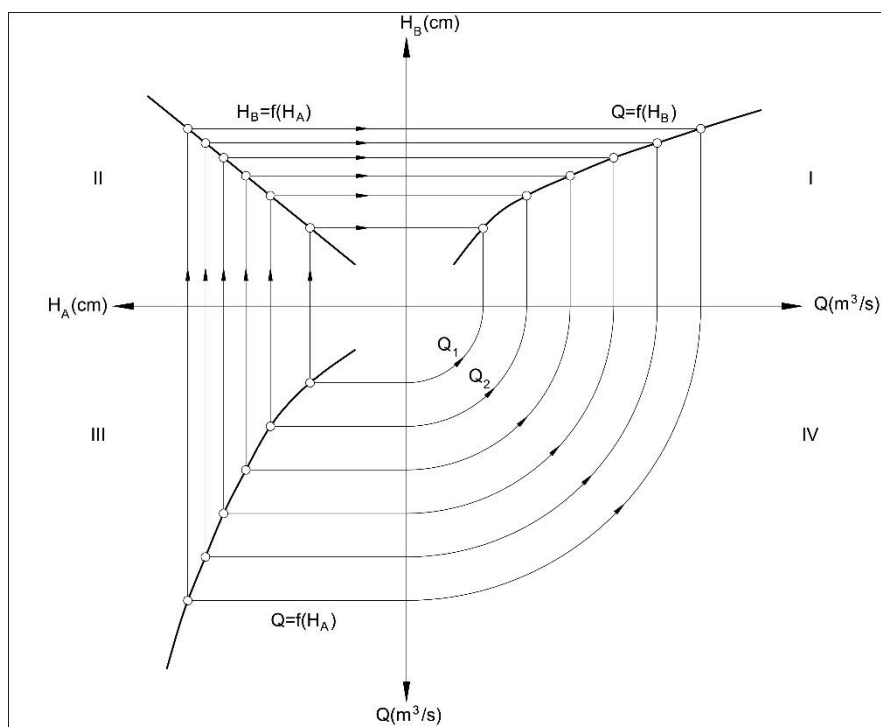


Figura 31. Exemplu de sistem de coordonate pentru extrapolare prin metoda transferării cheii dintr-un profil în altul

4.2.3.2. Extrapolarea cheilor limnimetrice la partea inferioară

Extrapolarea curbelor H-Q în partea inferioară se face prin una din următoarele metode:

- După curba H- Ω și extrapolarea H- V_m .
- Prin tendință până la valoarea minimă de nivel observată (din perioada de valabilitate a ramurii de cheie limnimetrică).
- Stabilirea punctului de debit nul.

Extrapolarea curbei H-Q cu ajutorul curbelor H- Ω și H- V_m , precum și prelungirea cheii prin tendință se efectuează în mod analog cu extrapolarea la partea superioară. Aceste metode se aplică numai în cazurile în care pentru profilul respectiv nu au fost ridicate profile longitudinale și nu se poate determina punctul debitului nul.

Prin punctul de debit nul se înțelege cota la mira hidrometrică la care curgerea încetează. Punctul de debit nul se determină după profilul longitudinal al râului. Dacă stația hidrometrică este amplasată pe un sector de râu cu pantă foarte redusă, iar aval de secțiunea mirei există un prag/acumulări de aluviuni (sub forma unui banc de nisip), cota debitului nul coincide cu cota superioară a crestei pragului/bancului de nisip respectiv. Dimpotrivă, dacă aval de stația hidrometrică (pe sectorul de râu aferent acesteia) nu există praguri sau bancuri de nisip, cota debitului nul coincide cu cea mai ridicată cotă a fundului în profilul longitudinal respectiv.

Pe râurile mici, de munte, care se caracterizează prin pante mari, punctul debitului nul poate fi luat cu aproximație egal cu cota cea mai mică din profilul respectiv, dacă nu există profil longitudinal ridicat.

Așadar, există două cazuri posibile în determinarea punctului de debit nul: când nu există condiții pentru băltirea apei la miră (Figura 32a) și când există condiții de băltire (Figura 32b).

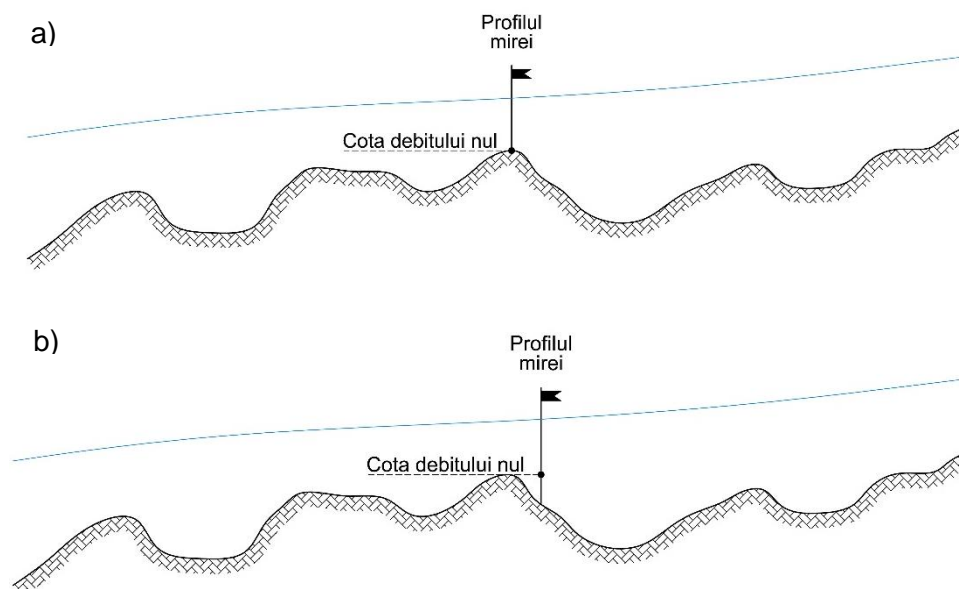


Figura 32. Determinarea punctului de debit nul când nu există băltire la miră (a) și când există băltire la miră (b)

Pentru extrapolarea cheii limnimetrice în partea inferioară, pe axa ordonatelor se fixează nivelul corespunzător debitului nul. Partea inferioară a curbei se continuă prin tendință până la nivelul corespunzător debitului nul.

Dintre metodele de extrapolare în partea inferioară a cheii limnimetrice cea mai precisă este cea a determinării punctului de debit nul.

4.2.3.3. Particularități de extrapolare a cheilor limnimetrice

Extrapolarea cheilor limnimetrice în formă de bucle

Extrapolarea cheilor limnimetrice în formă de bucle prezintă următoarele cazuri:

- **Când există o singură buclă.** Extrapolarea unei singure bucle în limita de 20 – 30% din ecartul de nivel clarificat prin măsurători de debite se face extrapolând mai întâi curba medie prin una din metodele arătate la extrapolarea curbelor unice. Odată extrapolată curba medie H-Q, ramurile creșterii și scăderii ce formează bucla se continuă în partea pentru care nu există măsurători, astfel ca abaterea ramurilor de la curba medie să rămână aproximativ egală cu abaterea lor în partea pentru care există măsurători de debite; în apropierea nivelului maxim, ramurile se racordează printr-o curbă continuă tangentă la linia nivelului maxim în punctul de intersecție al său cu curba medie.

- **Când există mai multe bucle precizate de măsurători.** Dacă nivelul maxim până la care se extrapolează bucla respectivă se află printre nivelurile altor bucle precizate de măsurători, pentru extrapolarea buclei respective este suficient să se construiască curba de legătură „normală” H-Q prin unirea vârfurilor curbelor în formă de buclă și să se determine poziția buclei respective față de curba normală, ramurile buclei se dau conform specificațiilor de la aliniatul anterior.

- **Când există mai multe bucle, dar neprecizate de măsurători.** În cazul în care nu există suficiente viituri precizate de măsurători, extrapolarea se face prin prelungirea prin tendință după direcția părții susținută cu măsurători, operația având un caracter aproximativ.

Extrapolarea cheilor limnimetrice periodice

Acest tip de extrapolare se face după una din metodele descrise la extrapolarea curbelor unice. În cazul curbelor periodice trebuie extrapolată fiecare ramură până la nivelurile extreme din perioada respectivă. În cazul ramurilor paralele între ele, extrapolarea acestora se poate face liber, direcția fiecăreia fiind trasată paralel cu cele învecinate, la nivelurile mari, aceste ramuri apropiindu-se între ele.

Extrapolarea familiei de curbe în cazul remuului

Extrapolarea curbelor trasate în cazul remuului variabil (familii de curbe) se face liber, direcția fiecăreia ducându-se în comparație cu curbele învecinate.

4.2.4. Cheia limnimetrică tabelară

După construirea cheii limnimetrice grafice, pentru ușurința calculului ulterioare se completează cheia limnimetrică în format tabelar, care reprezintă afișarea valorilor de debit corespunzătoare nivelurilor apei din centimetru în centimetru.

Pentru întocmirea cheii limnimetrice tabelare se extrag valorile de debite la intervale de nivel de 10 centimetri, plecând de la valoarea minimă până la care a fost trasată curba și continuând cu valorile nivelurilor multiplii lui 10. Valorile debitelor în dreptul decimetrilor se iau după

cheia limnometrică grafică, iar debitele corespunzătoare centimetrilor se determină prin interpolarea liniară între valorile debitelor din dreptul decimetrilor. Cele mai mari abateri față de valorile de pe grafic nu trebuie să depășească 5%, în caz contrar se citesc de pe grafic debitele la fiecare 5 cm sau în cazuri mai rare din 2 în 2 cm, ori la fiecare centimetru (Tabelul 17).

Tabelul 17. Cheie limnometrică tabelară

CLII (perioada: 20 I-28 V, măs: 7-29)

H "0"mira" (cm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
80	0.300	0.631	0.960	1.29	1.62	1.95	2.28	2.61	2.94	3.27
90	3.63	3.97	4.34	4.71	5.08	5.45	5.82	6.19	6.56	6.93
100	7.30	7.73	8.16	8.59	9.02	9.45	9.88	10.3	10.7	11.2
110	11.6	12.1	12.7							

Cheia limnometrică se verifică prin analizarea modului în care se desfășoară pe ecartul de niveluri. Diferențele de ordinul I între debitele corespunzând, de exemplu, la niveluri de decimetri întregi trebuie să crească continuu sau să se mențină constante. Aceste diferențe ΔQ se calculează cu relația:

$$\Delta Q_1 = Q_H - Q_{H10}$$

unde:

Q_H - debitul la nivelul H

Q_{H10} - debitul la un nivel cu 10 cm mai mic decât cel corespunzător Q_H

Faptul că ΔQ_1 trebuie să crească continuu sau să se mențină constant este pus în evidență de diferențele de ordinul II care trebuie să fie pozitive și în succesiune logică. Diferențele de ordinul II se obțin prin scăderea între diferențele de ordinul I. Această analiză poate fi realizată și grafic (Figura 33). Indiferent de modul de verificare, cheia limnometrică este corectă dacă diferențele de ordin I cresc progresiv sau rămân constante cu creșterea nivelurilor, iar diferențele de ordin II sunt strict mai mari decât 0 (zero). Dacă există nepotriviri (valori descrescătoare), cheia limnometrică tabelară și cea grafică se rectifică pentru a corespunde și condiției de creștere a debitelor pe segmentul respectiv.

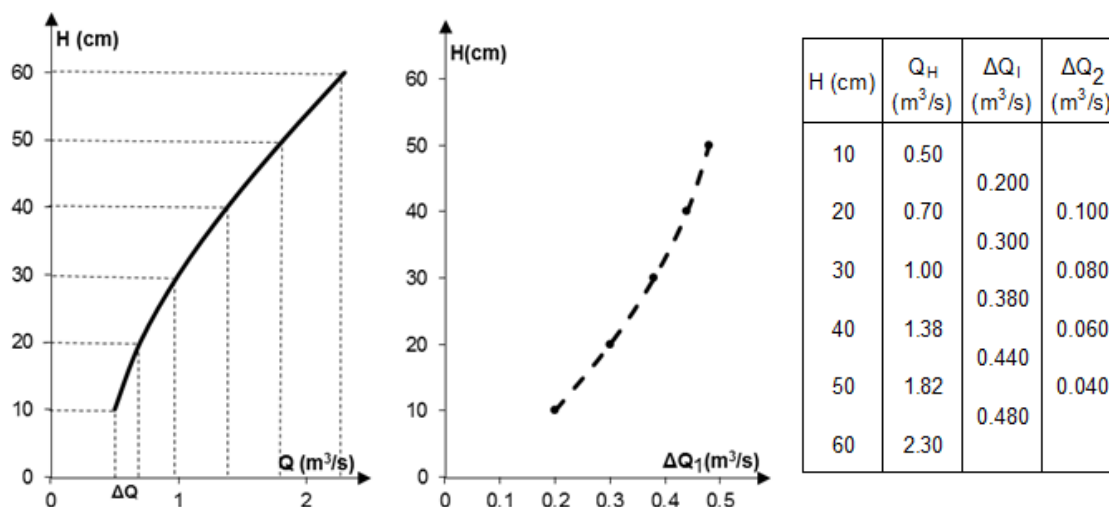


Figura 33. Verificarea cheii limnometrice

Valorile debitului pentru niveluri la intervale de 1 cm se determină prin interpolare liniară între valorile extrase de pe grafic pentru nivelul multiplu de 10.

Cheile limnimetrice tabelare se întocmesc pentru toate ramurile de chei limnimetrice grafice, cu excepția buclilor și a curbilor de legătură.

4.2.5. Graficul de sinteză a cheilor limnimetrice (chei limnimetrice multianuale)

Pentru o evaluare corectă a debitelor maxime pe o perioadă multianuală se vor suprapune cheile limnimetrice cu valorile maxime din fiecare an din toată perioada de funcționare a stației hidrometrice, inclusiv cheia limnometrică din anul prelucrării.

Pe acest grafic se vor analiza legătura și caracterul unic al curbilor pe mai mulți ani sau pe grupe de ani.

Cheile limnimetrice multianuale se vor reprezenta cu culori diferite pentru fiecare an.

La partea superioară se vor trece măsurătorile de debite pentru a avea o imagine clară asupra bazei pe care s-au trasat cheile. În cazul extrapolării în anii cu ape mari excepționale, vor fi trecute pe grafic calculele extrapolărilor, iar elementele de calcul (pante, rugozitate, secțiune, rază hidraulică etc.) vor fi atașate la grafic.

Din analiza cheilor limnimetrice pe o perioadă de mai mulți ani la o stație hidrometrică, se observă deseori că debitele minime au trecut la niveluri situate într-un ecart sensibil mai mare decât ecartul la care au trecut debitele maxime.

O analiză a evoluției în timp a nivelului la care a trecut în decursul vremii un debit minim de valoare dată este foarte concludentă pentru a evalua dinamica albiei în intervalul de timp considerat. Ca debite pentru asemenea analize se recomandă debitul mediu multianual sau debitul minim de diluție etc.

Dacă cheile limnimetrice sunt concentrate în partea inferioară și se dispersează în partea superioară este necesară o analiză amănunțită a trasării lor. În acest caz este necesară:

- verificarea măsurătorilor la ape mari pe baza cărora s-au trasat cheile limnimetrice;
- verificarea elementelor care au intrat în calculul extrapolărilor;
- analiza completă a elementelor curgerii maxime.

Sunt cazuri în care modificările în timp ale cheilor limnimetrice se datorează factorului antropic: modificări de albie prin lucrări de regularizare, îndiguiri, defrișări de zăvoaie etc.

Pe graficul H-Q în zona neacoperită cu măsurători de debite din anul analizat se trec obligatoriu măsurătorile de debite din anii anteriori efectuate la ape mari în condiții de curgere liberă. Măsurătorile se notează cu culoare distinctă, iar alăturat se notează anul.

4.2.6. Validarea cheilor limnimetrice. Metoda concordanței curbilor H-Q, H- Ω și H- V_m

Această metodă parcurge următoarele etape:

- Se trasează independent curbile H-Q, H- Ω și H- V_m ; aceste curbe se trasează numai pe bază de determinări de debite de apă în același profil pe un ecart bine precizat de niveluri (ex. un singur profil sau un profil pentru ape mici și medii și unul pentru ape mari);

- Se analizează, în paralel alura curbelor H- Ω și H- V_m . Dacă cele două curbe sunt bine precizate/trasate trebuie să apară o reducere a vitezelor medii mai mare o dată cu creșterea accentuată a valorii suprafeței secțiunii (ieșirea apei în albia majoră);

- Se determină valori ale debitelor de apă corespunzătoare unor niveluri, o dată după cheia limnimetrică și a doua oară prin înmulțirea suprafeței secțiunii cu viteza medie.

Dacă între cele două valori ale debitelor de apă rezultate diferențele sunt sub 5% înseamnă că trasarea cheii limnimetrice este corectă. În caz contrar se reanalizează soluția de trasare a cheii limnimetrice.

În practica actuală există de multe ori tendința de a trasa una, maximum 2 curbe H- Ω și apoi trasarea curbei H- V_m , prin împărțirea debitului rezultat din cheia limnimetrică la Ω , sau includerea pe o singură curbă a secțiunilor rezultate în profile diferite. Metoda NU este corectă.

4.3. Metode de determinare a debitelor medii zilnice și caracteristice

Activitatea hidrometrică staționară, prin determinări și măsurători pe cursul de apă are drept obiective principale cunoașterea în timp a nivelurilor și debitelor de apă în secțiunile stațiilor hidrometrice.

Pentru determinarea debitelor medii zilnice se pot utiliza:

- metoda interpolării;
- metoda cheilor limnimetrice.

4.3.1. Metoda interpolării

Metoda interpolării este indicată pentru perioadele în care debitele (și nivelurile) apei au variații mici în timp. Aplicarea metodei este condiționată de existența unui număr mare de măsurători de debit efectuate la intervale mici și care acoperă în mod satisfăcător variațiile nivelului apei. Astfel, debitul de apă măsurat la o anumită dată nu trebuie să varieze cu mai mult de $\pm 10\%$ în intervalul de timp scurs până la măsurătoarea următoare.

În metoda interpolării, debitul măsurat este considerat debit mediu zilnic, admitându-se că măsurătorile debitelor de apă au o eroare de maxim $\pm 10\%$, egală cu abaterea față de cheia limnimetrică.

Interpolarea se poate face analitic sau grafic.

Interpolarea analitică admite o variație liniară a debitului de apă de la o măsurătoare la alta, proporțional cu timpul.

Exemplu de calcul:

Dacă la 25 IV debitul a fost de $1,80 \text{ m}^3/\text{s}$, iar la 30 IV de $2,00 \text{ m}^3/\text{s}$, atunci creșterea zilnică a debitului va fi: $\frac{2,00-1,80}{5} = 0,04 \text{ m}^3/\text{s}$, iar debitele zilnice în intervalul de mai sus se obțin adăugând valorii de $1,80 \text{ m}^3/\text{s}$ creșterea zilnică de $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tabelul 18).

Tabelul 18. Exemplu de interpolare liniară prin metoda analitică

Data (zi)	25	26	27	28	29	30
Q m^3/s	1,80	1,84	1,88	1,92	1,96	2,00

Interpolarea grafică constă în unirea cu o linie continuă a punctelor care marchează măsurătorile de debite de apă. Graficul prezintă pe abscisă timpul (în zile) și pe ordonată valoarea debitelor (în m^3/s), permițând determinarea debitului de apă în orice moment dintre două măsurători.

Dacă se aplică metoda interpolării pentru o lună întreagă, debitele extreme lunare se extrag din șirul de valori medii zilnice.

Dacă această metodă se aplică doar pe o anumită perioadă dintr-o lună, se va analiza dacă minima lunară s-a înregistrat în intervalul cu interpolare și se va extrage din șirul de valori medii zilnice.

4.3.2. Metoda determinării debitelor de apă medii zilnice utilizând cheile limnimetrice

4.3.2.1. Metoda determinării debitelor de apă medii zilnice cu ajutorul cheilor limnimetrice unice

Calculul debitelor de apă zilnice în acest caz se face folosind nivelurile și cheia tabelară. După caracterul variației nivelurilor, ecartul de niveluri produs, forma cheii limnimetrice și numărul citirilor de nivel, pentru determinarea debitelor medii zilnice se disting câteva cazuri:

a) când s-au făcut două citiri de niveluri (relativ staționare) și valoarea acestor niveluri se referă la porțiuni liniare sau aproape liniare ale cheii limnimetrice, se va transforma în debit valoarea nivelului mediu zilnic;

b) când s-au făcut două citiri de niveluri (în creștere sau scădere continuă) și cheia limnimetrică prezintă o curbă accentuată, se va transforma în debit fiecare din cele două niveluri, apoi se va face media aritmetică a celor două valori de debite obținute.

Curbura accentuată a cheii limnimetrice între două niveluri se consideră a fi atunci când diferența maximă între debitele determinate după curbă pentru niveluri situate între cele două niveluri date este mai mare de 10% din valoarea debitului determinat din cheia limnimetrică la nivelul corespunzător diferenței maxime. Dacă această diferență este mai mică de 10% cheia se consideră relativ dreaptă între cele două niveluri.

c) când s-au făcut mai multe citiri de niveluri pe zi (inclusiv nivelurile din timpul măsurătorilor), indiferent dacă apele au fost în creștere, în descreștere sau au fost vârfuri de viitură, dacă forma cheii limnimetrice în domeniul nivelurilor din ziua respectivă este liniară sau apropiată de formă liniară, debitul mediu zilnic se determină prin transformarea cu ajutorul cheii a nivelului mediu zilnic calculat prin metoda grafo-analitică sau grafo-mecanică.

d) când s-au făcut mai multe citiri pe zi, dar cheia limnimetrică în domeniul nivelurilor din ziua respectivă are o curbă accentuată, debitul mediu zilnic se determină prin metodele grafo-analitică sau grafo-mecanică aplicate la hidrograful zilnic construit prin interpolarea grafică între debitele obținute prin transformarea nivelurilor citite în ziua respectivă.

Calculul debitelor maxime și minime lunare și anuale se face transformând nivelurile extrase respective cu ajutorul cheii limnimetrice tabelare. La stabilirea debitelor maxime și minime lunare și anuale se va ține seama și de măsurătorile de debit de apă executate în perioada respectivă. Se vor compara debitele măsurate cel mai mare și cel mai mic și debitele calculate după cheile limnimetrice la nivelurile respective ale măsurătorilor.

Dacă abaterile debitelor calculate de pe chei față de debitele măsurate nu depășesc $\pm 10\%$, acestea se consideră corecte și se adoptă ca debite extreme cele calculate pe baza cheilor limnimetrice. În caz contrar se reanalizează și eventual se corectează soluția pentru calculul debitelor.

4.3.2.2. Metoda determinării debitelor de apă medii zilnice cu ajutorul cheii limnimetrice în formă de buclă

În acest caz debitele de apă medii zilnice se determină în felul următor:

a) dacă s-au făcut două sau mai multe citiri de niveluri pe zi, fie toate în timpul creșterii, fie toate în timpul descreșterii se vor transforma în debite nivelurile medii zilnice, cu ajutorul ramurei de urcare, respectiv de scădere a buclei.

b) dacă s-au făcut două sau mai multe citiri de niveluri pe zi în perioada de racordare a ramurilor buclei, atunci debitul mediu zilnic se determină prin metodă grafo-analitică pe baza debitelor obținute în urma transformării nivelurilor observate în perioada respectivă.

Debitul maxim într-o perioadă de viitură pentru care s-a construit o buclă, nu corespunde nivelului maxim ci unui nivel mai mic, debitul maxim producându-se înaintea nivelului maxim (orizontala prin nivelul maxim este tangentă la buclă).

4.3.2.3. Metoda determinării debitelor de apă medii zilnice cu ajutorul cheilor limnimetrice temporare

În cazul cheilor limnimetrice temporare, calculul debitelor medii zilnice se face pentru fiecare perioadă, transformând nivelurile după cheia limnometrică tabelară valabilă în perioada respectivă.

Pentru perioada de trecere de la o cheie limnometrică temporară la alta, determinarea debitelor medii zilnice se face extrăgând după cheia limnometrică valabilă valorile debitelor corespunzătoare nivelurilor observate, construind hidrograful debitelor și calculând cu ajutorul lor debitul mediu zilnic.

Debitele maxime și minime lunare nu corespund întotdeauna nivelurilor maxime și minime lunare, ci trebuie determinate în urma analizei situației pentru fiecare ramură în parte (deoarece pot exista mai multe chei limnimetrice în cursul unei luni). În acest scop se analizează citirile de niveluri, orare, instantanee produse în fiecare perioadă pentru care s-a trasat o ramură a cheii limnimetrice.

4.3.2.4. Metoda determinării debitelor de apă medii zilnice în cazul folosirii metodei corecțiilor ΔH

În acest caz debitele de apă medii zilnice se determină folosind debitele instantanee calculate după cheia de bază în urma corectării nivelurilor (după aplicarea metodei ΔH asupra nivelurilor instantanee observate). Se folosește cheia tabelară alcătuită după cheia limnometrică grafică.

La determinarea debitelor maxime și minime lunare și anuale trebuie să se aibă în vedere faptul că valorile extreme ale debitelor este posibil să nu corespundă cu nivelurile extreme observate.

La viituri nu se aplică corecții ΔH , se recomandă folosirea cheii de bază peste un nivel de la care punctele din măsurătorile de debite nu se abat de la aceasta cu mai mult de $\pm 10\%$.

4.3.3. Metoda determinării debitelor de apă medii zilnice în perioadele cu remuu

Determinarea debitelor de apă zilnice în perioadele cu remuu se realizează utilizând de asemenea legăturile între Q și H în cazurile prezentate anterior și cu unele precauții și operații specifice. Identificarea influențelor de remuu se face cu ajutorul graficelor de niveluri la stații succesive (Figura 34) sau cu ajutorul unei corelații de niveluri între stația influențată și stații apropiate neinfluențate, pe o perioadă care să cuprindă atât niveluri neinfluențate, cât și pe cele cu remuu.

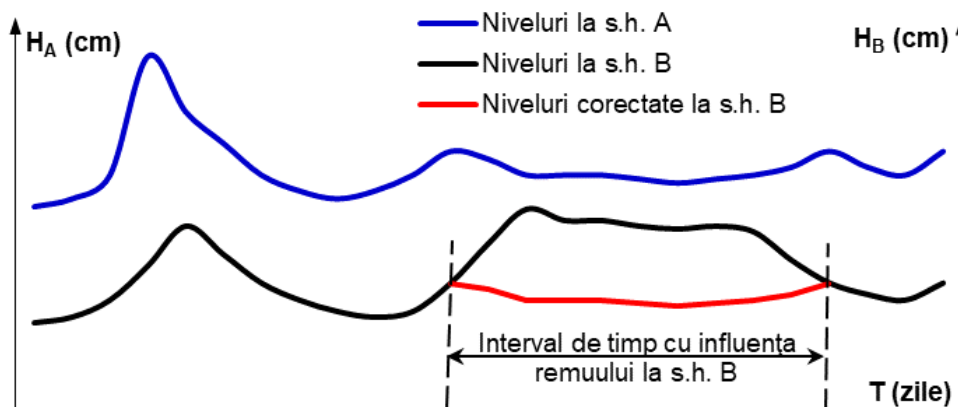


Figura 34. Grafice de niveluri la stații hidrometrice succesive (A - stația amonte, neinfluențată de remuu; B - stația aval, influențată de remuu)

Dacă o asemenea corelație este strânsă pentru perioade fără influențe de remuu, aceasta poate fi folosită pentru aducerea nivelurilor influențate de remuu la niveluri care s-ar fi produs fără influența remuului. În acest caz se va folosi la stația influențată temporar de remuu cheia limnometrică de bază și nivelurile deduse după această corelație (Figura 34).

Dacă o asemenea corelație nu apare la analiza de identificare a remuului se vor folosi soluțiile prezentate anterior: curbe temporare unice sau cu bucle, familii de curbe și chei pentru remuu. În cazul curbelor temporare unice se vor folosi pentru calculul debitelor zilnice recomandările generale.

Pentru toate celelalte cazuri și pentru racordări la perioadele anterioare și următoare se vor folosi la calculul debitelor zilnice, debitele instantanee determinate pentru citirile de niveluri la mire (și la cele de pantă).

4.3.4. Metoda determinării debitelor de apă medii zilnice în perioadele cu fenomene de îngheț

Apariția fenomenelor de îngheț pe râuri este însoțită de modificări ale secțiunii de curgere, de scăderea razei hidraulice, de modificări ale rugozității, efectul global fiind modificarea vitezei de curgere și creșterea nivelului apei. Acesta este și motivul pentru care măsurătorile de debite executate în condiții de existență a gheții pe râuri se abat spre stânga cheilor limnometrice pentru albia liberă de gheață și cu atât mai mult cu cât fenomenele de îngheț sunt mai intense.

Pentru o evaluare cât mai precisă a debitelor apei în perioadele cu fenomene de îngheț este necesară o frecvență a măsurătorilor de debite de apă care să reflecte cât mai fidel perioadele caracteristice din evoluția fenomenelor de îngheț și din variația nivelului apei. În

general, frecvența de o măsurătoare la 2-3 zile este suficientă. Sunt însă cazuri când intervalul între măsurători poate fi mai mare, dar și situații în care măsurătorile sunt necesare chiar zilnic, mai ales la râuri mici. Pregătirea profesională a hidrometrilor este foarte importantă pentru realizarea unor frecvențe optime ale măsurătorilor de debite de apă, în general, și în perioadele de iarnă, în special, iar urmărirea și coordonarea activității acestuia, dar și a evoluției zilnice a regimului hidrometeorologic de către hidrologii din cadrul stațiilor hidrologice, duce la creșterea calității datelor.

În funcție de această frecvență a măsurătorilor se impune aproape în mod direct și metodele de calcul al debitelor de apă medii zilnice din perioadele cu îngheț pe râuri. Pentru stabilirea soluției potrivite, examinarea graficelor complexe pentru perioada cu fenomene de îngheț este un punct de pornire.

Pentru a obține valori precise ale debitelor de apă medii zilnice poate fi necesar să fie utilizate mai multe metode în aceeași perioadă cu fenomene de îngheț.

Se prezintă în continuare principalele metode recomandate pentru calculul debitelor de apă în perioadele cu fenomene de îngheț, cu precizări asupra condițiilor de utilizare.

4.3.4.1. Metoda interpolării directe între debitele măsurate

Această metodă se aplică în perioadele în care fenomenele de îngheț nu conduc la variații semnificative ale nivelului apei și măsurătorile de debite de apă au frecvență mare. Dacă aceste condiții sunt îndeplinite pe toată perioada cu fenomene de îngheț, se poate aplica doar metoda interpolării.

Aplicarea acestei metode nu este indicată pentru intervalele de timp în care se produc creșteri de debite sau chiar viituri din topiri parțiale ale zăpezii cu menținerea fenomenelor de îngheț și când apar fenomene de îngheț deosebite precum: aglomerări de sloiuri, zăpoare, poduri de gheață suprapuse ș.a. Graficele complexe de iarnă sunt indicatoare importante asupra evoluției nivelurilor, a fenomenelor de îngheț, a temperaturii aerului etc.

4.3.4.2. Metoda cheilor limnimetrice de iarnă

Dacă se dispune de măsurători de debite de apă executate cu frecvență crescută și pentru cazuri de variație a nivelurilor apei în condiții de relativă stabilitate a fenomenelor de îngheț, plasarea pe graficele H-Q a punctelor de măsurători poate evidenția existența uneia sau chiar a 2-3 curbe de iarnă (Figura 26), care pot fi utilizate conform cu recomandările pentru chei limnimetrice temporare. Se va acorda atenție sporită la racordările cu perioadele anterioare și următoare.

4.3.4.3. Metoda coeficienților de corecție K_i

În situațiile în care măsurătorile de debite de apă nu acoperă suficient de bine întreaga perioadă cu fenomene de îngheț, concomitent cu înregistrarea de variații de niveluri și o dinamică pronunțată în succesiunea fenomenelor de îngheț, este recomandată folosirea metodei coeficienților de iarnă K_i .

Coeficienții de corecție K_i reprezintă raportul dintre debitele de apă măsurate la fenomene de îngheț (Q_{mas}) și debitele din cheia limnimeetrică (Q_{CL}) corespunzătoare nivelului apei influențat de aceste fenomene (H_{mas}):

$$K_i = \frac{Q_{mas}}{Q_{CL}}$$

Coeficienții K_i sunt subunitari și pot varia între valorile 1, când influența fenomenelor de îngheț este practic inexistentă și 0 când curgerea apei încetează (îngheț total).

Pentru aplicarea de corecții asupra debitelor medii zilnice prin coeficienții K_i :

- se extrag valorile de debit de pe cheia limnometrică valabilă în perioada cu fenomene de îngheț, corespunzătoare nivelurilor din timpul măsurătorilor de debite; acestea au rezultat în urma citirilor de niveluri influențate și sunt întotdeauna mai mari decât debitele reale;
- se calculează raportul dintre valorile de debit măsurate și cele corespunzătoare nivelurilor influențate de fenomenele de îngheț, obținându-se coeficienții K_i ;
- se calculează/extrag valorile K_i pentru zilele cu fenomene de îngheț intermediare celor cu măsurători de debite de apă (interpolare liniară prin metoda analitică sau metoda grafică K_i -T, cea din urmă fiind parte componentă a graficului complex de iarnă – detaliat la subpunctul 4.3.4.5);
- se corectează debitele medii zilnice efectuând produsul dintre debitele corespunzătoare nivelurilor medii zilnice influențate de fenomenele de îngheț (calculate cu ajutorul cheii limnometrice) și coeficienții K_i rezultați în urma interpolării liniare. Aceste debite corectate vor apărea în fișa cu valori de debite de apă medii zilnice și caracteristice lunare și anuale.

Pentru toată perioada cu fenomene de îngheț pentru care se vor aplica corecții prin metoda coeficienților K_i se vor realiza: (i) un tabel cu debitele zilnice corespunzătoare nivelurilor medii zilnice influențate (de pe cheia limnometrică), coeficienții K_i rezultați prin calcule (în zilele cu măsurători de debite) și prin interpolare liniară (în zilele intermediare celor cu măsurători de debite) și debitele medii zilnice corectate (Tabelul 19) și (ii) un tabel centralizator cu valorile și observațiile de la măsurătorile de debite (Tabelul 20). Aceste tabele vor fi incluse în studiile hidrometrice anuale.

Tabelul 19. Tabelul corecțiilor zilnice pe perioada cu fenomene de îngheț, prin metoda coeficienților K_i

Luna Zi	Ianuarie			Februarie			Martie			Octombrie			Noiembrie			Decembrie		
	Q_{CL}	K_i	Q_{cor}	Q_{CL}	K_i	Q_{cor}	Q_{CL}	K_i	Q_{cor}	Q_{CL}	K_i	Q_{cor}	Q_{CL}	K_i	Q_{cor}	Q_{CL}	K_i	Q_{cor}
1																		
2																		

Tabelul 20. Fișa centralizatoare a corecțiilor de niveluri și/sau debite de apă în perioadele cu influența fenomenelor de îngheț sau a vegetației acvatice

CALCULUL CORECȚIILOR K_i / K_v , / ΔH PE PERIOADA

Nr. măs.	Data	Nivelul apei (cm)	Debite măsurate (m^3/s)	Valoarea H sau Q din cheia limnometrică		Corecția $\Delta H=H-H_i$ sau $K_i=Q_i/Q$ sau $K_v=Q_v/Q$		Suprafața totală a secțiunii Ω (m^2)	Suprafața gheții scufundate Ω_g (m^2)	$K_g=\Omega_g/\Omega$	Observații/ Starea râului
				H	Q	ΔH	K_i/K_v				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

În aplicarea metodei coeficienților K_i trebuie să se țină cont de dinamica fenomenelor de îngheț și de variația nivelurilor apei citite la miră. În acest scop se realizează graficul K_i -T, dar pentru interpolarea corectă între valorile directe K_i este obligatoriu să fie întocmite, analizate și utilizate corelațiile K_i - K_g și K_i -H.

Corelația K_i - K_g

Coeficientul K_g se realizează pe baza datelor privind grosimea și extinderea gheții în secțiunea de măsurare a debitelor de apă (realizate pentadal și/sau la măsurătorile de debite) și reprezintă raportul între două suprafețe din secțiunea transversală a măsurătorilor de debite, anume între suprafața gheții scufundate, inclusiv a năboiului fără mișcare de sub podul de gheață și suprafața totală corespunzătoare nivelului apei (Figura 35):

$$K_g = \frac{\Omega_g}{\Omega}, \quad \Omega = \Omega_{ap\grave{a}} + \Omega_g$$

unde:

Ω - suprafața totală a secțiunii calculată ca sumă între: $\Omega_{ap\grave{a}}$ - suprafața apei în secțiunea de măsurare cu fenomene de îngheț și Ω_g - suprafața gheții scufundate

Coeficientul K_g poate avea valori între 0 (când nu există gheață scufundată în apă) și 1 (când curgerea apei încetează și se înregistrează îngheț total). Corelația K_i - K_g se realizează pe baza datelor de la măsurători și se desfășoară între puncte extreme (Figura 35):

- dacă nu există gheață scufundată $K_g = 0$ și $K_i = 1,0$;
- dacă grosimea gheții scufundate este foarte mică (simplul contact cu apa) dar pe toată lățimea apei, K_g se apropie de zero, iar valoarea lui K_i este de aproximativ 0,63 (mai frecvent între 0,60 și 0,68);
- dacă grosimea gheții scufundate este foarte mică (simplul contact cu apa) dar numai pe o parte din lățimea apei, K_g se apropie, de asemenea, de zero, dar K_i se situează între 0,63 și 1 în funcție de extinderea gheții în contact cu apa pe lățimea apei.

Corelația K_i - K_g permite trasarea unei singure curbe de legătură. Abaterile mai mari de $\pm 15\%$ de la această curbă vor fi analizate și, dacă datele sunt corecte, se poate trasa și folosi o a doua curbă de legătură pe un interval de timp mai scurt. În continuare, pe baza măsurătorilor pentadale asupra gheții raportate la profilul de măsurare se calculează o a doua serie de K_g .

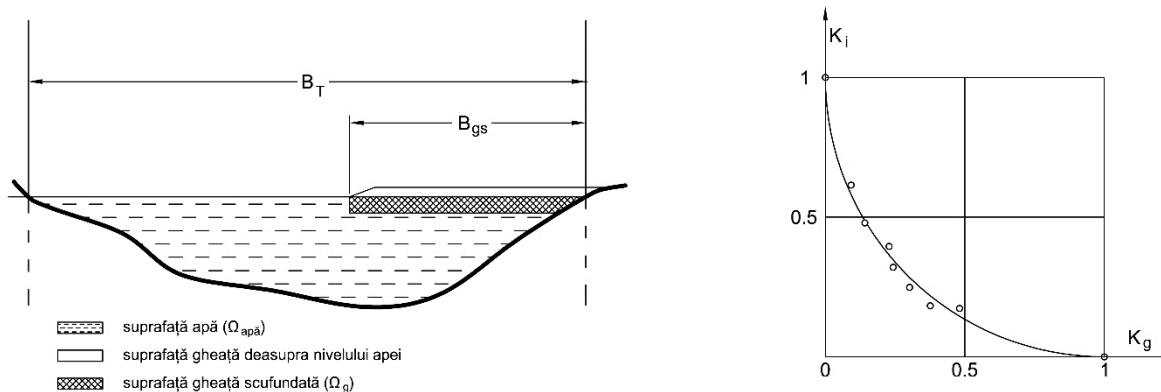


Figura 35. Secțiune de râu influențată de gheață (unde B_T – lățimea totală, B_{gs} – lățimea gheții scufundate) și legătura K_i - K_g

Pentru determinarea de valori zilnice ale coeficienților K_i se realizează următoarele:

- trasarea graficului K_g - T cu valorile K_g de la măsurătorile de debite de apă și de la măsurătorile pentadale asupra gheții;
- extragerea valorilor K_g de pe graficul K_g - T , pentru fiecare zi;

- extragerea valorilor zilnice ale coeficientul K_i din corelația K_i-K_g , obținându-se astfel o interpolare justificată pentru K_i între măsurătorile de debite de apă.

Corelația K_i-K_g este utilă pentru interpolarea valorilor K_i între măsurătorile de debite de apă din perioadele cu pod de gheață stabil, când măsurătorile asupra gheții scufundate sunt posibile și concludente.

Corelația K_i-H

Corelația K_i-H este utilă dacă se remarcă variații importante ale nivelului apei în perioadele cu fenomene de îngheț sau dacă lipsesc măsurătorile asupra gheții scufundate. Metoda este utilă pentru perioadele cu pod de gheață slab sau discontinuu.

În cazurile în care evoluția fenomenelor de îngheț (în consecință variația nivelurilor), nu este suficient de bine surprinsă de măsurătorile de debite, determinarea coeficienților K_i exclusiv prin interpolarea valorilor din zilele cu măsurători va conduce la erori în determinarea/corectarea debitelor medii zilnice, care vor prezenta variații mari, nejustificate și nesuținute de variațiile parametrilor hidrici și meteorologici (temperaturi ale aerului la ora 06:00, precipitații zilnice) (Figura 36c).

Corelația K_i-H (Figura 36d) se trasează pe baza nivelurilor de la măsurătorile de debite (Figura 36a) și a valorilor K_i calculate ca raport între debitele măsurate (Q_{mas}) și debitele din cheia limnometrică corespunzătoare nivelurilor influențate (Q_{CL}) (Figura 36b). Dacă tipul de fenomen de îngheț variază pe perioada de aplicare a metodei, corelația K_i-H poate prezenta două sau mai multe ramuri.

Din graficul corelației K_i-H se extrage valoarea K_i corespunzătoare fiecărui nivel mediu zilnic influențat de fenomenele de îngheț și se întocmește un nou grafic K_i-T , în care se ține cont de variația zilnică a nivelului între măsurătorile de debit (Figura 36e). Apoi se recalculează debitele medii zilnice corectate ca produs între debitele din cheia limnometrică corespunzătoare nivelurilor medii zilnice influențate și noii coeficienți K_i (Figura 36f).

În concluzie, metoda coeficienților K_i poate conduce la rezultate utile și riguroase dacă interpolarea între valorile K_i calculate pe baza măsurătorilor de debite de apă se realizează considerând datele asupra gheții (corelații K_i-K_g) și relațiile între coeficienții K_i și nivelurile apei (H).

4.3.4.4. Metoda aducerii nivelurilor de iarnă la condițiile albiilor libere de fenomene de îngheț

Această metodă este o alternativă la metodele prezentate anterior și este bazată, de asemenea, pe măsurători de debite de apă efectuate astfel încât să surprindă evoluția și schimbările în intensitate ale fenomenelor de îngheț.

Metoda este recomandată pentru stațiile hidrometrice la care există chei limnometrice unice pe lungă perioadă. Cu debitele măsurate în timpul fenomenelor de îngheț Q_i se intră în aceste chei și se extrag nivelurile la care ar fi trecut aceste debite în condițiile albiei libere de fenomene de îngheț (Figura 37).

Aceste niveluri se notează cu H și sunt inferioare nivelurilor H_i de la datele măsurătorilor de debite Q_i . Simpla interpolare după tendință la trasarea graficelor $H-T$ nu exclude posibilitatea unor erori importante. De aceea, metoda se folosește cu atenție, în perioadele de stabilitate a fenomenelor de îngheț.

Metoda poate fi aplicată și pentru perioadele cu aglomerări de sloiuri și zăpoare, dacă se analizează în paralel graficele succesive de niveluri și/sau corelațiile de niveluri între stații hidrometrice relativ apropiate. Metoda se recomandă de asemenea ca mijloc de verificare și sprijin pentru metodele prezentate anterior.

În studiul hidrometric se va introduce tabelul conținând corecțiile aplicate nivelurilor medii zilnice influențate (Tabelul 21), dar și tabelul centralizator cu măsurătorile de debite și corecțiile efectuate pe toată perioada cu fenomene de iarnă sau vegetație acvatică (Tabelul 20).

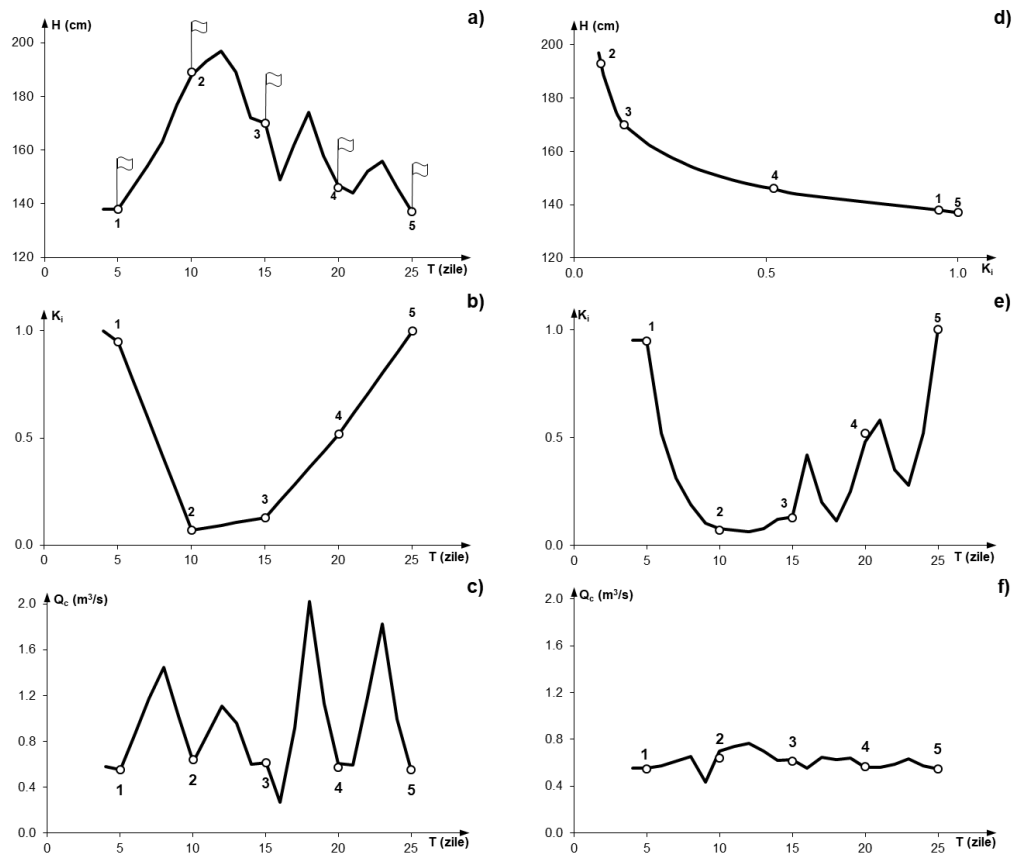


Figura 36. Corecția debitelor de apă prin corelația K_i - T (a-c) și prin corelația K_i - H (d-f) (cercurile cu contur negru, numerotate de la 1 la 5 reprezintă date rezultate în urma măsurătorilor de debite)

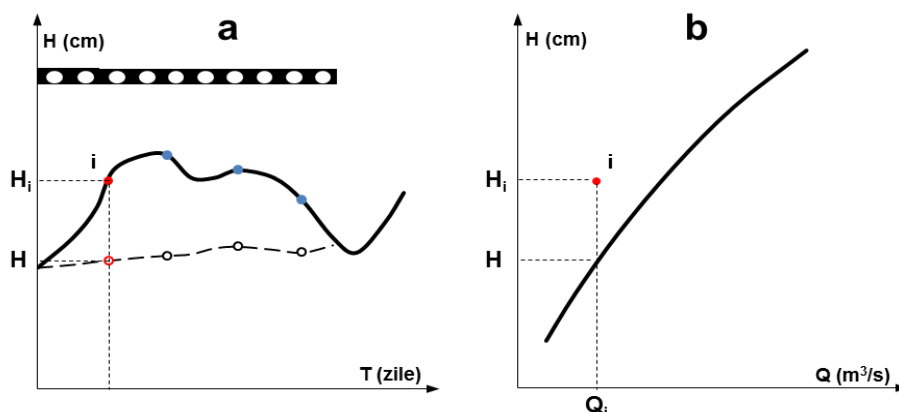


Figura 37. Tăierea nivelurilor la fenomene de îngheț prin raportarea la cheia limnimetrică pentru albia liberă: a - variația nivelurilor, b - cheia limnimetrică anterioară fenomenelor

Tabelul 21. Tabelul corecțiilor zilnice pe perioada cu fenomene de îngheț, prin metoda aducerii nivelurilor la condițiile albiilor libere (ΔH)

Luna Zi	Ianuarie			Februarie			Martie			Octombrie			Noiembrie			Decembrie			
	H _{mas}	ΔH	H _{cor}	H _{mas}	ΔH	H _{cor}	H _{mas}	ΔH	H _{cor}	H _{mas}	ΔH	H _{cor}	H _{mas}	ΔH	H _{cor}	H _{mas}	ΔH	H _{cor}	
1																			
2																			

Pentru calculul debitelor de apă în perioade cu fenomene de îngheț trebuie să se dispună de măsurători de debite de apă în această perioadă. Fără un minimum de măsurători de debite de apă în prezența fenomenelor de îngheț, calcularea cu precizie a debitelor de apă medii zilnice în aceste perioade nu este posibilă.

4.3.4.5. Graficul complex pentru perioada cu fenomene de îngheț

Graficul complex asigură pe de o parte, analiza influenței fenomenelor de îngheț pe râu asupra curgerii în funcție de factorii meteorologici, iar pe de altă parte poate evidenția discordanțe și eventuale deficiențe în observarea fenomenelor de îngheț în comparație cu stațiile hidrometrice amonte și aval sau cu stațiile hidrometrice din bazinele învecinate cu aproximativ aceleași condiții fizico-geografice. Graficul complex se poate realiza pe hârtie milimetrică sau cu ajutorul programelor de calcul (Figura 38).

Graficul complex pentru perioada cu fenomene de îngheț redă variația în timp a următoarelor elemente:

- temperatura aerului de la ora 06:00;
- precipitațiile, reprezentate diferit, în funcție de tipul lor (lichide sau solide);
- grosimea gheții și a zăpezii de pe gheață;
- coeficientul $K_g = \Omega_g/\Omega$ unde Ω_g este suprafața gheții scufundate și Ω suprafața secțiunii care corespunde nivelului apei H (în copci);
- coeficientul $K_i = Q_i/Q$ unde Q_i este debitul măsurat în timpul fenomenelor de iarnă și Q debitul din albia liberă la nivelul la care a fost măsurat Q;
- nivelurile apei, cu marcarea măsurătorilor de debite de apă (la data și nivelul respectiv) și notarea tipului de fenomene de iarnă prin semne convenționale;
- debitele de apă corectate, în perioada cu fenomene de iarnă.

Dacă măsurătorile asupra temperaturii aerului de la stațiile hidrometrice nu prezintă siguranță, se vor reprezenta temperaturile de la o stație hidrometrică învecinată (atunci când condițiile fizico-geografice sunt asemănătoare și stațiile sunt apropiate) sau de la o stație automată. Pe graficul de variație a temperaturii aerului se va nota denumirea stației hidrometrice de la care provin datele.

Se recomandă ca pe graficul nivelurilor observate să fie reprezentate și nivelurile care s-ar produce în albia liberă la debitele din perioada cu fenomene de iarnă. Aceste niveluri se obțin intrând în cheia dinaintea fenomenelor de îngheț cu valoarea debitelor măsurate la fenomenele de îngheț și determinând astfel valorile corectate, notate H_c (nivel corectat).

Dacă graficul complex se reprezintă în mod clasic (pe hârtia milimetrică), se vor utiliza următoarele scări:

- Pe axa timpului se va folosi scara 1 zi = 1 mm;
- Pe axa ordonatelor se recomandă următoarele scări:
 - pentru temperatura aerului 1 mm = 2°C;

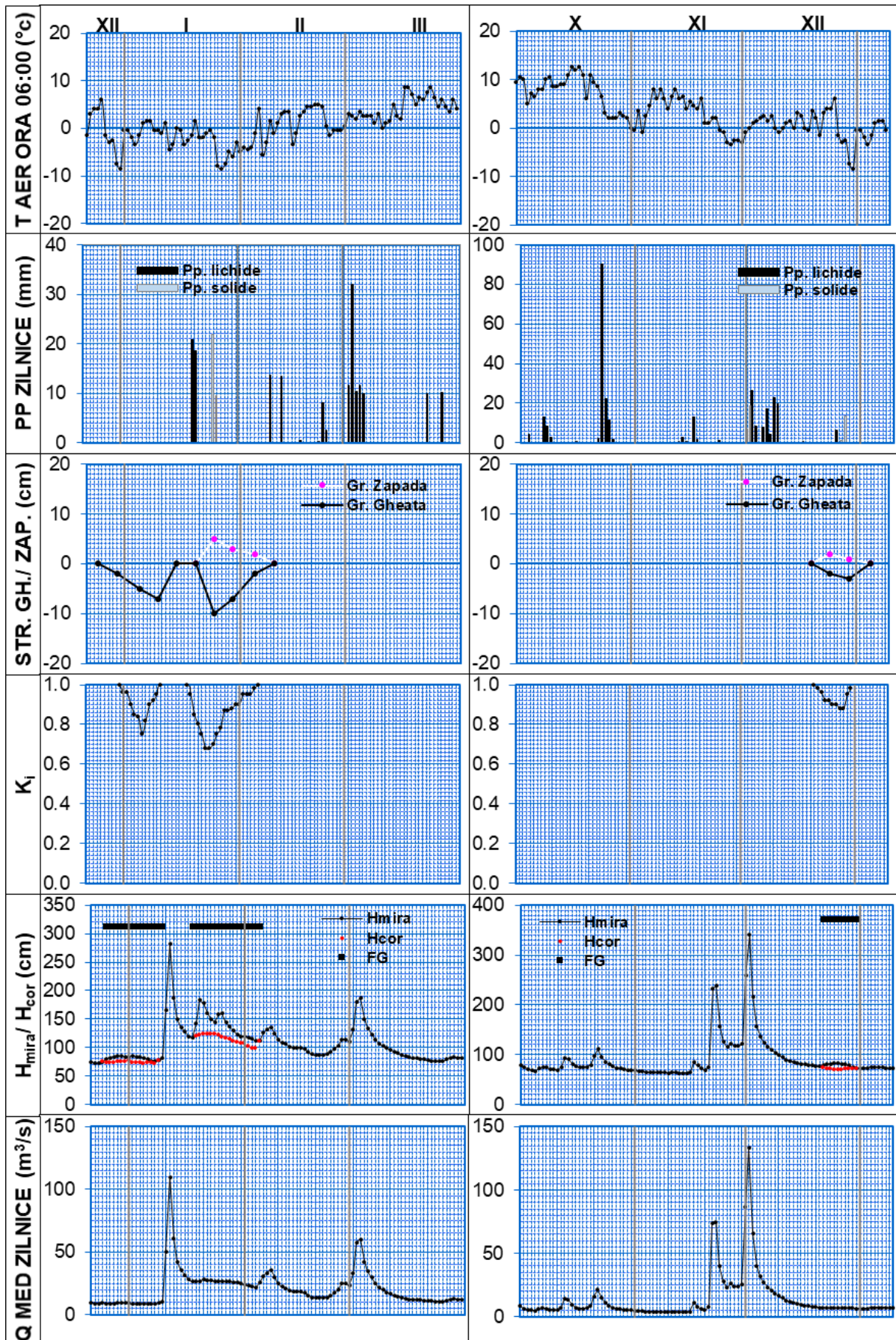


Figura 38. Exemplu de grafic complex pentru perioada cu fenomene de îngheț realizat cu ajutorul unui program de calcul

- pentru precipitații 1 cm = 10 mm (graficul ploii se înnegrește, iar cel al ninsorii rămâne neînnegrit);
- pentru grosimea stratului de gheață 1 mm = 2 cm;
- pentru grosimea zăpezii de pe gheață 1 mm = 2 cm;
- pentru valorile coeficientului K_i și K_g 1 cm = 0,2;
- pentru reprezentarea fenomenelor de îngheț prin semne convenționale se vor folosi benzi de 2 mm grosime;
- pentru graficul de variație a nivelurilor se va alege o scară în funcție de amplitudinea variației nivelurilor în această perioadă, dar să se înscrie în intervalul de circa 10 cm;
- pentru graficul de variație a debitelor de apă scara va fi în funcție de ecartul debitelor calculate pentru perioada de iarnă, dar să se înscrie în intervalul de 6 cm.

În cadrul caracterizării materialului hidrometric se vor face precizări privind graficul complex pentru perioada de iarnă, în situațiile în care se produc fenomene deosebite constatate pe teren, informațiile fiind despre:

- zăpoare (perioada, poziția aval sau amonte de stația hidrometrică, influențele asupra curgerii la stație) sau alte fenomene deosebite (ex.: umplerea albiei râului cu zăpadă viscolită);
- corectitudinea măsurărilor de nivel și debit;
- cauzele care au dus la lipsa de observații și măsurători și asupra metodelor eventual folosite pentru suplinirea lipsurilor;
- motivarea eliminării unor date.

4.3.5. Metoda determinării debitelor de apă medii zilnice în perioadele cu vegetație acvatică

Pentru calculul debitelor medii zilnice în aceste perioade se pot folosi următoarele metode:

- metoda interpolării;
- metoda cheilor limnimetrice;
- metoda coeficienților de vegetație K_v ;
- metoda aducerii nivelurilor la condițiile albiei libere de vegetație.

Este necesar să se cunoască: extinderea vegetației acvatice în profilul de măsurare, tipul de vegetație și înălțimea ei. Măsurătorile de debit în cazul vegetației se situează pe graficul H-Q la stânga cheilor limnimetrice pentru albie liberă. Influența vegetației asupra curgerii se manifestă pe toată perioada de existență a vegetației (cuprinzând fazele de apariție, dezvoltare și dispariție a vegetației).

4.3.5.1. Metoda interpolării directe între debitele măsurate

Determinarea debitelor medii zilnice se face analitic sau grafic, ca în cazul curgerii în albie liberă sau în timpul fenomenelor de iarnă.

4.3.5.2. Metoda cheilor limnimetrice periodice

Trasarea curbelor temporare se efectuează după regulile arătate la trasarea curbelor temporare în cazul albiilor instabile. Cheile periodice indică evoluția vegetației în albie.

4.3.5.3. Metoda coeficienților de corecție K_v

Metoda este similară cu cea folosită pentru calculul debitelor de apă pe timp de iarnă (metoda coeficienților K_i , subpunctul 4.3.4.3.). Pentru fiecare măsurătoare de debit de apă efectuată în perioada cu vegetație acvatică se calculează coeficientul K_v :

$$K_v = \frac{Q_v}{Q_{mas}}$$

unde:

Q_v - debitul măsurat în perioada de vegetație la un nivel H_v

Q_{mas} - debitul corespunzător aceluiași nivel influențat (H_v) pe curba H-Q construită pentru perioada de curgere liberă

Calculul coeficientului K_v se face cu ajutorul tabelelor similare celor pentru K_i .

Cu valorile coeficienților K_v obținute pentru fiecare măsurătoare în parte se construiește un grafic cronologic K_v -T având pe axa orizontală reprezentat timpul, iar pe ordonată K_v .

În cazul când punctele sunt relațiv dispersate, se poate trasa printre ele o curbă medie K_v -T. Valoarea zilnică a coeficientului K_v se va determina după acest grafic corespunzător nivelului din ziua respectivă.

În timpul viiturilor valoarea coeficientului K_v poate crește. Aceasta se datorează faptului că vegetația se înclină, uneori până aproape de fundul albiei din cauza măririi vitezei. Uneori vegetația poate fi smulsă parțial de pe fundul albiei și în felul acesta rugozitatea scade.

4.3.5.4. Metoda aducerii nivelurilor la condițiile albiilor libere de vegetație

Metoda este similară celei pentru corecția nivelurilor în perioadele cu fenomene de îngheț (subpunctul 4.3.4.4.).

4.3.6. Determinarea debitelor în condiții deosebite

În cazul unor viituri excepționale se pot întâlni situații în care apele depășesc secțiunea de măsurare prin ruperea malurilor naturale sau digurilor și în parte se scurg pe trasee în afara albiei. Există cazuri în care, la viituri excepționale, râul părăsește vechea albie creându-și alta nouă. În asemenea cazuri, reconstituirea debitelor maxime este mai dificilă.

Pentru apele care curg pe o albie secundară, un fost braț, se procedează după cum s-a arătat, prin ridicări de profile transversale și longitudinale pe care se marchează nivelurile maxime după urme, prin evaluarea rugozității și utilizarea formulei Chézy.

Sunt însă destule situații în care apele revărsate depășesc o șosea sau curg pe sub poduri și podețe în curgere liberă sau sub presiune și de asemenea situații în care apele curg prin rupturi (breșe) produse în diguri. În toate aceste situații, șoselele, breșele în diguri, podurile și podețele devin profile convenabile pentru evaluarea debitelor care curg peste, sub sau prin acestea.

4.3.6.1. Determinarea debitelor în condiții de inundare a șoselelor și ruperi de diguri

Șoselele inundate, ca și breșele din diguri, se pot asimila cu deversoarele cu prag lat. Se consideră deversor cu prag lat deversorul pentru care este îndeplinită condiția:

$$2,5 \leq \frac{b}{H} \leq 14 \rightarrow 15$$

unde:

b - dimensiunea pragului la coronament (m)

H - înălțimea apei peste coronament care condiționează curgerea și este măsurată amonte de prag (m)

Dacă raportul b/H depășește valoarea 15 se consideră curgere într-un canal cu fundul orizontal.

Deversorul cu prag lat poate lucra neînecat (Figura 39a) sau înecat (Figura 39b).

Dacă este neînecat, adâncimea pe prag h este egală cu adâncimea critică h_{cr} care rezultă sub acțiunea sarcinii totale față de coronament H_0 compusă din adâncimea H și înălțimea cinetică datorată vitezei apei din amonte de prag V_0 conform cu:

$$H_0 = H + \frac{\alpha V_0^2}{2g}$$

unde:

g - accelerația gravitațională (9,81 m/s²)

α - coeficient care, pentru scurgeri turbulente, se ia de obicei $\alpha = 1,1$ și pentru calcule mai puțin exacte $\alpha = 1,0$

Adâncimea la prag se ia de obicei pentru deversorul cu prag lat neînecat egală cu adâncimea critică și în mod aproximativ egală cu 0,6 H_0 .

$$h = h_{cr} \cong 0.6H_0$$

Pentru deversoarele cu prag lat neînecate, înălțimea coloanei de apă din aval, h_{av} , față de coronament este mai mică decât h_{cr} :

$$h_{av} < h_{cr} \cong 0.6H_0$$

Când la un deversor cu prag lat există relația $h_{av} > h_{cr}$ deversorul lucrează înecat.

Pentru caracterizarea gradului de înecare se folosește raportul h_{av}/H_0 .

În toate relațiile de mai sus valorile b, H, H_0 , h, h_{cr} , h_{av} se exprimă în metri, vitezele apei în m/s și accelerația gravitațională în m/s².

Lungimea șoselei pe porțiunea deversată de ape sau lungimea pe care digul este rupt se notează cu L și se exprimă în metri (Figura 39c).

Dacă direcția de curgere a apei peste șosea sau prin breșa din dig nu este normală pe axul șoselei sau traseul digului, trebuie să se ia în considerare și unghiul α° dintre direcția scurgerii și normalele la traseele șoselei și respectiv digului (Figura 39d).

Formula de calcul a debitului peste șosea sau prin spărtura în dig, asimilate cu deversoare cu prag lat este:

$$Q = 4,43 \times M \times L \times H_0^{3/2}$$

unde:

L și H_0 se exprimă în metri

Pentru calculul lui H_0 se folosește relația:

$$H_0 = H + \alpha \frac{V_0^2}{2g}$$

cu mențiunea că pentru cazurile în care $V_0 \leq 1,5$ m/s și $H > 0,3$ m se poate considera $H_0 \approx H$.

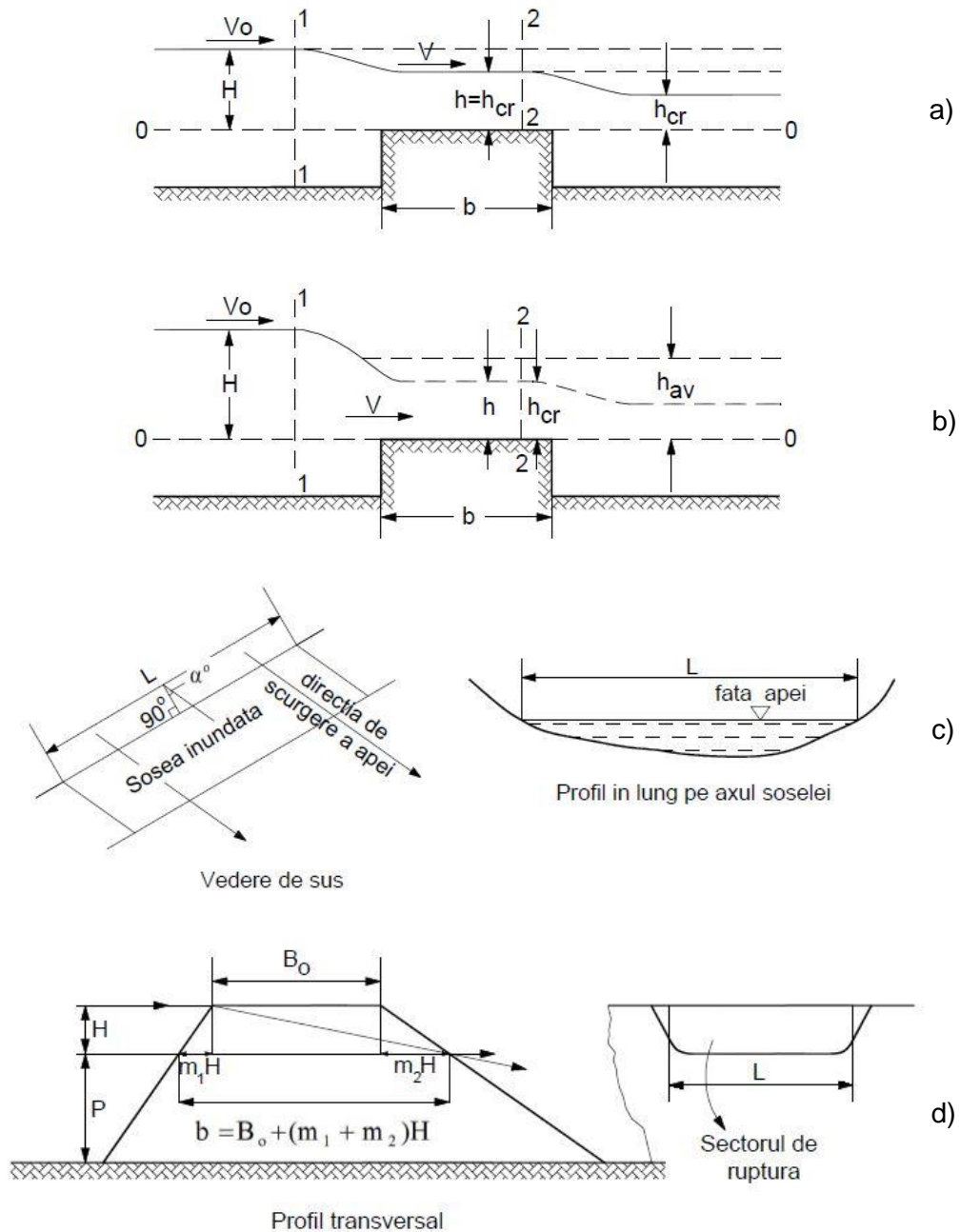


Figura 39. Curgerea peste șosele și prin rupturi ale digurilor: scheme ale unor deversoare cu prag lat neînecat (a) și înecat (b) a unei șosele inundate (c) și a unui dig rupt (d)

Valoarea M este un coeficient global care este produsul a trei coeficienți care țin seama de: forma constructivă a deversorului (M_1); unghiul dintre direcția de curgere peste prag și normala pe traseul pragului (M_2); coeficientul de neînecare (M_3).

Așadar:

$$M = M_1 \times M_2 \times M_3$$

Pentru M_1 valoarea recomandată pentru cele mai frecvente cazuri este 0,34. Coeficientul M_2 este cosinusul unghiului α :

$$M_2 = \cos \alpha$$

Dacă $\alpha < 18^\circ$ se va considera $M_2 = 1$.

Coeficientul M_3 este legat de coeficientul de înecare h_{av}/H_0 conform datelor din Tabelul 22. Debitul calculat se obține în m^3/s .

Tabelul 22. Valorile coeficientului M_3 în funcție de coeficientul de înecare h_{av}/H_0

h_{av}/H_0	< 0,80	0,82	0,84	0,86	0,88	0,90	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98
M_3	1,00	0,99	0,97	0,95	0,90	0,84	0,72	0,70	0,65	0,59	0,50	0,40

Dacă șoseaua sau breșa în dig lucrează ca deversor cu prag lat neînecat ($h_{av}/H_0 < 0,8$), dacă înclinarea curentului pe normala la traseu este mai mică de 18° și dacă V_0 și H conduc la aproximația $H_0 \approx H$, atunci formula de calcul este:

$$Q = 1,5 \times L \times H^{3/2}$$

Determinarea elementelor necesare pentru calcul

Curgeri peste șosele

Lungimea L (m) se determină pe baza urmelor lăsate pe șosea și în vecinătatea ei, pe terasamente, vegetație etc. sau pe baza observațiilor directe din timpul viiturii.

Unghiul α se evaluează pe bază urmelor lăsate prin culcarea vegetației și orientarea unor sedimentări sau pe bază eventualelor observații directe din timpul deversării apelor peste șosea.

Sarcina deversorului H (m) se stabilește pe baza urmelor lăsate în amonte de șosea pe arbori, arbuști, stâlpi etc. și prin operații de nivelment între aceste urme și suprafața șoselei în zona axului.

Lățimea șoselei b (m) se determină prin măsurători directe.

Înălțimea apei h_{av} (m) se determină de asemenea pe baza urmelor lăsate pe pomi, arbuști, stâlpi etc și prin operații de nivelment între aceste urme și suprafața șoselei în zona axului.

Dacă mărimile H și h_{av} sunt diferite în lungul șoselei, atunci calculul se va face pe mai multe tronsoane de șosea inundată și se vor însuma rezultatele parțiale de pe aceste tronsoane.

Curgeri prin rupturi în diguri

În cazul digurilor se recomandă ca pe perioadele cu viituri în apropierea zonei de rupere să se amplaseze o miră provizorie cu cote „0” la nivelul coronamentului digului pe care să se facă observații de niveluri la intervale de timp de 1 până la 3 ore funcție de ritmul de rupere a digului.

În acest caz coeficientul $M_2 = 1$ și coeficientul $M_3 = 1$.

Lungimea L (m) se determină de regulă, ulterior viiturii, pe baza calculului unei valori medii L în zona de rupere.

Pentru cazul când este necesară evaluarea lungimii rupturii în dig chiar în timpul viiturii se vor folosi repere preexistente.

Întocmirea memoriului de calcul al debitelor peste șosele inundate și prin ruperi de dig este obligatorie. Memoriile se păstrează la stația hidrologică. Se va preciza în detaliu modul de determinare a elementelor menționate (ex. unde și când s-a stabilit H și h_{av} , când și cum a fost evaluată L etc) astfel încât să se poată evalua gradul de precizie a debitului calculat.

Verificarea debitelor determinate

Folosind debitele determinate prin profilul de măsurare al stației hidrometrice și debitele care au ocolit acest profil calculate la o albie secundară, la deversarea unei șosele sau prin breșa într-un dig se calculează prin însumare, debitul total.

Se recomandă ca valoarea debitului total astfel obținută să fie verificată dacă în sectorul stației hidrometrice, în aval sau în amonte se găsește un profil transversal prin care a trecut toată apa – fără divagări – și astfel ca între acest profil și profilul mirei să nu intervină modificări importante de debite prin aport lateral de apă sau prin mari atenuări.

În acest scop se vor efectua operațiile cunoscute:

- determinarea pantei după urmele lăsate pe maluri;
- estimarea coeficientului de rugozitate pe baza literaturii de specialitate;
- ridicarea unui profil transversal: se va aștepta ca după viitură apa să scadă suficient astfel încât să se poată determina cât mai precis secțiunea udată (albie minoră și majoră).
- calculul debitului maxim cu ajutorul relației:

$$Q = \frac{1}{n} \times \Omega \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

unde notațiile au semnificațiile cunoscute.

Valoarea astfel calculată se compară cu cea rezultată prin însumare.

Dacă rezultatele sunt apropiate în limita a $\pm 10\%$ se poate pune problema amenajării pentru măsurători de debite a profilului unic pentru cele mai mari ape sau mutarea stației hidrometrice în acest profil, dacă el este corespunzător și pentru ape mici și medii. În caz de neconcordanțe însemnate (peste $\pm 10\%$) se vor analiza cauzele și se vor evidenția și îndepărta eventualele erori.

Aplicații

I. O șosea a fost inundată pe o lungime $L = 200$ m. Pe baza urmelor lăsate pe pomii de la marginea șoselei s-au determinat prin nivelment valorile medii $H = 0,6$ m și $h_{av} = 0,2$ m, nerezultând necesitatea de a se delimita mai multe tronsoane caracteristice de-a lungul celor 200 m de șosea inundată. Lățimea șoselei este $b = 8$ m. Unghiul dintre direcția de curgere și normala la axul șoselei a fost evaluat la cca. $10^\circ - 15^\circ$. Diferența de nivel între suprafața șoselei și terenul înconjurător este de cca. 1 m (Figura 40).

Metoda de calcul:

a) Date inițiale de bază:

$$L = 200 \text{ m}, b = 8 \text{ m}, H = 0,6 \text{ m}, H_{av} = 0,2 \text{ m}, \alpha = 10^\circ \rightarrow 15^\circ$$

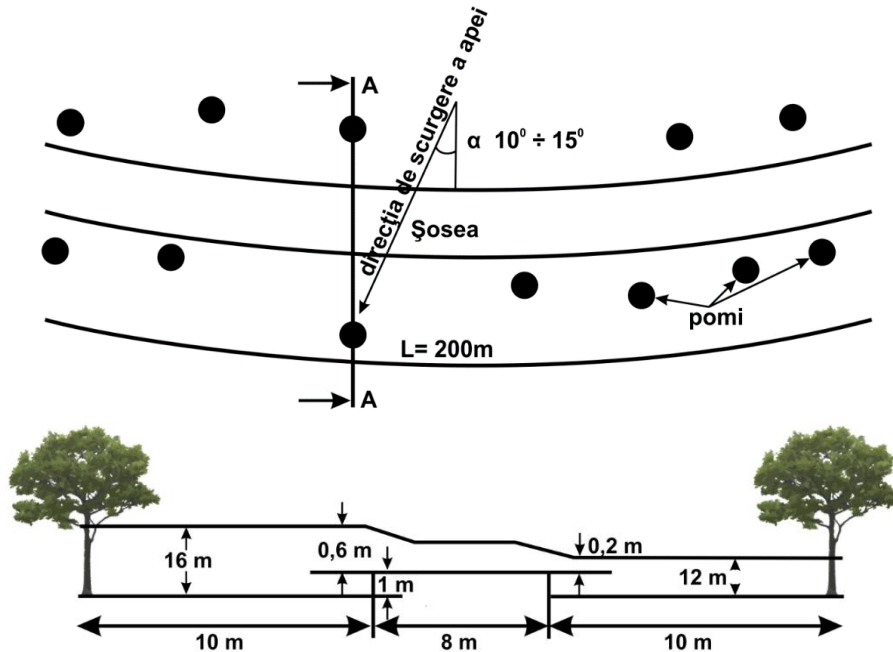


Figura 40. Calculul debitului peste o șosea inundată (a) vedere de sus și (b) secțiunea A – A

b) Date calculate:

Condiția de existență a deversorului cu prag lat este îndeplinită:

$$2,5 < \frac{b}{H} = \frac{8}{0,6} = 13,3 < 14 \rightarrow 15$$

Sarcina totală a deversorului H_0 se poate considera egală cu H având în vedere că $H > 0,3 \text{ m}$ și că viteza apei V_0 este relativ mică, apa apropiindu-se de șosea pe o adâncime importantă ($1,6 \text{ m}$) și pe o secțiune mare ($200 \text{ m} \times 1,6 \text{ m} = 320 \text{ m}^2$). Ipoteza $H_0 = H$ se va verifica după evaluarea debitului deversat.

Coeficientul de înecare $h_{av}/H_0 = 0,2/0,6 = 0,33$ arată că deversorul lucrează neînecat și $M_3 = 1$.

Înălțimea apei pe șosea este deci:

$$h = h_{cr} = 0,6 H_0 = 0,6 \times 0,6 = 0,36 \text{ m}$$

Secțiunea de curgere a apei peste șosea a fost $200 \times 0,36 = 72 \text{ m}^2$. Unghiul α fiind mai mic de 18° se va lua $M_2 = 1$.

c) Calculul debitului deversat:

$$Q = 1,5 \times 200 \times 0,6^{3/2} = 139 \text{ m}^3/\text{s}$$

Viteza medie peste șosea este:

$$V_m = \frac{Q}{\Omega} = \frac{139}{72} = 1,93 \text{ m/s}$$

iar V_0 în amonte de șosea este inferioară valorii de $1,5 \text{ m/s}$, așadar se aproximează $H_0 \approx H$.

II. Aceeași șosea din aplicația I la o altă viitură.

a) Date inițiale de bază:

$$L = 130 \text{ m}, b = 8 \text{ m}, H = 0,3 \text{ m}, H_{av} = 0,2 \text{ m}, \alpha = 10^\circ \rightarrow 15^\circ$$

b) Date calculate:

Condiția de existență a deversorului cu prag lat nu este îndeplinită și curgerea se va considera ca fiind prin canal cu fund orizontal:

$$\frac{b}{H} = \frac{8}{0,3} = 26,7 > 14 \rightarrow 15$$

În această situație se iau în considerare:

- adâncimea apei $h = 0,25 \text{ m}$;
- secțiunea udată $\Omega = 130 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} = 32,5 \text{ m}^2$;
- raza hidraulică $R \approx h = 0,25 \text{ m}$;
- coeficientul de rugozitate pentru beton în literatura de specialitate este $n = 0,014$.

Pentru a calcula panta suprafeței apei se dispune de valoarea căderii de $0,1 \text{ m}$ (ca diferență între H și h_{av}). Pentru determinarea lungimii pe care s-a produs această cădere s-au făcut reconstituiri după urme și s-a determinat că această cădere s-a produs pe cca. 20 m , deci:

$$I = \frac{0,1 \text{ m}}{20 \text{ m}} = 0,005$$

c) Calculul debitului apei:

$$Q = \frac{1}{n} \times \Omega \times R^{2/3} \times I^{1/2} = \frac{1}{0,014} \times 32,5 \times 0,25^{2/3} \times 0,005^{1/2} = 65 \text{ m}^3/\text{s}$$

III. Un dig înalt de $6,0 \text{ m}$ față de terenul înconjurător, cu lățimea la coronament de $4,0 \text{ m}$ și taluze la 45° ($m = \text{tg } 45^\circ = 1$) este depășit și erodat de apă la o mare viitură (Figura 41).

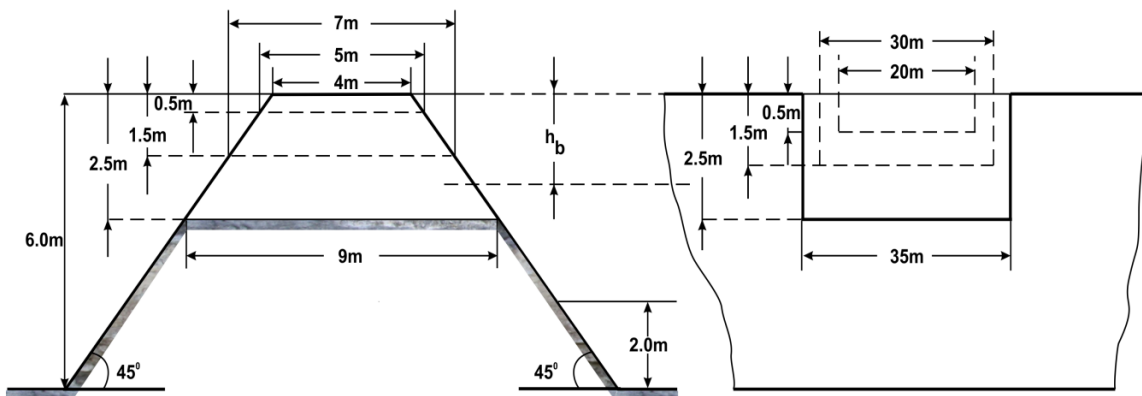


Figura 41. Schema pentru calculul debitelor prin breșe în dig

Au fost înregistrate orar adâncimi ale breșei față de coronamentul digului h_b (m) și lungimi ale acesteia în lungul digului L (m), prezentate în tabelul alăturat.

Ora	h_b (m)	L (m)
11	0,5	20
12	1,5	30
13	2,5	35

În tot acest interval de timp nivelul apei în spatele digului s-a menținut la cota coronamentului digului.

Nivelul apei în aval de dig nu s-a ridicat mai sus de 1,5-2 m față de cota terenului. Se cere să se determine debitele și viteza apei prin breșă.

Metoda de calcul

Diferența de nivel H între fața apei din spatele digului și cota adâncimii breșei în dig (baza breșei) a fost cronologic de 0,5 m, 1,5 m și 2,5 m. Lățimea breșei a crescut cu adâncirea acesteia, fiind la cele trei momente de 5,0 m, 7,0 m și 9,0 m.

Se verifică dacă sunt îndeplinite condițiile de existență a deversoarelor cu prag lat prezentate în tabelul alăturat.

Ora	b (m)	H (m)	b/H	$2,5 < b/H < 14 + 15$
11	5,0	0,5	10	DA
12	7,0	1,5	4,7	DA
13	9,0	2,5	3,6	DA

Aceste deversoare cu prag lat lucrează neînecat, nivelul apei în aval de dig situându-se peste teren la mai puțin de 2 m.

Întrucât $H > 0,3$ m și viteza de acces V_0 este considerată (sub rezerva verificării) inferioară vitezei de 1,5 m/s, se va considera $H_0 = H$ și se vor calcula debitele cu formula $Q = 1,5 \times L \times H^{3/2}$.

Ora	LH (m ²)	Q (m ³ /s)	V_0 (m/s)
11	10,0	10,6	< 1,06
12	45,0	82,7	< 1,84
13	87,5	208	< 2,38

Verificarea vitezei de acces a apei la breșă, V_0 , trebuie să ia în considerare secțiuni în amonte de breșă care sunt mai mari decât secțiunile HL și deci vitezele V_0 vor fi mai mici decât Q/HL .

Ora	L (m)	H (m)	Q (m ³ /s)
11	20	0,5	10,6
12	30	1,5	82,7
13	35	2,5	208

Ipoteza că $H_0 \approx H$ este confirmată deoarece V_0 nu poate depăși 1,5 m/s.

IV. În lacul de acumulare al centralei hidroelectrice „c” sunt captate două râuri controlate în amonte de lac de stațiile hidrometrice „a” și „b”. Cele două râuri sunt îndiguite în zonă. La o viitură produsă de ploile căzute pe bazinul aferent lacului de acumulare, digul din amonte stației hidrometrice „a” a cedat și apa trecută prin spărtură a intrat integral în lacul de acumulare, ocolind stația „a” (Figura 42).

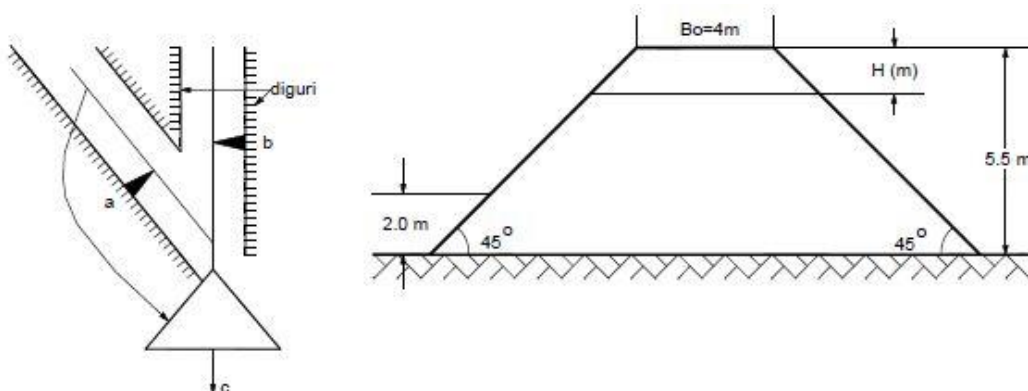


Figura 42. Schema de amenajare hidrotehnică cu acumulare

Digul are coronamentul lat de 4,0 m, este înalt de 5,5 m peste cota terenului și are taluzele înclinate la 45°.

Între orele 11 și 16 se cunosc din oră în oră: debitele de apă la stațiile hidrometrice *a* și *b* și debitele uzinate de hidrocentrala *c*; lungimea breșei în lungul digului, *L* (m); diferența de nivel între cota apei din amonte breșei în dig și baza breșei *H* (m); cotele nivelului *H* (mMN) și volumele *W* (10⁶m³) în lacul de acumulare pe baza cărora s-au calculat și volumele de apă acumulate orar *DW* (10⁶m³). Datele se dau în tabelul următor cu mențiunea că nivelul apei în spatele digului s-a menținut la nivelul coronamentului și după spărtură adâncimea apei nu a depășit 2 m (Tabelul 23).

Tabelul 23. Date cunoscute

Ora	Debite la s. h. (m ³ /s)			Evoluția ruperii la dig		Lacul de acumulare		
	a	b	c	L (m)	H (m)	H (mrMN)	W(10 ⁶ m ³)	DW(10 ⁶ m ³)
11	269	480	50	10	0,2	520,13	15,25	2,73
12	266	490	100	20	0,6	520,34	17,98	
13	252	500	200	25	1,2	520,71	20,19	2,21
14	255	490	300	30	1,3	520,68	22,4	2,21
15	207	470	200	30	1,5	520,82	24,22	1,82
16	153	450	200	30	2,0	520,96	26,04	1,82

Se solicită reconstituirea scurgerii la stația hidrometrică *a*.

Metoda de calcul

Reconstituirea debitelor la stația *a* se poate face pe două căi:

- Prin evaluarea debitelor trecute prin spărtură;
- Pe baza efectuării bilanțului apei folosind debitele de apă defluente din lac, debitele acumulate în lac și debitele măsurate la stația *b*.

a. Calculul debitelor trecute prin ruptură

- Verificarea condițiilor de existență a deversorului cu prag lat:

Ora	11	12	13	14	15	16
b(m)	4,4	5,2	6,4	6,6	7,0	8,0
H(m)	0,2	0,6	1,2	1,3	1,5	2,0
b/H	2,2	8,7	5,3	5,1	4,7	4,0
Verif.cond.	NU	DA	DA	DA	DA	DA

- Calculul debitelor cu ajutorul relației $Q = 1,5 LH^{3/2}$:

Ora	11	12	13	14	15	16
L(m)	10	20	25	30	30	30
H(m)	0,2	0,6	1,2	1,3	1,5	2,0
Q(m ³ /s)	/	13,9	37,5	45,0	82,7	127

- Calculul debitelor în secțiunea a cu ajutorul relației:

$$Q_{rec A} = Q_{mas A} + Q_{ruptură} (m^3/s)$$

Ora	11	12	13	14	15	16
$Q_{m\grave{a}s}$	269	266	252	255	207	153
$Q_{ruptur\grave{a}}$	/	13,9	37,5	45,0	82,7	127
Q_{rec}	/	280	290	300	290	280

b. Calculul folosind ecuații de bilanț

- Calculul debitelor afluate în lacul de acumulare:

$$Q_{afl} = Q_{defl} \pm \frac{DW}{DT} (m^3/s)$$

Ora	11	12	13	14	15	16
Q_{def}	50	100	200	300	200	200
DW/DT	758	614	614	506	506	506
Q_{afl}	808	714	814	806	706	706

- Calculul debitelor în secțiunea a cu ajutorul relației:

$$Q_{rec A} = Q_{afl} - Q_{mas B} (m^3/s)$$

Ora	11	12	13	14	15	16
Q_{afl}	808	714	814	806	706	706
$Q_{m\grave{a}s} "b"$	480	490	500	490	470	450
$Q_{rec} "a"$	328	324	316	316	236	256

Compararea valorii debitului reconstituit la stația hidrometrică a cu metodele a. și b:

$$e = \frac{Q_A - Q_B}{Q_B}$$

Ora	11	12	13	14	15	16
Q_A	269	280	290	300	290	280
Q_B	328	324	314	316	236	256
$e(\%)$	21,9	15,7	8,3	5,3	-18,6	-8,6

Valorile sunt în limite acceptabile, întrucât eroarea minimă de citire a nivelului la baraj este de ± 1 cm, ceea ce conduce în condițiile date la o eroare de $DW/DT = \pm 36,1$ m³/s pentru $DT = 1$ oră.

4.3.6.2. Determinarea debitelor la poduri și podețe cu curgere sub presiune

Secțiunea de curgere pe sub poduri și podețe poate conserva albia naturală, dar poate fi și dreptunghiulară (cu pereți laterali verticali prin construcție) sau circulară (în cazul folosirii tuburilor de beton etc).

Metoda de calcul

Podurile și podețele pe sub care curgerea se face sub presiune se pot echivala cu orificiile mari (Figura 43).

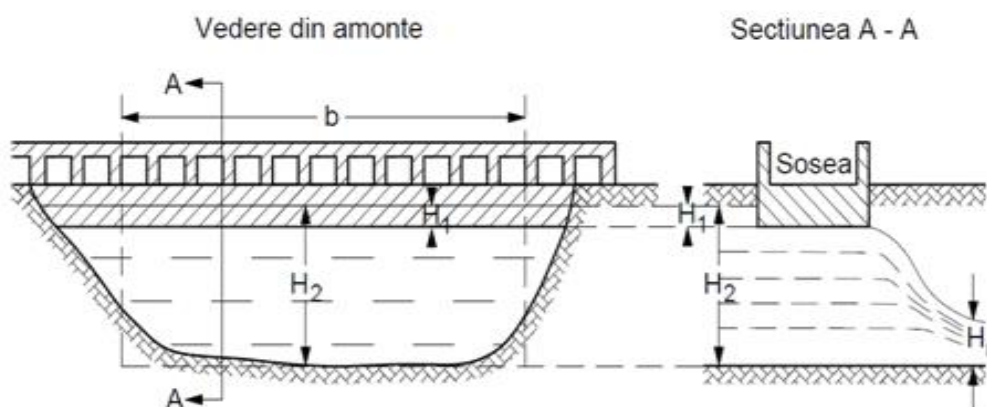


Figura 43. Pod (podeț) cu curgere sub presiune

Pentru poduri și podețe care conservă albia naturală sau cu secțiuni de curgere dreptunghiulară debitele se calculează cu ajutorul relației:

$$Q = \frac{2}{3} m \times \sigma \times b (H_2^{3/2} - H_1^{3/2})$$

unde:

m - coeficient de debit ($m = 0,6$)

σ - coeficient de înecare în funcție de raporturile: H_1/H_2 și H_n/H_2 :

H_2 - adâncimea apei în râu în amonte de pod (m)

H_1 - diferența de nivel între fața apei din amonte și cota inferioară a tablierului podului (partea superioară a tubului) (m)

H_n - adâncimea apei pe râu în aval de pod (m)

H_n/H_2 H_1/H_2	Valorile $\sigma = f(H_n/H_2, H_1/H_2)$					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9
0	1	0,981	0,956	0,907	0,776	0,621
0,2	1	0,973	0,932	0,845	0,577	-
0,4	1	0,963	0,898	0,756	-	-
0,6	1	0,953	0,866	-	-	-
0,8	1	0,943	-	-	-	-

Pentru secțiunile circulare debitele evacuate prin curgere sub presiune (Figura 44) se calculează cu ajutorul relației:

$$Q = m \times \pi \times R^2 \times \sigma \left(1 - \frac{R^2}{32H^2}\right) \times \sqrt{2gH}$$

unde:

$m = 0,60$ - coeficientul orificiului

$\pi = 3,14$

R - raza tubului (m)

σ - coeficient de înecare similar cu cel din tabelul de mai sus

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ - accelerația gravitațională

H - diferența de nivel dintre luciul apei din amonte și axul tubului (m)

H_2 - adâncimea apei din amonte față de cea mai joasă cotă a secțiunii circulare (m)

H_1 - adâncimea apei din amonte față de cea mai de sus cotă a secțiunii circulare (m)
 H - adâncimea apei din aval față de patul scurgerii prin tub (m)

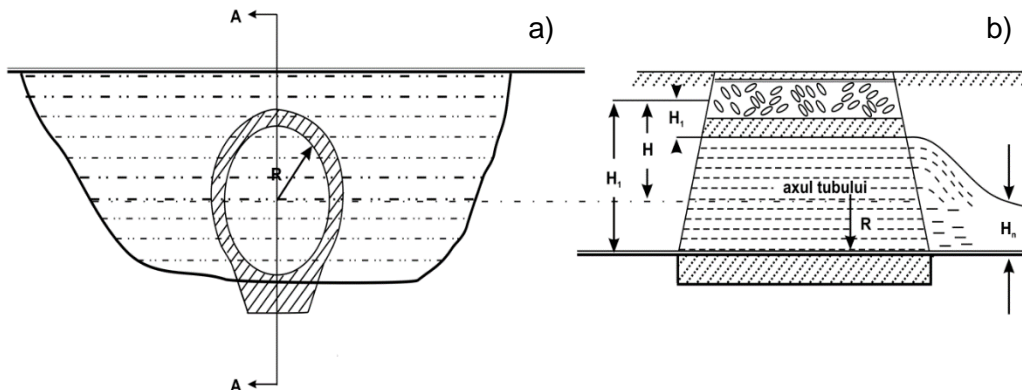


Figura 44. Tub sub presiune: vedere din amonte (a) și secțiunea A – A (b)

Aplicații

I. Se calculează debitul scurs pe sub un podeț (curgere sub presiune) cunoscând:

$$H_n = 2 \text{ m}, H_1 = 0,5 \text{ m}, H_2 = 10 \text{ m}, b = 40 \text{ m}$$

Metoda de calcul

a) Se calculează raporturile H_1/H_2 , H_n/H_2 și se determină coeficientul de înecare:

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{0,5}{10} = 0,05; \quad \frac{H_n}{H_2} = \frac{2}{10} = 0,2; \quad \text{rezultă } \sigma = 0,981$$

b) Se calculează debitul scurs:

$$Q = \frac{2}{3} \times 0,6 \times 0,981 \times 40 (10^{3/2} - 0,5^{3/2}) = 491 \text{ m}^3/\text{s}$$

II. Se calculează debitul scurs printr-un tub de beton (sub presiune) cunoscând:

$$H = 3 \text{ m}, R = 1 \text{ m}, H_n = 1,6 \text{ m}, H_1 = 2 \text{ m}, H_2 = 4 \text{ m}$$

Metoda de calcul

a) Se calculează H_1/H_2 , H_n/H_2 și se determină coeficientul de înecare:

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{2}{4} = 0,5; \quad \frac{H_n}{H_2} = \frac{1,6}{4} = 0,4; \quad \text{rezultă } \sigma = \frac{0,898 + 0,866}{2} = 0,882$$

b) Se calculează debitul scurs

$$Q = 0,6 \times 3,14 \times I^2 \times 0,882 \times \left(\frac{I - I^2}{32 \times 3^2} \right) \sqrt{2 \times 9,81 \times 3} \approx 12,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.3.6.3. Determinarea debitelor prin tuburi având curgerea cu nivel liber

Tuburile de beton cel mai frecvent utilizate sunt de formă circulară din beton sclivisit sau azbociment.

Dotarea hidrometrică constă dintr-o miră hidrometrică amplasată imediat în amonte de tub.

Pentru aceste tuburi, cheia limnometrică se exprimă adimensional (Figura 45) prin:

$$\frac{Q}{Q_0} = f\left(\frac{h}{D}\right)$$

unde:

h - este nivelul apei față de punctul cel mai jos al secțiunii circulare (m)

D - diametrul secțiunii circulare (m)

Q - debitul apei corespunzător lui h (m³/s)

Q_0 - debitul apei corespunzător lui D (m³/s)

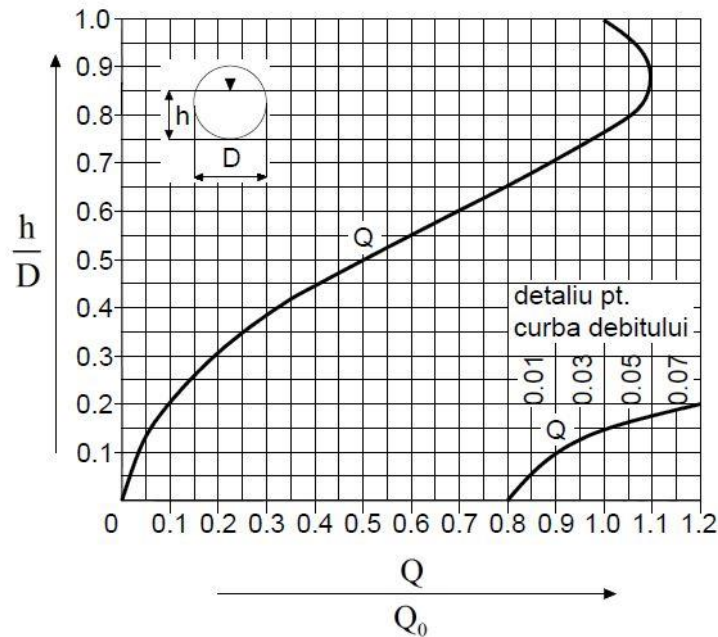


Figura 45. Diagrama pentru calculul debitelor canalelor circulare din beton (curgere cu nivel liber)

Diametrul D fiind cunoscut și măsurând h , se calculează raportul h/D numit grad de umplere și corespunzător lui, se deduce din grafic valoarea raportului Q/Q_0 .

Debitul Q_Q se determină după formula:

$$Q_0 = \frac{0,31}{n} \times D^{8/3} \times I^{1/2}$$

unde:

n - coeficient de rugozitate, în general, are valoarea 0,013 pentru tuburi din beton și beton armat

I - panta hidraulică se poate determina după formula:

$$I = \frac{a \times v^2}{D^{1,25}}$$

$a = 0,0011$

Calculul lui Q_0 se face din aproape în aproape pornind cu o valoare inițială evaluată anterior a vitezei apei (v).

4.3.6.4. Determinarea debitelor apei de pe poduri înalte (rutiere, feroviare)

De pe podurile înalte măsurătorile de debit lichid se execută:

- în perioadele de ape mari, excepționale, când nu pot fi utilizate pentru măsurători construcțiile hidrometrice existente în profilul stației hidrometrice;
- la stațiile hidrometrice nou înființate, pe durata realizării construcțiilor hidrometrice necesare, când nu se pot efectua măsurători din albie sau dintr-o barcă ancorată pe cablu;
- la stațiile hidrometrice, la care în urma unor ape mari au fost distruse construcțiile hidrometrice (pe durata refacerii acestora);
- aval de lucrări hidrotehnice în scopul țării curbelor evacuatoarelor.

Surse principale de erori

Măsurătorile de debite efectuate de pe podurile înalte pot fi afectate de următoarele surse de erori:

1. Erori datorate contracției laterale cauzate de culeele podurilor existente în albie: acestea afectează valoarea debitelor pe întregul ecart de variație a nivelurilor. Corectarea măsurătorilor se face cu ajutorul relației

$$Q_{corectat} = \varepsilon \times Q_{măsurat}$$

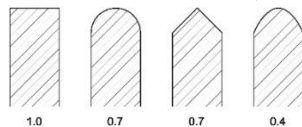
unde:

$$\varepsilon = 1 - 0,1 \times n \times \xi \times \frac{H}{B}$$

unde:

n - numărul de contracții laterale

ξ - coeficient de pierderi locale de sarcină, funcție de forma constructivă a culeelor:



B - distanța dintre două culee

H - adâncimea apei amonte de pod

2. Erori datorate neperpendicularității liniilor de curent pe direcția podului și impreciziei la măsurarea unghiurilor α° dintre firele de curent și normala la direcția podului. În orice caz, vitezele măsurate pe direcția curenților se corectează prin înmulțirea cu $\cos \alpha^\circ$ pentru toate verticalele în care $\alpha^\circ > 15^\circ - 18^\circ$.

3. Erori datorate înclinației față de verticală a cablului de care sunt ancorate leștul și morișca hidrometrică; acest factor conduce la o supraevaluare a adâncimilor, implicit a secțiunii udate: eroarea se remediază prin aplicarea unei corecții $e = \cos \varphi$, unde φ este unghiul dintre cablu și verticală, unghi ce se determină cu ajutorul unui raportor.

Măsuri organizatorice

- Stabilirea stațiilor hidrometrice în zona cărora este posibilă executarea de măsurători de pe poduri inclusiv identificarea podurilor care pot fi utilizate.
- Aducerea la sediul stației hidrometrice a aparaturii și utilajelor necesare: leșturi, cabluri pentru sondaje și electrice, trolii etc.

- Stabilirea ajutorului hidrometrului pentru efectuarea măsurătorilor de debite lichide de pe poduri: acesta poate fi un membru de familie, personal de exploatare a unui baraj existent situat imediat amonte/aval etc.

În cazul în care ajutorul nu este din cadrul stației sau serviciului hidrologic, acesta va fi instruit cu privire la atribuțiile ce îi revin pe durata efectuării măsurătorilor de debit și asupra normelor de protecția muncii.

- Marcarea, pe mâna curentă a podului, a verticalelor de sondaj și a verticalelor fixe de viteză.
- Stabilirea profilelor (amonte și aval) pentru reperarea flotorilor, a distanțelor dintre aceștia și pod (dacă se preconizează și utilizarea determinării debitelor cu ajutorul flotorilor).

Programele hidrometrice în secțiunea podului

- Ridicarea de profile transversale:
 - înainte și după apele mari de primăvară;
 - după viiturile semnificative.
- 4. Determinarea de pante care să permită trasarea curbei I-H.

La ape mari, determinarea pantei se va face după urmele lăsate pe maluri, culee pod, înțărșări etc.

5. Efectuarea de măsurători de debite cu morișca hidrometrică (măsurători simplificate, complete) sau cu flotori.

Se recomandă următorul program minimal de măsurători pe perioadele când instalațiile hidrometrice nu sunt funcționale: 1-2 măsurători complete pe lună la ape mici și medii; 1-2 măsurători complete și 2-3 măsurători „simplificate” cu morișca sau cu flotori, pe durata viiturilor, inclusiv la nivelurile maxime sau în apropierea lor.

Valorificarea măsurătorilor hidrometrice

Măsurătorile de debite lichide efectuate de pe podurile înalte se marchează pe cheia limnometrică cu un semn distinct, conform specificațiilor de la subpunctul 4.2.1.3.

În fișa „Date de sinteză - debite de apă”, în secțiunea „6. Observații suplimentare” se vor face precizări cu privire la modul de efectuare a acestor măsurători:

- distanța până la suprafața apei;
- greutatea lestului utilizat;
- înclinarea cablului;
- unghiul de neperpendicularitate a curgerii pe profilul podului;
- tipul trolului folosit;
- data ridicării profilelor;
- caracteristicile constructive ale podului (număr culee, forma culeelor și valoarea coeficientului ξ utilizat).

Măsurătorile simplificate realizate prin măsurarea vitezei apei numai la suprafață sau la $0,6h$ și considerarea acestor viteze drept viteze medii pe verticale, conduc la debitele (fictive) Q_s și respectiv $Q_{0,6}$. Valorificarea acestor măsurători se realizează pe bază măsurătorilor complete disponibile în secțiunea podului. Pentru măsurătorile complete se dispune de debitul

Q (determinat cu vitezele de pe toată secțiunea) și pot fi calculate de asemenea debitele fictive Q_s și $Q_{0,6}$. Cu debitele Q , Q_s și $Q_{0,6}$ de la măsurătorile complete se calculează rapoartele: $\mu_s = Q/Q_s$ și $\mu_{0,6} = Q/Q_{0,6}$ și se întocmesc corelațiile: $\mu_s - Q_s$ și $\mu_{0,6} - Q_{0,6}$. Dacă aceste corelații sunt drepte, pentru μ_s și $\mu_{0,6}$ se obține câte o singură valoare. Înmulțind pe Q_s și respectiv $Q_{0,6}$ (determinate prin măsurători simplificate) cu valorile μ_s și respectiv $\mu_{0,6}$ se obțin valorile Q . Dacă corelațiile între raporturi și Q sunt curbe, atunci se vor folosi direct graficele corelațiilor.

Totalitatea măsurătorilor efectuate de pe poduri înalte va fi utilizată împreună cu celelalte măsurători efectuate la stațiile hidrometrice în secțiunile amenajate pentru măsurători hidrometrice. Se vor urma procedeele cunoscute. La efectuarea analizelor necesare se vor lua în considerare particularitățile măsurătorilor făcute de pe poduri înalte și în caz de necesitate dovedită se vor opera corecțiile cuvenite.

4.4. Întocmirea fișei cu valori de debite de apă medii zilnice, lunare, anuale și caracteristice lunare și anuale

Pentru studiul hidrometric anual se întocmește o fișă de debite medii zilnice și caracteristice lunare și anuale, atât în regim măsurat, cât și în regim reconstituit.

4.4.1. Înscrierea valorilor de debite de apă medii zilnice

Se înscriu valorile calculate ale debitelor medii zilnice. Se înscriu, de asemenea, debitele medii zilnice rezultate din corelație (reconstituite) pentru zilele sau perioadele fără observații sau cu date eronate.

Observații cu privire la debitele medii zilnice reconstituite se înscriu în fișa „Date de sinteză”. Dacă pentru unele zile nu a fost posibilă reconstituirea valorilor lipsă se va nota câte un punct. Dacă în unele perioade complexul de observații și măsurători nu a fost realizat și nu a fost posibilă reconstituirea acestor valori se va nota în zilele perioadei câte o liniuță orizontală.

Dacă curgerea apei a încetat, în fișă se va nota în zilele respective 0,000 m³/s. Încetarea curgerii se poate produce când în albie nu se mai semnaleză apă sau există apă în bălțire în unele adâncituri. Tot încetare a curgerii și deci debit nul se notează și când apa a înghețat până la fundul albiei (Tabelul 24). Acest lucru se va menționa în fișa „Date de sinteză”.

Dacă se utilizează aplicația informatică HIDROL, perioadele/numărul de zile în care se repetă valorile extreme lunare și anuale, se vor înscrie manual, după calculul fișei de debite în mod automat.

De asemenea, dacă s-au efectuat mai multe măsurători de debite în aceeași zi, valorile obținute se vor înscrie tot manual.

Aceste modificări se vor realiza prin crearea unei copii a foii de calcul.

În cazul râurilor cu valori foarte mici ale debitelor de apă (mai mici de 0,001 m²/s), precizia de măsurare a acestora se va face la patru zecimale (ex: 0,0002 m²/s).

Tabelul 24. Exemplu de fișă cu valori ale debitelor de apă medii zilnice și caracteristice lunare și anuale

FIȘA CU DEBITE DE APĂ MEDII ZILNICE ȘI CARACTERISTICE LUNARE ȘI ANUALE

Zi	Lună	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1		0.007	0.901	0.685	0.107	0.007	0.000	0.018	0.000	0.000	0.000	0.030	0.095
2		0.006	0.992	0.722	0.100	0.008	0.000	0.018	0.000	0.000	0.000	0.030	0.435
3		0.006	0.534	0.631	0.100	0.007	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000	0.030	0.367
4		0.006	1.51	0.572	0.095	0.007	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.028	0.138
5		0.007	2.07	0.465	0.080	0.007	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.026	0.102
6		0.007	0.524	0.448	0.065	0.005	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.023	0.100
7		0.007	0.395	1.11	0.055	0.004	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.039	0.100
8		0.026	0.395	7.83	0.040	0.004	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.040	0.100
9		0.084	0.395	2.24	0.030	0.004	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.055	0.100
10		1.25	0.339	0.698	0.030	0.003	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.070	0.100
11	2.21	2.11	0.330	0.389	0.030	0.002	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.060	0.100
12	3.83	2.64	0.330	0.854	0.030	0.002	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.169	0.091
13	1.52	0.28	0.279	1.18	0.026	0.002	0.068	0.000	0.000	0.000	0.000	1.87	0.085
14	0.624	0.270	0.771	0.024	0.024	0.002	0.064	0.000	0.000	0.000	0.000	1.2	0.075
15	0.320	0.570	0.749	0.020	0.022	0.002	0.091	0.000	0.000	0.000	0.000	0.431	0.071
16	0.767	1.87	0.546	0.022	0.022	0.002	0.213	0.003	0.000	0.000	0.002	0.395	0.070
17	0.898	0.912	2.43	0.404	0.022	0.002	0.082	0.003	0.000	0.000	0.006	0.321	0.070
18	0.300	1.67	0.395	0.020	0.020	0.002	0.064	0.002	0.000	0.000	0.020	0.333	0.070
19	0.170	0.969	0.395	0.020	0.020	0.002	0.694	0.002	0.000	0.000	0.026	0.240	0.068
20	0.112	1.71	0.362	0.022	0.002	0.002	11.6	9.41	0.000	0.000	0.022	0.210	0.070
21	0.089	1.28	0.300	0.018	0.002	0.002	1.47	1.75	0.000	0.000	0.016	0.155	0.035
22	0.067	2.49	0.240	0.016	0.002	0.002	0.254	0.002	0.000	0.000	0.026	0.128	0.027
23	0.055	0.884	0.190	0.010	0.010	0.000	0.082	0.000	0.000	0.000	0.041	0.097	0.024
24	0.053	4.71	3.27	0.164	0.010	0.000	0.041	0.000	0.000	0.000	0.040	0.080	0.022
25	0.052	2.04	0.170	0.009	0.010	0.000	0.042	0.000	0.000	0.000	0.037	0.075	0.021
26	0.057	2.08	0.170	0.010	0.010	0.000	0.031	0.000	0.000	0.000	0.117	0.070	0.020
27	0.072	2.56	0.170	0.010	0.010	0.000	0.030	0.000	0.000	0.000	0.106	0.070	0.020
28	0.130	0.782	0.170	0.010	0.010	0.000	0.026	0.000	0.000	0.000	0.090	0.070	0.019
29	0.342	0.334	0.621	0.150	0.010	0.000	0.022	0.000	0.000	0.000	0.081	0.085	0.018
30	0.270		0.136	0.130	0.008	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000	0.055	0.092	0.016
31	0.365		0.122	0.122		0.000		0.000	0.000	0.000	0.030	0.014	0.014
Suma	12.4	34.1	19.9	1.05	0.082	0.082	13.0	0.128	0.000	0.000	0.725	6.46	2.64
Media	0.401	1.18	0.641	0.035	0.003	0.003	0.434	0.004	0.000	0.000	0.023	0.215	0.085
Maxima	3.99	4.68	7.88	0.115	0.007	0.007	13.0	0.018	0.000	0.000	0.210	2.13	0.610
Data	12	24	8	1	1	1	20	1	1-31	1-30	26	13	2
Minima	0.006	0.270	0.115	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.014
Data	2-5	13-14	31	30	24-31	24-31	1-11	12(13)	1-31	1-30	1-15	5-6	31
Media anuala						0.251							
Maxima anuala		13.0		Data			20 VI						
Minima anuala		0.000		Data			24 V(108)						

4.4.2. Calculul valorilor de debite de apă medii, extragerea debitelor maxime și minime și înscrierea valorilor

Pe baza debitelor medii zilnice se calculează debitele medii lunare ca media aritmetică a acestora. În cazurile în care există lipsuri în seria debitelor medii zilnice, nu se mai calculează media lunară, iar în rubrica respectivă din partea de jos a tabelului se pune un punct.

În cazul utilizării metodei interpolării, valorile extreme se extrag din șirul de valori medii zilnice. Sub valorile debitelor extreme lunare din tabel se trece data la care s-au produs. În cazul în care un debit extrem s-a produs în două sau mai multe zile, în rubrica datelor calendaristice se respectă aceleași reguli și specificații ca în cazul nivelurilor. În cazul în care există lipsuri în valorile debitelor medii zilnice, debitele extreme lunare se extrag numai dacă nu s-au produs în perioade cu lipsuri (după o analiză riguroasă a evenimentelor produse în bazin).

În cazul determinării debitelor medii zilnice prin metoda cheilor limnimetrice, debitele extreme lunare se extrag dintre valorile instantanee (determinate pe baza nivelurilor instantanee – notate în carnetele de observații – și/sau pe baza calculelor realizate în perioade cu niveluri influențate de fenomene de îngheț, vegetație acvatică, remuu etc.).

Debitul mediu anual se calculează ca media aritmetică a celor 12 valori de debite medii lunare.

Debitele extreme anuale se extrag dintre extremele lunare. Notarea datelor de producere a debitelor extreme anuale se face după următoarele reguli:

- dacă valoarea caracteristică a debitului s-a produs într-o singură zi se trec numai ziua și luna; ex: 12 V;
- dacă valoarea caracteristică a debitului s-a produs de mai multe ori, se trec ziua și luna și în paranteză numărul de zile; ex: 12 V(4);
- dacă același debit s-a mai repetat și în alte luni ale anului, se trec ziua și luna primei apariții și în paranteză numărul total de zile din an în care s-a înregistrat acest debit; ex: 12 V(35).

4.4.3. Completarea datelor lipsă

Dacă în cursul unui an lipsesc din diferite motive posibilitățile de calcul direct al debitelor medii zilnice, pentru zile izolate sau unele perioade, acestea pot fi reconstituite prin corelații cu alte stații sau prin alte metode bazate pe analogia curgerii, făcându-se mențiunile respective, după cum se arată în paragraful următor.

În fișa „Date de sinteză”, la punctul 6 se înscriu o serie de explicații sau precizări asupra perioadelor nesigure, asupra corecturilor și completărilor prin corelații sau prin alte metode, asupra perioadelor în care râul a secat complet, a bălțit sau a înghețat total. De asemenea, trebuie menționat dacă în determinarea debitelor zilnice s-a folosit total sau parțial o cheie dintr-o perioadă anterioară, lunile în care la valorile extreme s-au aplicat corecții și orice altă situație deosebită în operațiunea de obținere a debitelor.

4.4.4. Verificarea fișei cu debite de apă medii zilnice și caracteristice

Verificarea fișei cu debite de apă medii zilnice și caracteristice se face prin compararea valorilor debitelor medii zilnice cu valorile debitelor măsurate și folosind fișa cu niveluri medii zilnice și cheile limnimetrice tabelare.

4.5. Validarea debitelor medii zilnice și caracteristice lunare și anuale

4.5.1. Validarea datelor pe bazine hidrografice. Metoda analizei de bilanț

Validarea datelor hidrometrice pe bazine hidrografice, prin metoda analizei de bilanț, permite o verificare a calității materialului hidrometric întocmit la stațiile hidrometrice la nivelul ansamblului unui bazin hidrografic.

Metoda analizei de bilanț se aplică în cazul debitelor de apă medii lunare și anuale, în regim natural (reconstituit) de curgere și în regim măsurat în cazul viiturilor semnificative.

Debitele de apă medii, maxime și minime de la stațiile hidrometrice sunt supuse unei analize de ansamblu care constă în verificarea variației acestor caracteristici de-a lungul râurilor și pe suprafața bazinului, în conformitate cu legile de formare și propagare a curgerii.

În esență, se analizează bilanțul apei în situații și forme diverse.

Se menționează că analiza debitelor de apă se efectuează numai pentru valori în regim natural. Pe râurile cu folosințe se procedează în prealabil la reconstituirea regimului natural.

Analiza pe bazin se face pentru debite medii lunare, debite maxime și minime, pe un an calendaristic. Se analizează, de asemenea și alte perioade caracteristice: viituri, perioade cu ape mari, perioade cu fenomene de iarnă, etc..

Analiza poate pune în evidență neconcordanțe de bilanț care se pot datora atât unor erori la determinarea elementelor componente ale bilanțului peste erorile standard admise cât și neluării în seamă a unor elemente care intervin în bilanț, fie antropice, fie naturale.

Validarea datelor de bilanț și metodele de validare se realizează cu ajutorul aplicațiilor informatice prezentate în capitolul 9, precum și în anexe.

*

* *

Identificarea cauzelor care au condus la neînchideri de bilanț se poate realiza prin:

- Actualizarea evidențelor asupra folosințelor, funcție de dinamica dezvoltării acestora.
- Deplasări pe teren pentru a depista folosințe care nu au fost cunoscute.
- Analiza calității datelor preluate de la folosințe.
- Examinarea calității materialului hidrometric și a metodologiei de execuție a măsurătorii de debit.
- Elaborarea și realizarea unor programe adecvate de măsurători care să conducă la localizarea punctelor și zonelor cu captare sau restituție care nu au fost cunoscute la evaluarea bilanțului.

4.5.2. Validarea debitelor cu ajutorul calculelor matematice

Analiza variației față de media pe o anumită perioadă a parametrului respectiv (valoare medie, minimă, maximă)

Dacă pe perioada respectivă (ex. perioada de ape mici sau în cazul captărilor/restituțiilor de debite de apă) între valoarea medie și valorile minime/maxime pentru un număr mai mare de 80% din totalul valorilor se înregistrează abateri < 10-20%, valoarea lipsă sau eronată poate fi înlocuită cu valoarea medie pe perioada analizată. Valoarea astfel determinată poate fi inclusă în hidrograf, fiind considerată ca realizată în eroare de 10-20%.

Metoda corelațiilor matematice

Această metodă permite precizarea valorii unui debit de apă pe baza valorilor înregistrate anterior. Ea se aplică fie pe baza hidrografului realizat la o stație hidrometrică (autocorelație), fie la stații hidrometrice apropiate.

Ambele metode necesită existența unor șiruri de valori anterioare de bună calitate, iar în cazul unor stații hidrometrice apropiate, de existența unei perioade îndelungate de funcționare în paralel, în regim natural și în aceleași condiții de precipitații, umiditate a solului și de formare a scurgerii de apă.

Metoda autocorelației constă din exprimarea cu ajutorul unei funcții matematice a unei valori la timpul T_i , funcție de valorile înregistrate la timpurile T_{i-1} , T_{i-2} etc. Autocorelația se aplică numai pe perioade de ape mici și medii și se precizează pentru cazuri concrete.

Metoda corelației între stații hidrometrice apropiate constă din exprimarea unui hidrograf la o stație hidrometrică funcție de exprimarea acestuia la o stație hidrometrică apropiată cu ajutorul unei funcții matematice. Termenii de la stația hidrometrică de la care se face transferul de date pot fi sau nu decalajați în timp față de termenii de la stația hidrometrică la care se face transferul.

Uzual, pentru asemenea corelații se folosesc funcții matematice liniare (una-două) sau exponențiale. Asemenea corelații se recomandă să fie determinate cu ajutorul asistenței tehnice a INHGA.

4.6. Debite de apă reconstituite

Amenajarea cursurilor de apă face ca, la stațiile hidrometrice, curgerea măsurată Q_{mas} , să nu mai reprezinte curgerea naturală, Q_{nat} .

Captările și restituțiile de apă afectează regimul curgerii naturale prin reducerea/creșterea debitelor de apă în special în perioadele de ape mici și medii. Gradul de afectare a curgerii și evoluția sa în timp sunt condiționate de: cantitatea de apă captată/restituită, de variabilitatea în timp a volumelor de apă captate/restituite și de variația debitelor de apă în timp.

Centralele hidroelectrice reprezintă un caz special de priză/restituție în sensul că debitul captat este egal cu cel restituit. Prin urmare, centralele hidroelectrice afectează curgerea numai pe sectorul de râu între punctul de captare și cel de restituție al apei, iar în cazul amplasării centralelor hidroelectrice pe canale de derivație paralele cu cursul de râu, pe sectorul cuprins între captarea și restituția canalului respectiv.

Un alt caz special de captare/restituție îl constituie derivațiile interbazinale. Acestea reduc debitele râurilor din care se face captarea și le măresc pe râul în care restituie volumele de apă respective.

Derivațiile hidroelectrice (prize tiroleze) afectează curgerea pe sectoare relativ scurte de râu, funcție de regimul de exploatare al acestora și de valoarea debitelor râurilor. Gradul de afectare a curgerii este funcție de capacitatea de tranzitare a prizelor și de valoarea debitelor râurilor.

Derivațiile interbazinale afectează curgerea în funcție de scopul pentru care au fost construite. Derivațiile de ape mici sunt utilizate pentru suplimentarea curgerii de apă necesară satisfacerii unor obiective social-economice importante.

Derivațiile de ape mari sunt utilizate pentru protecția împotriva inundațiilor a unor obiective social-economice importante. Gradul de afectare a curgerii este funcție de debitele maxime posibil a fi tranzitate, de regulamentul de exploatare al derivațiilor și de mărimea debitelor de apă de pe râuri.

Acumulările nepermanente (poldere) afectează curgerea maximă, „tăind” practic viiturile de la un anumit debit, superior celui de proiectare și exploatare a echipamentelor de acces al apei în polder (deversoare, stavile etc.), volumul acumulat în acestea fiind evacuat în râu (de regulă, prin goliri de fund cu/sau fără stavile) după producerea viiturilor. Gradul de afectare a curgerii este funcție de valoarea debitului de proiectare al accesului apei în polder și de forma hidrografului viiturii.

Acumulările permanente pe firul apei afectează curgerea în special în perioadele cu ape mari, când se deversează. În acest caz se produce o atenuare a viiturilor prin trecerea apei peste creasta deversorilor. În cazul acumulărilor în cascadă de-a lungul unui curs de apă din zona colinară și de câmpie, funcție de suprafața acestora, pot afecta și curgerea medie și minimă prin evaporația apei de la suprafața acestora. Gradul de afectare al curgerii este funcție de capacitatea de deversare, de mărimea suprafeței acumulărilor și de valorile debitelor maxime.

Acumulările permanente cu scopuri complexe constituie principalul factor modificator al curgerii naturale. Acestea afectează practic toate fazele de regim hidrologic al curgerii (minim, mediu și maxim).

Gradul de afectare a curgerii este condiționat de o multitudine de factori:

- nivelul existent în acumulare la începutul perioadei de timp considerate;
- cerințele de apă ale folosințelor pentru care este construită acumularea;
- evoluția debitelor afluențe în acumulare.

În afectarea curgerii de către acumulările permanente, intervin următoarele elemente constructive, funcționale și parametri hidrologici:

- variația debitelor captate din acumulare pentru utilizatorii de apă (irigații, alimentări cu apă potabilă și industrială, piscicultură, energie electrică, agrement);
- variația nivelurilor și a volumelor de apă din acumulări;
- variația debitelor de apă captate/restituite prin derivațiile interbazinale;
- variația debitelor de apă provenite din evaporația de la suprafața acumulărilor;
- variația debitelor de apă provenite din înghețul/dezghețul; acest parametru este important în special în cazul acumulărilor din zona montană și eventual colinară.

Un caz aparte de amenajări hidrotehnice care afectează regimul natural de curgere îl reprezintă digurile. Acestea afectează curgerea prin modul de construcție, durata executării lor, lungimea sectoarelor îndiguite și prin natura albiilor râurilor îndiguite. Îndiguirile afectează evoluția morfologică a râurilor, astfel că profilul transversal și cel longitudinal se modifică trecând de la un profil stabil de curgere (anterior executării digurilor) la altul (ulterior realizării digurilor). Această evoluție în timp a profilelor se materializează în cazul evoluției debitelor de apă pe râuri, prin modificarea secțiunilor de curgere, a pantelor și implicit a vitezelor de curgere

și a modului de „compunere” a hidrografelor curgerii pe bazine. În perioada de construcție a digurilor și ulterior până la atingerea noului profil de echilibru se remarcă o mare variabilitate în timp a curbei debitelor de apă – timp de propagare. În general, digurile afectează curgerea maximă în sensul creșterii debitelor maxime de apă la stațiile hidrometrice, comparativ cu situația anterioară construirii acestora. Șirurile de valori de debite de apă măsurate la stațiile hidrometrice existente anterior, respectiv ulterior realizării digurilor sunt omogene și, prin urmare, pot fi prelucrate statistic.

Cunoașterea evoluției debitelor naturale se realizează prin reconstituirea regimului natural de curgere.

Reconstituirea regimului natural de curgere este necesară și totodată importantă în următoarele situații:

- Dacă este necesară cunoașterea în timp a evoluției potențialului natural de apă, a resursei și a modului de afectare a curgerii de către diversele categorii de amenajări hidrotehnice; acest lucru se realizează de regulă la stații hidrometrice reprezentative prin lungimea șirurilor de debite de apă, atât în regim natural cât și modificat de curgere.

- Dacă sunt cerințe de parametrică hidrologică la stații hidrometrice afectate, cu șiruri de debite în regim natural scurte (sub 15 ani), șiruri care nu permit prelucrarea statistică a acestora. Un caz special de acest tip îl constituie șirurile de valori de debite afectate de către diguri. În aceste situații este necesară aducerea șirurilor de debite de apă produse anterior construirii digurilor la condițiile de curgere (secțiuni, pante, viteze) ulterior realizării acestora.

- Necesități de fundamentare hidrologică a deciziilor de gestionare a resurselor de apă la nivel bazinal, în special în perioadele de ape mari și mici, când se impun cerințe speciale de exploatare ale amenajărilor hidrotehnice (exemplu: restricții ale debitelor captate/restituite la ape mici, realizarea unui anumit regim de curgere la ape mari).

- Cerințe de prognoză a curgerii.

Se recomandă reconstituirea regimului curgerii în toate situațiile când acest lucru se impune. Acest lucru este practic imposibil de realizat din punct de vedere metodologic, tehnic și de gradul de complexitate al operațiilor de reconstituire.

Limitele de ordin metodologic provin în principal din:

- Posibilitatea folosirii ecuației de bilanț hidrologic doar în situațiile în care timpul de propagare dintre primul factor modificator al curgerii până în secțiunea stației hidrometrice la care se face reconstituirea să fie mai mic decât intervalul de timp, ΔT , utilizat pentru reconstituire. Această condiție permite reconstituirea cu ajutorul ecuației de bilanț hidrologic numai a debitelor medii lunare și anuale.

- Posibilitatea determinării cu o precizie acceptabilă din punct de vedere hidrologic a relațiilor debite de apă – timp de propagare între stații hidrometrice consecutive, pe un ecart cât mai mare de variație a debitelor de apă. Această condiționare limitează în special reconstituirea curgerii cu ajutorul modelării matematice și eventual cu ajutorul ecuației de bilanț hidrologic numai în cazul undelor de viitură semnificative.

Limitele de ordin tehnic provin în special din:

- Cunoașterea cu precizie a tuturor elementelor care intervin în afectarea curgerii cu o pondere mai mare de 10 – 20 %. Acest aspect limitează substanțial posibilitatea reconstituirii curgerii minime (debite medii zilnice).

- Cunoașterea cu precizie a tuturor debitelor de apă care intervin în activitatea de reconstituire a curgerii.

Limitele activității de reconstituire a curgerii naturale sunt de asemenea condiționate de posibilitățile de modelare matematică, atât la nivelul stațiilor și serviciilor hidrologice, cât și la nivelul INHGA. Acest aspect limitează reconstituirea curgerii maxime la nivelul serviciilor

hidrologice, care dispun de modele hidrologice și hidraulice pentru simularea curgerii în bazinele hidrografice și dispun de datele sintetice necesare estimării parametrilor scurgerii medii și maxime. Gradul de afectare a curgerii naturale se exprimă cu ajutorul unor coeficienți de impact. Aceștia sunt astfel selectați încât să aibă o variabilitate cât mai mare la o cât mai mică modificare a regimului curgerii.

Pentru evaluarea/estimarea unui grad potențial de afectare a curgerii este necesară întocmirea unor fișe tehnice la folosințe și acumulări. Aceste fișe tehnice au la bază planurile constructive ale amenajărilor hidrotehnice, curbele caracteristice (de exemplu curbe de capacitate, cheile limnimetrice ale evacuatorilor etc) și regulamentele de exploatare.

4.6.1. Reconstituirea debitelor medii lunare și anuale

Reconstituirea debitelor medii lunare și anuale la stații hidrometrice se realizează pe baza relației de bilanț exprimată sub forma generală:

$$Q_{nat.i} = Q_{m\grave{a}s.i} + \Sigma Q_C - \Sigma Q_R + \Sigma (\Delta W / \Delta T) + \Sigma \beta Q_P^{SL} - \Sigma Q_E^{SL} + \Sigma Q_{GH}^{\pm}$$

unde:

$Q_{nat.i}$ - debitul reconstituit (regim natural) la stația hidrometrică „i”

$Q_{m\grave{a}s.i}$ - debitul măsurat la stația hidrometrică „i”

ΣQ_C - suma debitelor captate de folosințele situate amonte de stația hidrometrică „i” (inclusiv prin derivații interbazinale)

ΣQ - suma debitelor restituite de folosințele situate amonte de stația hidrometrică „i” (inclusiv aport de debit prin derivații de apă din alte bazine hidrografice, ape din mine - ape provenite din infiltrații)

$\Sigma (\Delta W / \Delta T)$ - suma volumelor acumulate/dezacumulate în/din lacurile situate amonte de stația hidrometrică „i”

$\Sigma \beta Q_P^{SL}, \Sigma Q_E^{SL}, \Sigma Q_{GH}^{\pm}$ - suma debitelor provenite din precipitațiile căzute pe suprafața acumulărilor situate amonte de stația hidrometrică „i” respectiv din evaporația și gheața acumulată pe suprafața aceluiași acumulări

β - coeficient adimensional, subunitar care ține seama că, în regim amenajat, întreaga cantitate de precipitații căzute pe suprafața acumulării se scurge pe râu, spre deosebire de regimul natural (existent anterior construirii acumulării), când o parte din precipitațiile căzute se pierdeau prin infiltrație

Aceste ultime trei valori se includ în calculele de reconstituire numai în cazul în care ponderea lor este, în totalitate, mai mare de 10% din Q_{nat} .

Eroarea de determinare a debitului natural este funcție atât de erorile de determinare a termenilor ecuației de bilanț, cât și de ponderea acestora în constituirea debitului natural Q_{nat} .

Debitul medii lunare obținute de la folosințe și acumulări se centralizează la nivelul serviciului hidrologic sub formă tabelară (Tabelul 25).

Tabelul 25. Tabel centralizator al debitelor medii lunare și anuale la folosințe și acumulări

Nr. Crt.	folosinta/ acumularea	elemente masurate	modul de urmarire hidrometrica (s.e.b)	Debite medii lunare si anuale (m3/s)													
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	AN	

Reconstituirea debitelor medii lunare (m^3/s) cuprinde (Tabelul 26):

- Relația de reconstituire.
- Stații hidrometrice de râu sau baraj din amonte în care se regăsesc valorile debitelor.
- Acumulări incluse în reconstituire: nivelurile și volumele de apă (H/W) determinate în prima zi a fiecărei luni, la ora 07:00.

• Calculul debitelor medii lunare.

Valorile debitelor medii lunare și anuale se trec cu semnul din ecuațiile de reconstituire.

Ca elemente măsurate se trec:

- Pentru folosințe cu consum de apă și derivații, după caz: QC, QR.
- Pentru acumulări se trec: $\Delta W/\Delta T, \beta Q_P^{SL}, Q_E^{SL}, Q_{GH}^{\pm}$. Dacă $\Delta W/\Delta T$ este calculat indirect în coloana 2, acesta se marchează cu „ * ”.

 Tabelul 26. Reconstituirea debitelor medii lunare (m^3/s)

1. Relația de reconstituire:

$$Q_N = Q_M \dots$$

2. Stații hidrometrice de râu sau baraj din amonte în care se regăsesc valorile debitelor:

Nr. Crt	Stația hidrometrică	Termenii ecuației de bilanț

3. Acumulări incluse în reconstituire – H/W la 1 ale lunii ora 7

Luna	Acumularea												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	An

4. Calculul debitelor medii lunare:

Elem. ec. de bilanț	Luna												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	An
$\Sigma \Delta Q$ s.h.a.....													
$\Sigma \Delta Q$ s.h.b.....													
$\Sigma \Delta Q$ s.h.c.....													
$\Sigma \Delta Q$ s.h.d.....													
Fol./ac. pe rest bazin													
:													
$\Sigma \Delta Q_{amonte}$													
$Q_{m\text{ăsurat}}$													
$Q_{nat} = Q_{m\text{ăsurat}} + \Sigma \Delta Q_{an}$													
Grad afectare Q_M/Q_N													

Din acest tabel fiecare stație hidrologică își extrage datele necesare reconstituirii scurgerii la stațiile hidrometrice arondate.

Completarea tabelului este necesar să fie făcută la nivelul serviciului hidrologic pentru a evita utilizarea de valori diferite ale debitelor captate/restituite pentru aceeași folosință.

Dacă din diferite motive, în cursul unui an nu s-a putut efectua reconstituirea scurgerii medii lunare și anuale cu ajutorul ecuației de bilanț menționate, în fișa „Date de sinteză” se va menționa cauza pentru care acest lucru nu a fost posibil (de exemplu distrugeri de mire la stații hidrometrice situate amonte de o acumulare, stații hidrometrice utilizate în calculul indirect al lui $\Delta W/\Delta T$, lipsa unei dotări corespunzătoare la folosințe nou apărute etc).

Reconstituirea debitelor medii lunare reprezintă o fișă obligatorie a studiului hidrometric anual.

Folosințele se trec în ordine bazinală, pe sectoarele cuprinse între stațiile hidrometrice cu măsurători de debite de apă.

4.6.2. Reconstituirea volumelor undelor de viitură

Reconstituirea volumelor undelor de viitură la stațiile hidrometrice se face cunoscând valorile debitelor medii zilnice măsurate ($Q_{m\grave{a}s.zi}$), volumele existente zilnic în acumulări la ora 07:00 (W_7), a debitelor medii zilnice tranzitate prin derivații Q_{DR}^C și Q_{DR}^R .

În acest caz se aplică relația:

$$W_N (10^6 m^3) = 0.0864 [\Sigma Q_{mas\ z\grave{i}} + \Sigma Q_{DR}^C - \Sigma Q_{DR}^R] + \Sigma W_{7f} - \Sigma W_{7i}$$

unde:

$\Sigma Q_{m\grave{a}s.zi}$ - suma debitelor medii zilnice măsurate, pe perioada viiturii la stația hidrometrică
 ΣQ_{DR}^C - suma debitelor medii zilnice care tranzitează din bazinul hidrografic aferent stației hidrometrice în bazine hidrografice vecine

ΣQ_{DR}^R - suma debitelor medii zilnice care provin din tranzitarea apei din bazine hidrografice vecine în bazinul hidrografic aferent stației hidrometrice

ΣW_{7i} - suma volumelor existente în acumulări în prima zi a viiturii, la ora 06:00

ΣW_{7f} - suma volumelor existente în acumulări, în ziua imediat următoare celei terminării viiturii, la ora 06:00

Volumele undelor de viitură se reconstituie de către personalul serviciilor hidrologice. Anual se reconstituie 1-2 viituri semnificative. Acestea pot fi viituri generale pe bazine mai mari sau viituri cu extindere mai mică.

Volumele astfel reconstituite se verifică în urma analizei închiderii pe bazin pentru râuri amenajate. Verificarea se face numai pentru viiturile generale pe bazinul hidrografic.

Analiza pe bazin pentru râuri amenajate necesită parcurgerea următoarelor etape:

a) Se analizează raportul între subbazinele controlate prin stațiile hidrometrice și zonele necontrolate hidrometric (denumite și resturi de bazin). Dacă subbazinele controlate hidrometric însumează 30-50% din suprafața bazinului de analizat, situația poate fi considerată favorabilă pentru reconstituirea volumelor undelor de viitură.

b) Pentru stațiile hidrometrice neafectate de folosințe se calculează coeficienții de scurgere. Rezultatele se înscriu în Tabelul 27.

Tabelul 27. Tabel cu elementele determinate din hidrografele viiturilor la stații hidrometrice neafectate de folosințe

Nr. crt.	Râul	Stația hidrometrică	F (km ²)	W _t (10 ⁶ m ³)	W _s (10 ⁶ m ³)	W _b (10 ⁶ m ³)	Q _b (m ³ /s)	h _s (mm)	h _p (mm)	α

Elementele din Tabelul 27 se determină pe baza formei grafice a hidrografelor de viitură (Figura 46). Volumul total (W_t), scurs (W_s) și de bază (W_b) al viiturii la fiecare stație hidrometrică se determină prin planimetrare. Debitul de bază se determină ca raport între volumul de bază și timpul total al viiturii:

$$Q_B = \frac{W_b}{T_t}$$

unde:

T_t - timpul total al viiturii

Q_B - debit de bază

Stratul de apă scurs în timpul viiturii se determină prin formula:

$$h_s = \left(\frac{W_s}{F} \right) \times 10^3$$

unde:

F - suprafața bazinului de recepție;

h_s - strat scurs;

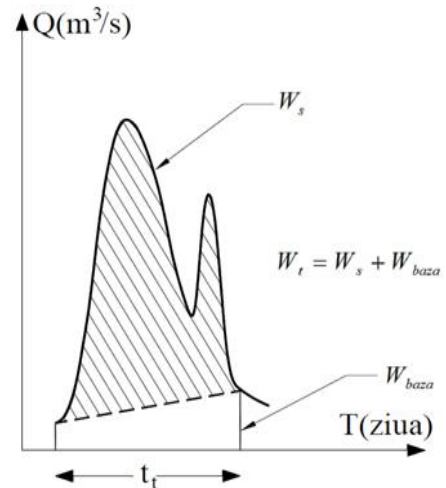


Figura 46. Exemplet de hidrograf al unei viituri

Coeficientul de scurgere α este determinat ca raport între stratul scurs și stratul de precipitații:

$$\alpha = \frac{h_s}{h_p}$$

Stratul de precipitații (h_p) se calculează pe baza datelor de la posturile pluviometrice și meteorologice, utilizând una din metodele: poligoane Thiessen, izohiete, ponderare de valori la posturi pluviometrice și stații meteorologice, medie aritmetică etc.

c) Analiza pe bazinul cu râuri amenajate se efectuează pe sectoare de râu cuprinse între stațiile hidrometrice cu măsurători de debite de apă (Figura 47).

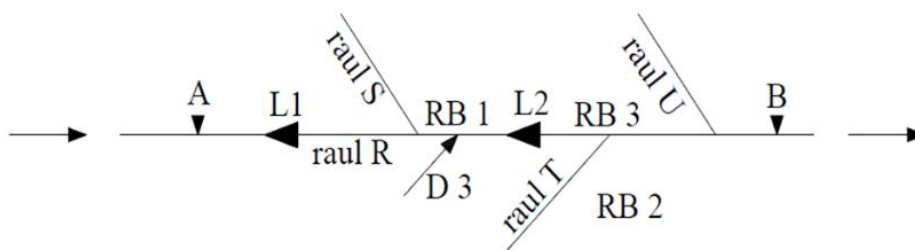


Figura 47. Sector de râu amenajat

Analiza cuprinde înscrierea în Tabelul 28 în ordine bazinală a subbazinelor hidrografice, a acumulărilor și a derivațiilor interbazinale.

Considerând schița din Figura 47 un sector de râu amenajat, în urma analizei tuturor elementelor viiturilor produse în acest bazin, datele din Tabelul 28 au fost obținute conform indicațiilor de mai jos:

a) Pentru subbazine controlate prin stații hidrometrice:

$$W_t(10^6 m^3) = 0.0864 \times \Sigma Q_{zi\ mas}$$

Tabelul 28. Exemplu de tabel cu elementele determinate din hidrografele viiturilor

NR. CRT.	RAUL	BAZINUL HIDROGRAFIC	F (km ²)	Wt (10 ⁶ m ³)	Ws (10 ⁶ m ³)	Wbaza (10 ⁶ m ³)	Qbaza (m ³ /s)	hs (mm)	hp (mm)	α
	R	sh A (mas)	400	10						
	R	L1		1.6						
	S	RB1	188	1.5	1.5	0	0	8	24	0.3
	R	D3		1						
	R	L2		6						
	T	RB2	212	2.26	2	0.26	0.6	9.4	31	0.3
	U	RB3	250	1.05	1.05	0	0	4.2	21	0.2
	Σ 1-7		1050	23.4						
	R	sh B (mas)	1050	25.36						
		e%		7.7						

b) Pentru acumulări:

$$W_t = W_f - W_i$$

În tabel volumele acumulate se trec cu semnul „minus”, iar volumele dezacumulate cu semnul „plus”.

W_t, W_f, W_i se măsoară în $10^6 m^3$.

c) Pentru derivații:

$$W_t (10^6 m^3) = 0,0864 \Sigma Q_{DRzi}$$

În tabel, derivațiile cu aport de debite din bazine învecinate se trec cu semnul „plus”, iar cele care duc apă în bazine învecinate cu semnul „minus”.

d) Pentru resturile de bazin (RB) necontrolate hidrometric prin stații hidrometrice:

- se calculează, h_p pe baza datelor de la posturile pluviometrice și stațiile meteorologice, utilizând una din metodele cunoscute;
- se evaluează coeficientul de scurgere α pe baza coeficienților de scurgere realizați în bazine hidrografice similare (stații hidrometrice neafectate);
- se calculează $h_s = \alpha \times h_p$;
- se calculează $W_s (10^6 m^3) = h_s(mm) \times F(km^2)/10^3$;
- se evaluează Q_B : prin similitudine cu stațiile hidrometrice apropiate;
- se calculează $W_B (10^6 m^3) = Q_B(m^3/s) \times N_{zile\ viit} \times 0,0864$;
- se calculează $W_t = W_s + W_B$.

În final se face suma volumelor (ΣW_t) scurse pe sectorul A-B. Aceasta se compară cu volumul scurgerii înregistrat la stația hidrometrică de la capătul aval. Pentru exemplul de mai sus se stabilește eroarea:

$$ew = \left[\left(\sum_1^7 W_t - W_{tot\ mas} \times B \right) \times 100\% \right] = 7,7$$

Dacă $ew < 10-15\%$ se consideră că valoarea volumului reconstituit cu ajutorul ecuației de bilanț este corectă.

Dacă $ew > 15\%$ rezultă că o parte din datele utilizate în Tabelul 28 nu sunt corecte și prin urmare este necesară o verificare a acestora.

Verificarea se execută în ordinea următoare:

a) Se analizează volumele totale la stații hidrometrice și derivații:

- se verifică modul de trasare a cheilor limnimetrice;
- se verifică dacă au funcționat limnigrafele sau dacă există citiri suplimentare de nivel pe durata viiturii;

b) Se verifică modul de calcul al ploilor h_p pe subbazine hidrografice; pentru fiecare stație pluviometrică și stație meteorologică se analizează valoarea h_p , realizată comparativ cu cele înregistrate la stațiile pluviometrice alăturate; valorile vizibil eronate se elimină din calcul; se elimină, de asemenea, posturile pluviometrice și stațiile meteorologice care au fost nepotrivit alese (din bazinele vecine);

Pentru analiza precipitațiilor pe bazin se pot folosi inclusiv datele de la stațiile automate (hidrometrice și pluviometrice)

c) Se verifică coeficienții de scurgere realizați în bazine hidrografice neafectate;

d) Se stabilesc limitele de variație a lui α pe resturi de bazin; pe această bază se stabilesc limitele de variație posibilă a volumelor scurse W_s , $W_{s\ min}$, $W_{s\ max}$;

e) Se verifică nivelurile din acumulări la începutul (H_i) și sfârșitul viiturii (H_f). Ecartul maxim admisibil de variație a volumelor din acumulări este dat de transformarea perechilor de valori H_i și H_f , cu ajutorul curbelor de capacitate:

$$H_i + \Delta H, H_f - \Delta H \Rightarrow W_t\ min$$

$$H_i - \Delta H, H_f + \Delta H \Rightarrow W_t\ max$$

ΔH se evaluează de către personalul serviciilor hidrologice pe baza condițiilor concrete existente.

Se reface calculul de bilanț cu valorile care duc la o mai bună închidere (exemplu: dacă $\sum_1^7 W_t < W_{sh\ av}$ se vor considera valorile maxime admisibile pentru α pe resturile de bazin, W_t maxime în cazul lacurilor de acumulare). Dacă în urma acestui nou calcul de bilanț eroarea devine mai mică de 10-15% sau își schimbă semnul (în cazul menționat mai sus $\sum_1^7 W_t > W_{sh\ av}$) se stabilesc valorile cele mai probabile pentru W_t la acumulări. Cu aceste valori se reface reconstituirea volumelor undelor de viitură.

Dacă $ew > 15\%$ și după această analiză, înseamnă că în activitatea hidrometrică se produc erori sistematice mari sau erori accidentale grosolane. În asemenea cazuri reconstituirea nu este concludentă.

În perioada imediat următoare analizei, pe baza deplasărilor pe teren se verifică:

- modul de amplasare a mirelor, limnigrafelor la acumulări;
- cotele „zero miră” la acumulări;
- modul în care personalul de la baraje citește nivelurile;
- modul în care hidrometrii își desfășoară activitatea și remediază defecțiunile limnigrafelor, mirelor etc.

4.6.3. Reconstituirea debitelor maxime

Reconstituirea undelor de viitură (inclusiv a debitelor maxime) se face, în general, utilizând relația de bilanț:

$$Q_{nat}(t) = Q_{mas}(t) \pm \frac{\Sigma \Delta W(t)}{\Delta T} \pm \Sigma Q_{DR}(t)$$

unde notațiile au semnificațiile cunoscute.

Ecuția de mai sus se aplică sub una din următoarele forme:

$$Q_{nat}(t) = Q_{mas}(t) \pm \frac{\Sigma \Delta W(t)}{\Delta T} \pm \Sigma Q_{DR}(t)$$

dacă: $\Delta T > T_p \max$ și $\Delta T \leq T_{CR}/(3 \rightarrow 5)$

unde:

$T_p \max$ - timpul maxim de propagare de la componenta (baraj, derivație) cea mai îndepărtată până în secțiunea stației hidrometrice

T_{CR} - timp de creștere

Condițiile $\Delta T > T_p \max$ și $\Delta T \leq T_{CR}$ limitează valoarea pasului de timp pentru reconstituire.

$$Q_{nat}(t) = Q_{mas}(t) \pm \frac{\Sigma \Delta W(t - T_p)}{\Delta T} \pm \Sigma Q_{DR}(t - T_p)$$

dacă: $\Delta T < T_p \max$ și $\Delta T \leq T_{CR}$ ($3 \rightarrow 5$)

unde:

$T_p \approx ct.$ pentru ecartul Q_{nat} , reconstituit

T_p - timpul de propagare între fiecare componentă a ecuației de bilanț (baraj, derivație) și secțiunea stației hidrometrice

Condiția $T_p \approx ct.$ limitează ecartul de debite pentru care se poate efectua reconstituirea scurgerii maxime.

Reconstituirea undelor de viitură necesită cunoașterea:

- hidrografelor măsurate la stațiile hidrometrice (valori orare, valori zilnice), pe râuri și pe derivații interbazinale;
- variației (orară, zilnică - ora 06:00) nivelurilor, respectiv volumelor în acumulări;
- dependenței $Q_{am} - T_p$ pe sectoare de râu.

Determinarea curbelor $T_p = f(Q)$ se realizează pe bază de debite caracteristice corespunzătoare la stații hidrometrice succesive (T_p - timp de propagare).

Pot exista următoarele cazuri:

a) Între cele două stații hidrometrice nu există nici aport substanțial de debit, nici acumulări (Figura 48).

b) Între cele două stații hidrometrice nu există acumulări. Există un aport substanțial de debit, pe cursul de apă principal controlat de către una din cele două stații hidrometrice succesive (Figura 49).

c) Între cele două stații hidrometrice succesive există o acumulare (Figura 50).

În lipsa posibilității determinării $T_p=f(Q)$ prin metoda prezentată, valorile respective vor fi solicitate de la INHGA.

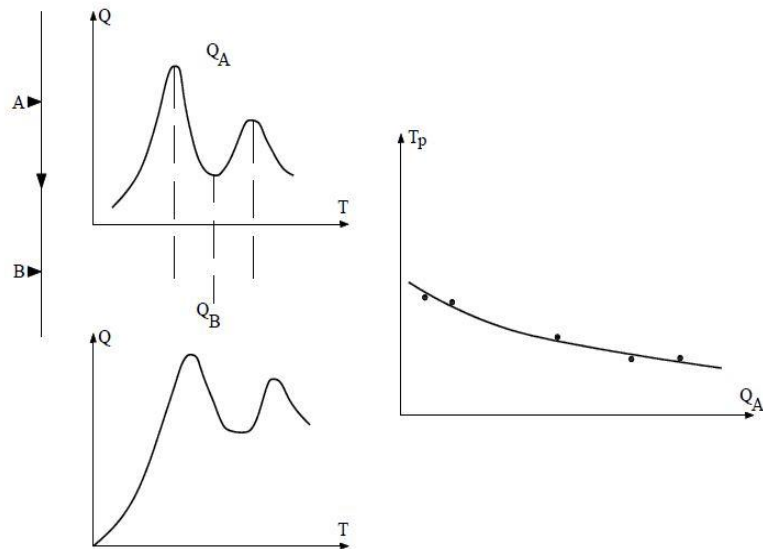


Figura 48. Determinarea graficului $T_p = f(Q)$ pentru sectoare de râu fără acumulări și aport lateral

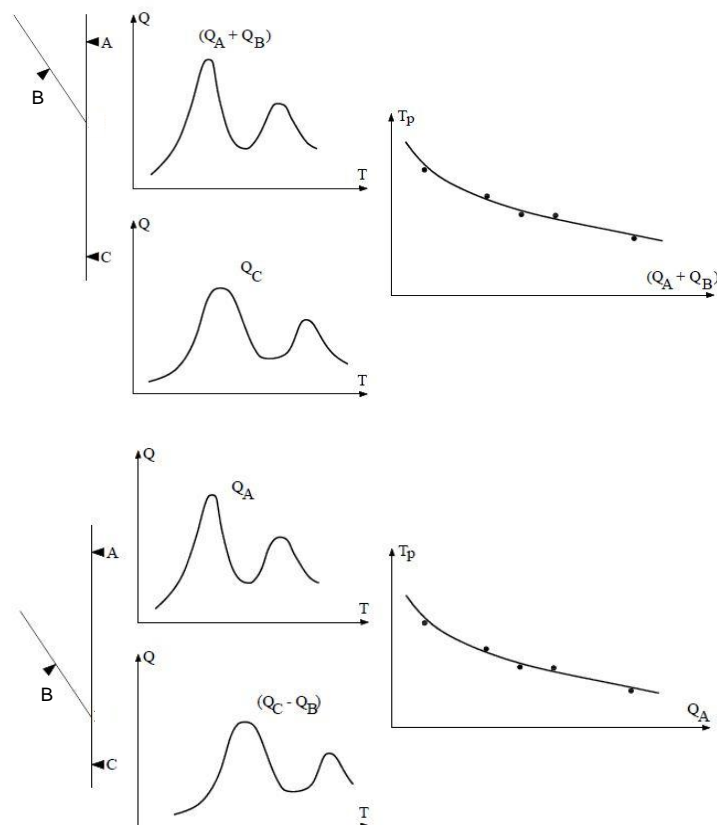
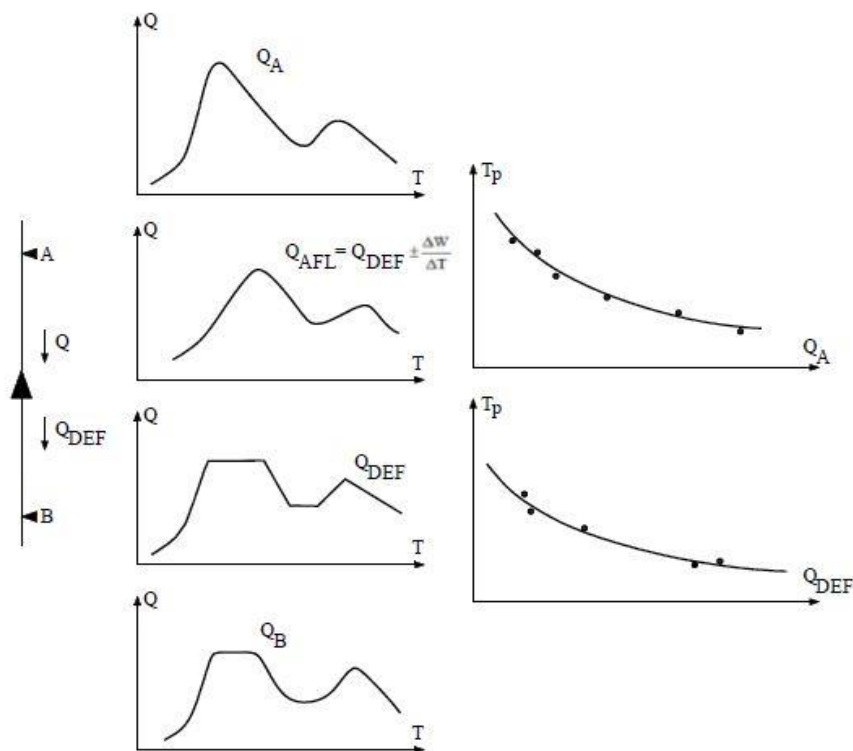


Figura 49 Determinarea graficului $T_p = f(Q)$ pentru sectoare de râu cu aport lateral controlat de una din stațiile hidrometrice succesive


 Figura 50. Determinarea graficului $T_p = f(Q)$ pentru sectoare de râu cu acumulări

Pot exista și combinații de tipul:

- mai multe acumulări între două stații hidrometrice succesive. Cazul se tratează similar cu cazul 3;
- aport de debit (conform cazului 2) și acumulări pe sector (conform cazului 3). În acest caz fiecare acumulare este similară cu o stație hidrometrică de râu, unde Q_{DEF} este similar cu $Q_{s.h.A}$, iar Q_{AFL} este similar cu $Q_{s.h.B}$.

Reconstituirea undelor de viitură, se prezintă în studiul hidrometric anual, iar în Tabelul 29 se completează valorile extrase din studiul de sinteză. Documentația care a stat la bază reconstituirii se păstrează la serviciile hidrologice.

Tabelul 29. Exemplu de tabel cu elementele reconstituirii undelor de viitură

Data			Regim masurat			*Q _{rec} (m ³ /s)	Data			Regim masurat			*Q _{rec} (m ³ /s)		
Luna	Zi	Ora	H (cm)	Q (m ³ /s)	Luna		Zi	Ora	H (cm)	Q (m ³ /s)	Luna	Zi		Ora	H (cm)

Pentru reconstituirea undelor de viitură sunt necesare următoarele etape:

a) Se schițează bazinul hidrografic (Figura 47), marcându-se stațiile hidrometrice, acumulările și derivațiile care afectează curgerea. Pe schiță se trec distanțele caracteristice (ex. L_1-L_2 , D_3-L_2 , L_2-B);

b) Se stabilesc graficele cu timpii de propagare, T_p , funcție de debite, pe sectoare de râu;

- c) Se stabilește ecartul de debite care poate fi reconstituit la fiecare stație hidrometrică ($T = ct.$);
- d) Se stabilește pasul de timp ΔT ;
- e) Se stabilește formula concretă de reconstituire a scurgerii maxime pentru fiecare stație hidrometrică;
- f) Pentru fiecare element al ecuației de bilanț, pe baza hidrografelor Q-T (valori instantanee Q_i , orare Q_{1h}) se calculează $Q\Delta T-T$ (de exemplu: $Q_{3h} = \Sigma Q_{1h}/3$);
- g) Se calculează hidrorafele reconstituite la stațiile hidrometrice.

În cele mai multe cazuri condițiile $T_p-ct.$ și $\Delta T \leq (3 \rightarrow 5) T_{CR}$ conduc la posibilitatea reconstituirii undelor de viitură cu precizie acceptabilă numai în zona vârfului viiturii (Figura 51) sau pentru pași de timp $\Delta T > 12$ ore.

Nerespectarea condițiilor menționate anterior conduce uneori pentru $Q < Q_1$ (Figura 51) chiar la valori negative ale Q_{nat} .

În cazul în care, aplicând relația de bilanț sub una dintre formele menționate anterior, nu se poate determina Q_{max} mediu pe un interval de timp ΔT acceptabil, se va utiliza pentru reconstituirea undelor de viitură semnificative (primele 10-15 viituri în ordinea descrescătoare a debitelor maxime) modelarea matematică. Modelarea matematică se aplică cu sprijinul direct al INHGA.

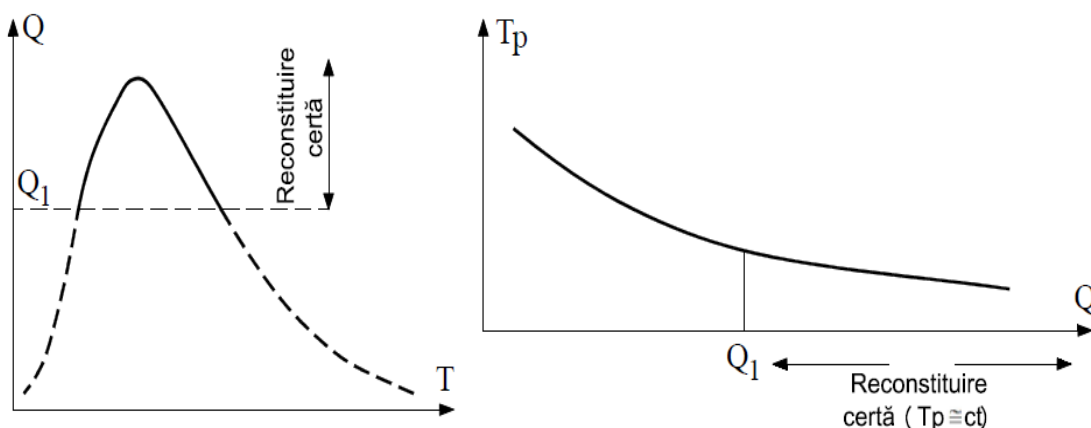


Figura 51. Exemplu de hidrograf cu marcarea intervalului de debite pentru care reconstituirea este considerată certă

În aceste situații personalul serviciilor hidrologice va asigura materialul hidrometric de bază. Acesta constă din:

- hidrorafele de viitură - debite defluente la acumulări;
- variația volumelor (valori orare) la acumulări pe durata viiturii;
- ploii pentru $\Delta T = 12$ ore la posturile pluviometrice din bazinul hidrografic, pe durata viiturii;
- ploii orare la pluviografe (de la stațiile meteorologice și hidrometrice) pe durata viiturii.

Relațiile de reconstituire și valorile utilizate sunt incluse în Tabelul 30.

Tabelul 30. Exemplu de tabel pentru reconstituirea undelor de viitură

RECONSTITUIREA UNDELOR DE VIITURA CU $\Delta T =$ ORE
1. RELATII DE RECONSTITUIRE

Nr. Crt	Raul	Statia hidrometrica	Relatia de reconstituire cu decalare in timp a elementelor

2. DATE NECESARE PENTRU RECONSTITUIREA UNDELOR DE VIITURA

Nr. Crt	DENUMIREA TERMENULUI DIN	DATA	VALORILE DEBITELOR (m ³ /s)																	
		T(ore)																		

4.6.4. Reconstituirea curgerii minime

Reconstituirea curgerii minime, prin metode hidrometrice, se limitează la aplicarea metodei bilanțului hidric.

Pe râuri afectate numai de folosințe cu consum de apă, unde debitele captate/restituite de folosințe nu variază pe intervale scurte de timp, ecuația de bilanț pentru valori medii zilnice se exprimă:

$$Q_{nat} = Q_{mas} + \Sigma Q_C - \Sigma Q_R$$

În calcul vor fi luate în considerare toate folosințele cu consum de apă.

Reconstituirea se efectuează fie pentru toate valorile debitelor medii zilnice, fie numai pentru valorile caracteristice (minime anuale, minime pe sezon).

Pentru râurile afectate de acumulări ecuația de bilanț se exprimă, în cazul cel mai general sub forma:

$$Q_{nat}(t) = Q_{mas}(t) + \Sigma Q_C(t) - \Sigma Q_R(t) \pm \frac{\Sigma \Delta W(t - T_p)}{\Delta T} + \Sigma Q_E^{SL}(t - T_p) \pm \Sigma Q^\pm(t - T_p) \pm \Sigma Q_{DR}(t - T_p)$$

unde:

t - pasul de timp de reconstituire

T_p - timpul de propagare între fiecare acumulare și stația hidrometrică la care se reconstituie curgerea

Condiția că $t > T_p$, face ca în cele mai multe situații să nu se poată reconstitui curgerea cu pas de timp $t = 24$ ore, ci cu $t =$ multiplu de 24 ore (ex. 2-7 zile).

De altfel, aval de acumulări interesează curgerea minimă pe un interval mai mare de timp, funcție de posibilitățile acumulărilor de a asigura (prin capacitatea lor) un debit de servitute.

Reconstituirea scurgerii minime, în aceste situații se realizează pentru pași de timp multipli de 24 ore.

Reconstituirea scurgerii minime pe râurile cu acumulări necesită cunoașterea:

- schemei de compunere a scurgerii, ținând seama de acumulări și derivații interbazinale (cele care funcționează pentru suplimentarea, la ape mici, a debitelor pentru obiective socio-economice importante). Stabilirea schemei de compunere se face similar ca în cazul scurgerii maxime;
- stabilirea legăturii $T_p=f(Q)$ între fiecare acumulare și derivație interbazinală și stația hidrometrică. Stabilirea se face similar cu cazul scurgerii maxime.

Data fiind precizia mai redusă de determinare a legăturilor $T_p = f(Q)$ la ape mici, în stabilirea pasului de timp de reconstituire t , se recomandă ca soluție acoperitoare $t > 2T_p$.

Formula de reconstituire se recomandă să fie aplicată fără decalarea în timp a termenilor componenți (decalarea acestora micșorând substanțial precizia de calcul a lui Q_{nat}).

Acest lucru se poate realiza prin:

- a) Alegerea, pentru fiecare stație hidrometrică, a unui pas de timp (t), multiplu de 24 ore, mai mare decât $2T_{p\max}$ (la rândul său T_p va fi considerat tot multiplu de 24 ore).
- b) Reconstituirea pe sectoare de râu cuprinse între stații hidrometrice succesive, utilizând relația:

$$Q_{nat} = \Sigma Q_{nat\ s.h.am} + Q_{nat\ RB} = \Sigma Q_{nat\ s.h.am} + (\Sigma Q_{m\text{ăs}} - \Sigma Q_{nat\ s.h.am}) + \Sigma Q_{CRB} - \Sigma Q_{RRB} \pm \frac{\Sigma \Delta W_{RB}}{\Delta T} + \Sigma Q_{RRB}^{SL} \pm \Sigma Q_{GHRB}^{\pm}$$

Relația se aplică pentru cazul în care $Q_{m\text{ăs}} - \Sigma Q_{m\text{ăs.s.h.am}} > 0$ (pe sectorul de râu este un aport substanțial de debit). În caz contrar există posibilitatea ca valoarea aportului de debit de pe restul de bazin să fie de ordinul erorii de calcul al debitelor (e_Q) și prin urmare să nu fie determinat cu o precizie acceptabilă. În asemenea cazuri se poate înregistra $Q_{m\text{ăs}} - \Sigma Q_{m\text{ăs.s.h.am}} < 0$, ceea ce în natură nu există. Aportul de debit (calculat cu relația $Q_{m\text{ăs}} - \Sigma Q_{m\text{ăs.s.h.am}}$) rezultă < 0 , întrucât debitul $Q_{m\text{ăs}}$ s-a determinat cu o eroare de „- e_Q ”, iar debitele $Q_{m\text{ăs.s.h.am}}$ s-au determinat cu eroare „+ e_Q ”.

Prin urmare reconstituirea curgerii minime, aval de acumulări necesită parcurgerea următoarelor etape:

- a) Stabilirea variantelor de reconstituire;
- b) Stabilirea pentru fiecare stație hidrometrică a pasului de timp minim de reconstituire (t);
- c) Calculul, pe baza cunoașterii hidrografelor (debite medii zilnice) la stații hidrometrice și folosințe a hidrografelor debitelor medii pe pași de timp (t);
- d) Calculul curgerii reconstituite.

Precizia de reconstituire a scurgerii minime este limitată în prezent de:

- gradul de inventariere a tuturor folosințelor și acumulărilor;
- lipsa dotării hidrometrice la toate folosințele, implicit existența unei precizii nesatisfăcătoare din punct de vedere al activității hidrometrice la multe folosințe (în special la irigații).

4.6.5. Cuantificarea gradului de influențare a curgerii naturale

Cuantificarea directă a gradului de influențare a unei curgeri naturale constă în compararea valorii influențate (măsurate) $Q_{m\grave{a}s}$ cu cea a valorii neinfluențate (naturale) Q_{nat} . Se folosește coeficientul:

$$K\% = \frac{Q_{mas}}{Q_{nat}} \times 100\%$$

a) Cuantificarea gradului de influențare a curgerii medii se face la nivel global și pentru tipuri de folosințe.

Astfel rezultă:

$$K_{mg}\% = (Q_{m\grave{a}s}/Q_{nat})100\% - \text{grad de afectare global}$$

$$K_{mA}(\%) = \{1 - [\Sigma(Q_C - Q_R)_A]/Q_{nat}\}100\% - \text{grad de afectare de c\^at\re aliment\^ari cu ap\^a potabil\^a \^si industrial\^a}$$

$$K_{mi}(\%) = \{1 - [\Sigma(Q_C - Q_R)_i]/Q_{nat}\}100\% - \text{grad de afectare de c\^at\re iriga\^ii}$$

$$K_{mAC}(\%) = \{1 - [(\Delta W/\Delta T)]/Q_{nat}\}100\% - \text{grad de afectare de c\^at\re acumul\^ari}$$

b) Pentru curgerea maximă se folosesc coeficienții $K_{max Q}$, $K_{max W}$ care se calculează pentru viiturile reconstituite la stațiile hidrometrice afectate de acumulări.

$$K_{max Q}(\%) = (Q_{max.m\grave{a}s}/Q_{max.nat})100\%$$

$$K_{max W}(\%) = (W_{viit.m\grave{a}s}/W_{viit.nat})100\%$$

c) Pentru curgerea minimă, coeficientul K_{min}

$$K_{min}(\%) = (Q_{min.m\grave{a}s}/Q_{min.nat})100\%$$

Se calculează numai pentru valorile medii zilnice minime anuale $K_{min.an}$ și pe sezoanele iarnă $K_{min.i}$, vară $K_{min.v.}$, toamnă $K_{min.t}$.

Pentru stațiile hidrometrice situate aval de acumulări, K_{min} se calculează pentru $t =$ multiplu de 24 ore numai pentru minima anuală.

d) Pentru a scoate în evidență și alte aspecte, pot fi utilizați și alți coeficienți pentru caracterizarea gradului de influențare a curgerii naturale de către folosințe și acumulări.

4.6.6. Coeficienți de impact

Coeficientul de impact, I , se definește:

$$I = \frac{X_{mod}}{X_{nat}}$$

unde:

X_{mod} - parametrul hidrologic în regim măsurat, modificat de curgere

X_{nat} - parametrul hidrologic în regim natural, reconstituit de curgere

Gradul de afectare a curgerii A , se definește:

$$A = |1 - I| \times 100$$

Cuantificarea impactului și a gradului de afectare a curgerii se realizează în secțiunile stațiilor hidrometrice la care se face reconstituirea regimului natural de curgere.

Cel mai frecvent se calculează următorii coeficienți de impact:

$$I_{global} = \frac{Q_{mas}}{Q_{nat}}, \quad I_i = \frac{Q_i}{Q_{nat}}, \quad I_{dig} = \frac{Q_{dig}}{Q_{neindiguit}}$$

unde:

I_{global} - coeficientul de afectare globală a curgerii

I_i - coeficientul în care parametrul i din ecuația de bilanț ($Q_{sist\ irig\ X}$, $Q_{DW/DT}$ din acumularea Y etc.) afectează curgerea

I_{dig} - coeficientul de impact al digurilor

Q_{dig} - debitul de apă realizat în condițiile morfometrice corespunzătoare regimului îndiguit de curgere

$Q_{neindiguit}$ - debitul de apă realizat în condițiile de curgere corespunzătoare regimului neîndiguit

În studiul anual se va calcula obligatoriu coeficientul de afectare globală a curgerii, ceilalți coeficienți fiind calculați atunci când se studiază impactul unui anumit factor/categorie de factori perturbatori ai curgerii.

4.6.7. Calculul debitelor prin canale și la echipamente anexe

Sunt canale cu secțiune și pantă constante și care nu au pe traseul lor instalații de manevră pentru reglarea scurgerii, după cum sunt canale pe care se găsesc deversoare, orificii, stavile, praguri etc.

Din mulțimea de situații se prezintă calculul debitelor prin albia canalelor și calculul debitelor la unele echipamente de pe canale ca deversoare cu perete subțire neînecate, orificii și ajutaje înecate, stavile.

I. Canale de măsură

În cazul canalelor de măsură formula de calcul a debitelor apei este:

$$Q = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \times \Omega$$

Pentru curgerea permanentă, cheia limnometrică este în general, unică.

Dacă pe canal curgerea este nepermanentă (opriți/porniri în cursul zilei, modificări de pantă cauzate de existența în aval de secțiunea de măsură a unor stavile), cheia limnometrică va fi sub forma unei familii de curbe, similar cu cheile limnometrice pentru perioade cu remuu. În acest caz este obligatorie amplasarea de mire de pantă și citirea acestora simultan cu citirea mirei principale.

Pentru coeficientul de rugozitate n , se recomandă folosirea următoarelor valori medii (Tabelul 31).

Tabelul 31. Coeficienți de rugozitate medii

MATERIAL	Metal	Azbociment	Beton	Placi beton	Iarba scurta	Piatra cu mortar din loc
n	0.012	0.011	0.013	0.017	0.025	0.02
$1/n$	83	90	77	59	40	50

II. Deversoare cu perete subțire neînecate

a) Deversor trapezoidal cu unghi $\alpha^\circ = 104^\circ$ (Figura 52a):

$$Q = 1,86 b h^{3/2} \text{ pentru viteze de apropiere } < 0,2 \text{ m/s}$$

$$Q = 1,90 b h^{3/2} \text{ pentru viteze de apropiere } > 0,2 \text{ m/s}$$

Q - se măsoară în m^3/s ; b, h - se măsoară în m.

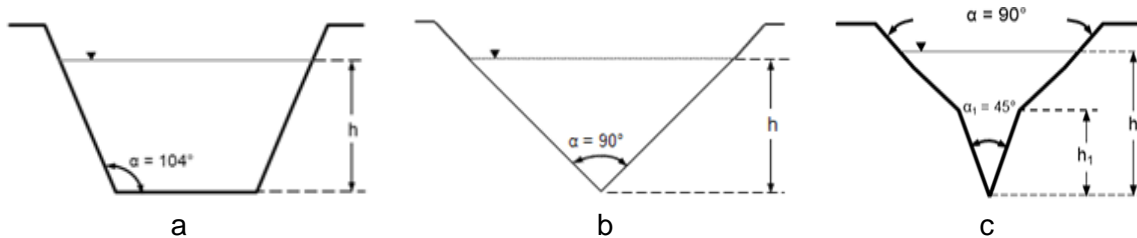


Figura 52. Tipuri de deversoare: trapezoidal (a), triunghiular simplu (b) și mixt (c)

b) Deversor triunghiular simplu cu $\alpha^\circ = 90^\circ$ (Figura 52b):

$$Q = 1,38 \times h^{5/2}$$

Q - se măsoară în m^3/s ;

h - se măsoară în m.

c) Deversor triunghiular mixt ($\alpha^\circ = 90^\circ$, $\alpha_1^\circ = 45^\circ$) (Figura 52c):

$$Q = 0,37 \times h^{5/2} + 1,05(h - h_1)^{5/2}$$

Q - se măsoară în m^3/s ;

h, h_1 - se măsoară în m.

III. Orificii și ajutaje (Figura 53)

a) Orificii mici în pereți subțiri, neînecate (Figura 53a).

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gh}$$

unde:

Q se măsoară în m^3/s , $\mu = 0,60 - 0,62$

ω - secțiunea de curgere în m^2

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

H - sarcina în m măsurată între fața apei și centrul de greutate al orificiului.

Dacă se ia $\mu = 0,62$, formula devine:

$$Q = 2,75 \omega \sqrt{H}$$

b) Orificii mari neînecate (Figura 53b):

$$Q = \mu \omega \sqrt{2g H_0}$$

unde:

$$H_0 = H + \frac{V_0^2}{2g}$$

V_0 viteza medie a curentului în amonte de orificiu care se calculează cu formula Q/Ω unde: Ω este secțiunea transversală a curentului înainte de orificiu.

Celelalte semnificații și unități de măsură sunt cunoscute. Coeficientul μ se poate lua 0,62. Calculul se face din aproape în aproape pornind cu $H_0 \approx H$.

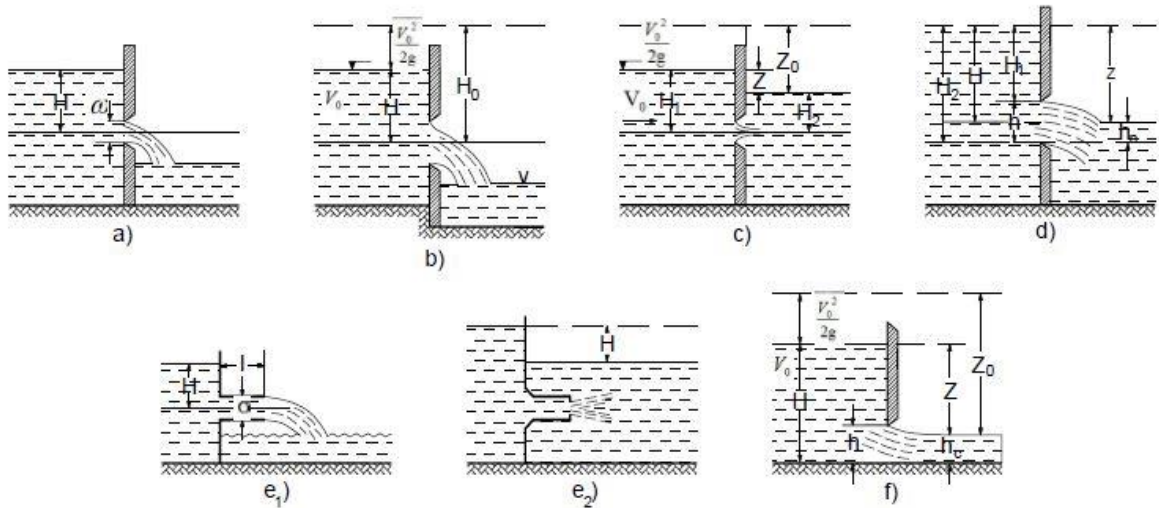


Figura 53. Orificii și ajutaje

c) Orificii mari înecate (Figura 53c):

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gZ_0}$$

unde:

$$Z_0 = Z + V_0^2/2g = H_1 - H_2 + V_0^2/2g$$

H_1 și H_2 - înălțimile apei în amonte și respectiv aval față de centrul orificiului

Z - diferența dintre ele (m)

Celelalte semnificații și unități de măsură sunt cunoscute. Coeficientul de debit μ se poate lua, de asemenea, 0,62.

d) Orificii mari semiînecate (Figura 53d)

$$Q = \sigma \mu b h \sqrt{2gH_0}$$

unde:

σ + coeficient de înecare

b și h - lățimea și înălțimea (în m) secțiunii de curger, celelalte semnificații și unități de măsură fiind cunoscute

Coeficientul de înecare σ se determină în funcție de raporturile H_1/H_2 și h_r/H_2 (Figura 53) conform datelor din Tabelul 32. Coeficientul μ se poate lua, de asemenea, 0,62.

e) Ajutaje și conducte scurte (curgere prin orificii în pereți groși) (Figura 53e₁, e₂):

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH}$$

unde semnificațiile și unitățile de măsură sunt cunoscute, cu următoarele precizări:

$\mu = 0,82$ la intrarea cu muchie ascuțită (Figura 53e₁)

$\mu = 0,95$ la intrarea lină, cu marginea rotunjită (Figura 53e₂)

H - este sarcina hidraulică în dreptul centrului de greutate al orificiului de ieșire (Figura 53e₁) sau diferența dintre nivelurile apei din amonte și aval în cazul ajutorului înecat (Figura 53e₂).

Tabelul 32. Coeficienți de înecare

H_1/H_2	0,0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0
h_n/H_2							
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	-
0,3	0,97	0,96	0,95	0,92	0,91	-	-
0,5	0,94	0,92	0,87	0,82	-	-	-
0,7	0,86	0,82	0,68	-	-	-	-
0,9	0,62	0,43	-	-	-	-	-
1,0	0,00	-	-	-	-	-	-

f) Curgerea pe sub stavilă neînecată (Figura 53f):

$$Q = \epsilon \varphi b h \sqrt{2g(H_0 - \epsilon h)}$$

unde în afară de elementele cunoscute (b - lățimea canalului Figura 53f) intervine coeficientul de contracție ϵ care se determină în funcție de raportul b/H conform cu Tabelul 33.

Tabelul 33. Coeficientul de contracție ϵ

b/H	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
ϵ	0,615	0,620	0,625	0,630	0,645	0,660	0,690	0,720	0,780

Coeficientul de viteză φ se poate lua 0.95 și formula se mai poate scrie:

$$Q = 4,21 \epsilon b h \sqrt{H_0 - \epsilon h}$$

4.6.8. Calculul debitelor prin conducte sub presiune

I. Debitmetre cu afișarea debitelor scurse

Hidrograful scurgerii se determină similar cazului albiilor de râu prin metoda interpolării, citind la aparat valorile debitelor de 1-3 ori pe zi sau ori de câte ori este nevoie.

II. Debitmetre cu contorizarea volumelor scurse

Volumele se înregistrează la un contor sub forma unui index I (similar cu contorii de energie electrică de uz casnic).

În acest caz:

$$Q_{zi\ i} = \frac{(I_{i+1} - I_i)}{86400}$$

unde:

I_i - indexul citit în ziua pentru care se calculează $Q_{zi\ i}$ (m³) la ora 06:00

I_{i+1} - indexul citit în ziua următoare celei pentru care se calculează $Q_{zi\ i}$ (m³) la ora 07:00

III. Calculul debitelor cunoscând debitele instalate ale pompelor Q_i (m^3/s) și timpul zilnic de funcționare T_f (ore)

Se utilizează relația:

$$Q_{zi} = \frac{(Q_i \times T_f)}{24}$$

Debitul instalat se determină:

- prin măsurători cu morișca într-un profil situat imediat în aval de stația de pompare;
- în funcție de diametrul conductei, utilizând valorile din Tabelul 34.

Tabelul 34. Valori ale debitului instalat în funcție de diametrul conductei

Diametrul (mm)	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000
Diametrul (țoli)	2	1 ^{1/2}	3	4	5	6	8	9	12	14	16	96	23 ^{1/2}	27 ^{1/2}	31 ^{1/2}	35 ^{1/2}	39
Q (l/s)	1	2	4	6	10	14	28	49	78	115	163	255	396	539	754	954	1170

1 țol = 1" = 2,54 cm

4.6.9. Calculul curgerii prin derivații hidroenergetice

I. Derivații prin pompare:

Debitele derivate Q_{DR} se calculează cu ajutorul unor diagrame existente la beneficiar, $Q_{DR} = f(P_p, H_b)$, unde P - puterea de pompare, H_b - înălțimea brută de pompare. Analitic,

$$Q_{DR} = P_p \eta / 9,81 H_b$$

unde:

η - randamentul global al amenajării

9,81 = g - accelerația gravitațională (m/s^2)

II. Derivații prin cădere gravitațională:

Debitele derivate se calculează, cunoscând variația în timp a căderii brute $H_b - T$, cu ajutorul relației:

$$Q_{DR} = \omega \sqrt{2g H_b^{1/2} / \sqrt{1 + \sum \lambda_i l_i / D_i + \sum \xi}}$$

unde:

λ - coeficient de pierderi de sarcină liniare

l_i - lungimea conductelor de $\lambda_i = ct.$ și diametru $D_i = c$

ξ - coeficient de pierderi de sarcină locale

Relația de mai sus se exprimă grafic sub forma $Q_{DR} = f(H_b)$ și se găsește la beneficiar. Metoda de calcul a graficului $Q_{DR} = f(H_b)$ se prezintă în îndrumare specializate

În unele cazuri există derivații gravitaționale cu dirijarea către același punct de colectare a debitelor captate din mai multe cursuri de apă. În acest caz debitul captat total și parțial (prin fiecare derivație în parte) este calculat funcție de nivelul în fiecare punct de captare și în punctul de restituit în acumulare.

Debitele se determină prin rezolvarea unui sistem de ecuații de gradul 2 cu mai multe necunoscute (debite captate din fiecare râu) și se materializează grafic sub forma unor diagrame $Q_{DR} = f(H_{bi})$. Acestea se găsesc la beneficiar.

III. Prize tiroleze:

Soluția hidrometrică cea mai frecvent utilizată este amplasarea unei stații hidrometrice pe râu (în profil liber) situată imediat amonte. Debitul apei captat se consideră:

$$Q_{DR} = Q_{m\acute{a}s}, \text{ pentru } Q_{m\acute{a}s} < Q_{inst}$$

$$Q_{DR} = Q_{inst}, \text{ pentru } Q_{m\acute{a}s} \geq Q_{inst}$$

Debitul instalat Q_{inst} este determinat de proiectant prin metode speciale (ex. modelare hidraulică la microscară).

Pentru a se asigura determinarea cu precizie a debitelor captate este necesară amplasarea în secțiunea de măsură a unui limnigraf și curățarea periodică a grătarelor.

4.6.10. Calculul debitelor prin goliri de fund și semifund și peste deversoare

Calculul debitelor prin goliri de fund și semifund și peste deversoare se face cunoscând:

- variația în timp a nivelului peste axa golirii de fund (semifund) respectiv peste creasta deversorului: $H_g - T$, $H_{dev} - T$;
- gradul de deschidere a vanelor (în cazul golirilor de fund și semifund echipate cu vane) respectiv gradul de deschidere a stăvililor (în cazul deversoarelor echipate cu stăvile);
- orele la care s-au făcut manevre la vane, respectiv stăvile;
- cheile limnimetrice ale evacuatorilor (goliri de fund, deversoare).

Cheile limnimetrice au forme diferite. Acestea derivă din formulele pentru calculul debitelor.

I. Goliri de fund (Figura 54)

Pentru goliri de fund cu diametru constant și pentru curgerea în atmosferă, formula debitului este:

$$Q = \mu \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) \sqrt{2gH_0}$$

Pentru curgerea sub presiune și pentru o înecare importantă a orificiului și o lățime a biefului aval sensibil mai mare decât D , formula debitului este:

$$Q = \mu \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) \sqrt{2gZ_0}$$

În aceste formule semnificațiile și unitățile de măsură sunt cunoscute.

H_0 este sarcina totală a golirii de fund; $H_0 = H + V_0^2/2g$, când curgerea se face în atmosferă.

Z_0 este sarcina totală a golirii de fund când curgerea se face sub presiune și se calculează ca suma între Z (diferența de nivel între amonte și aval) și sarcina dinamică din amonte, adică $Z_0 = Z + V_0^2/2g$.

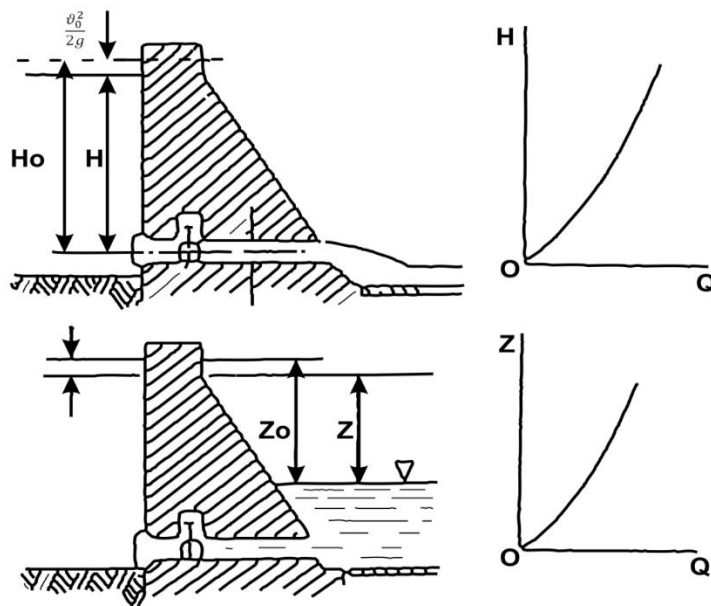


Figura 54. Calculul debitelor prin goliri de fund

Coeficientul de debit μ se determină cu formula:

$$\mu = 1 / \sqrt{1 + \Sigma \xi + \lambda l / D}$$

unde:

$Z \xi$ - este suma tuturor coeficienților de rezistență locală la curgere

λ - coeficientul de rezistență liniară

Drept coeficienți de rezistență se pot folosi:

- pentru grătarele de intrare:

$$\xi_{gr} = 1,5 \times (D/D_1)^4$$

unde D_1 este diametrul camerei de intrare.

- pentru orificiul de intrare:

$$\xi_{int} = 0,05$$

- pentru vana golirii de fund:

$\xi_{vană} = 0,10$ pentru vană fluture la deschiderea completă

$\xi_{vană} = 0,20$ dacă vana nu este cunoscută

- coeficient de rezistență liniară:

$$\lambda = 0,025$$

Cheile limnimetrice ale golirilor de fund se prezintă ca în Figura 54.

Se poate scrie că, în general la golirile de fund, debitul notat Q_{gf} sunt legate de nivelurile notate cu H_{gf} (fie H , fie Z din figura 140) prin intermediul unei relații de tipul:

$$Q_{gf} = K_{gf} \times H_{gf}^{1/2}$$

unde:

K_{gf} - constantă a evacuatorului

II. Deversor cu profil practic (Figura 55)

Formula generală pentru deversoare cu profil practic este:

$$Q = m \times b \sqrt{2g \times H_0^{3/2}}$$

În care m este coeficientul de debit; celelalte notații și unități de măsură sunt cunoscute. Pentru profilele construite după forma lamei libere a apei, $m = 0,49$.

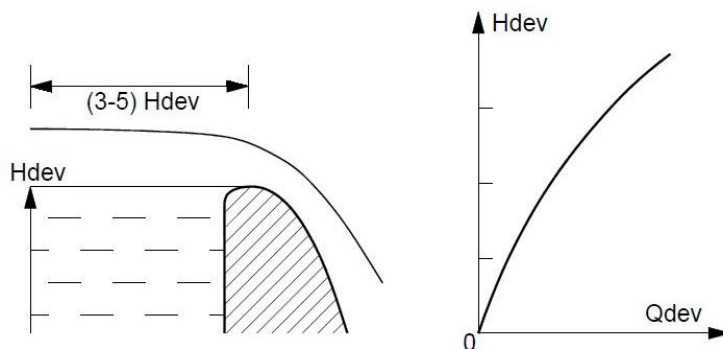
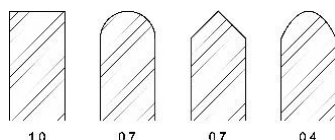


Figura 55. Deversor cu profil practic și cheia lui limnimerică

Dacă deversorul cu profil practic are contracții laterale, în formula de mai sus intervine un coeficient de contracție ε care se înmulțește cu b (lățimea deversorului). Acest coeficient se calculează cu relația:

$$\varepsilon = 1 - 0,2 \times \xi(H_0/b)$$

În care ξ se adoptă în funcție de forma pilelor laterale:



Cheia limnimerică a deversorului arată ca în Figura 55, cu mențiunea că nivelul apei se măsoară în amonte de deversorul la o distanță de (3-5) ori grosimea lamei deversante.

Se poate scrie și pentru deversoare că în general debitele deversate notate Q_{dev} sunt legate de nivelurile peste creasta deversorului H_{dev} printr-o relație de tipul:

$$Q_{dev} = K_{dev} \times H_{dev}^{3/2}$$

unde:

K_{dev} este o constantă a descărcătorului

III. Deversor echipat cu stavilă (Figura 56)

Când stavila este ridicată peste creasta deversorului în poziția „a” și nivelul apei se situează între creasta deversorului și partea inferioară a stavilei, deversorul lucrează ca atare.

Dacă nivelul apei depășește partea inferioară a stavilei (stavila începe să lucreze), curgerea se poate asimila cu o curgere printr-un orificiu mare.

În acest caz cheia limnimerică a ansamblului deversor - stavilă arată ca în Figura 56. Nivelurile apei sunt raportate la creasta deversorului. O parte stabilă a cheii acestui ansamblu

o constituie cheia deversorului propriu-zis la care, în funcție de poziția stavilei, adică de „a” se face trecerea la debitele trecute pe sub stavilă.

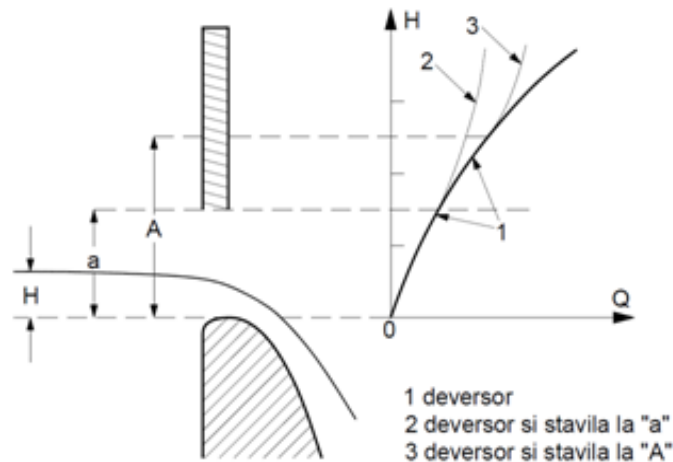


Figura 56. Deversor echipat cu stavilă

IV. Deversor pâlnie (Figura 57)

Pentru curgerea la un deversor pâlnie circular sunt în general definatorii sarcina deversorului H , adică înălțimea apei din bazin (lac) deasupra crestei deversorului, raza deversorului la coronament R și profilul deversorului.

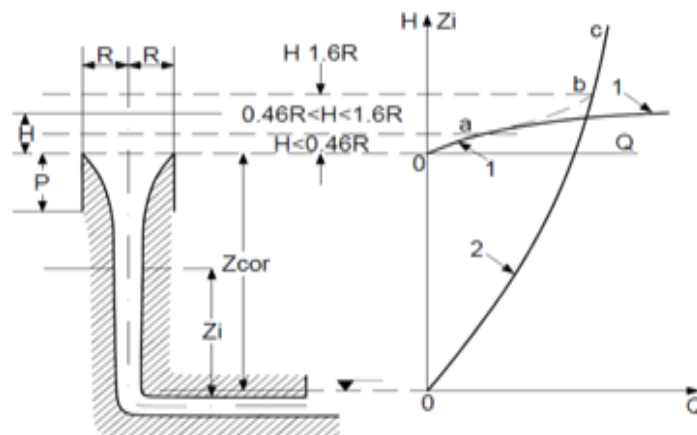


Figura 57. Deversor pâlnie și cheia lui limnometrică

Pentru un profil corespunzător pânzei inferioare a lamei deversante peste un perete subțire circular sunt posibile următoarele regimuri de funcționare a pâlniei:

$H/R < 0,46$ - deversor neîncat

$H/R = 0,46 - 1,00$ - deversor încat; datorită autoîncării, capacitatea de evacuare a deversorului se reduce; când $H/R = 0,80 - 1,00$, deasupra pâlniei se formează o suprafață liberă plană

$H/R = 1,0 - 1,6$ - pâlnie încată; regimul este apropiat de curgerea printr-un orificiu de fund;

$H/R > 1,6$ pâlnia este considerabil încată

Pentru cazul în care curgerea nu este înecată și pe conturul pâlniei nu sunt pile iar adâncimea apei înainte de deversor $p \approx R$, debitul deversat se calculează pentru $H/R = 0,20-0,38$ cu formula:

$$Q = m \times 2\pi R \sqrt{2g} \times H^{3/2}$$

unde:

$$m = 0,49 - 0,068 \times (H/R)^{1/2}$$

Cu această formulă, în funcție de H se construiește cheia limnometrică notată pe graficul din Figura 57 cu (1). Porțiunea din această cheie limnometrică până la $H = 0,46 R$ corespunde funcționării deversorului fără înecare.

Când pâlnia este considerabil înecată, adică pentru $H > 1,6 R$, atunci ea funcționează ca un orificiu puternic înecat și debitul se calculează cu formula:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2g(H + Z_{cor})}$$

unde:

Z_{cor} - diferența de cotă dintre creasta deversorului și suprafața apei în secțiunea de ieșire din galeria de evacuare

ω - secțiunea de ieșire în galeria de evacuare

μ - se calculează după cum s-a arătat la golirile de fund celelalte semnificații și unitățile de măsură sunt cunoscute

Cu această ultimă formulă și în funcție de Z_i se construiește o curbă $Q = f(Z_i)$ notată pe graficul din Figura 57 cu (2). Porțiunea b-c din această cheie situată la $H > 1,6 R$ corespunde stadiului de funcționare a descărcătorului ca orificiu înecat.

La sarcinile hidraulice ale sectorului a-b dintre cele două chei trasate, adică pentru $0,46 R < H < 1,6 R$, are loc trecerea de la funcționarea pâlniei ca deversor înecat (de pe curba 1 de la punctul a) la funcționarea ca un orificiu înecat (pe curba 2 la punctul b). Sectorul acesta de trecere a - b pe cheia generală este trasat punctat.

Cheile limnometrice ale golirilor de fund și semifund, ale deversoarelor de la baraje sunt calculate hidraulic și în general verificate pe baza unor modele executate la scară redusă (similitudine hidraulică), în laboratoare de specialitate.

Cheile limnometrice ale evacuatoarelor (forme grafice, tabelare, analitice) se află la beneficiarii de baraje.

Calculul curgerii instantanee prin golirile de fund (semifund) peste deversoare se face similar cazului cheilor limnometrice de pe râuri. Cunoscând H_{gf} , H_{dev} , la momentul T se intră în cheia limnometrică corespunzătoare și se determină debitul Q_{gf} , Q_{dev} la momentul respectiv.

Calculul debitului mediu zilnic la un evacuator parcurge următoarele etape:

a) Se trasează graficele de variație în timp a nivelurilor care condiționează debitele;

b) Se calculează și se trasează graficele Q_{gf} (Q_{dev}) - T (pe baza graficului, H_{gf} (H_{dev}) - T și a cheii limnometrice valabile pentru situația dată);

Dacă între două manevre succesive nivelul H_{gf} variază cu mai puțin de 0,15 H_{gf} inițial, pentru întregul interval de timp se va extrage o valoare Q_{gf} echivalentă lui H_{gf} inițial pe intervalul respectiv. Dacă H_{gf} variază cu 0,15 inițial, se va avea grijă ca valorile Q_{gf} să fie astfel extrase, încât după două extrageri succesive, H_{gf} să nu varieze cu mai mult de 0,15 H_{gf} inițial.

Același lucru este valabil și în cazul deversoarelor. La acestea condiția este ca între două transformări succesive în debite, H_{dev} să nu varieze cu mai mult de 0,05 H_{dev} .

- c) Se calculează volumele zilnice evacuate, respectiv deversate;
- d) Se calculează debitul mediu zilnic evacuat.

În general debitele evacuate de la baraje se calculează de către beneficiari. Sarcina stațiilor hidrologice și a serviciilor hidrologice constă în verificarea corectitudinii la efectuarea acestui calcul și sesizarea beneficiarului și a INHGA asupra incorectitudinilor constatate.

4.6.11. Calculul debitelor prin turbine

Calculul debitelor prin turbine Q_T , se efectuează cu ajutorul:

- Cunoașterii evoluției în timp a nivelului în acumulare $H_{lac} - T$, pe canalul de fugă $H_{fugă} - T$ (la centrale hidroelectrice de cădere mică), a evoluției în timp a puterii electrice (energiei produse) $P_g - T$ (E - T) și a curbelor $Q = f(P_g, H.)$ (Figura 58).

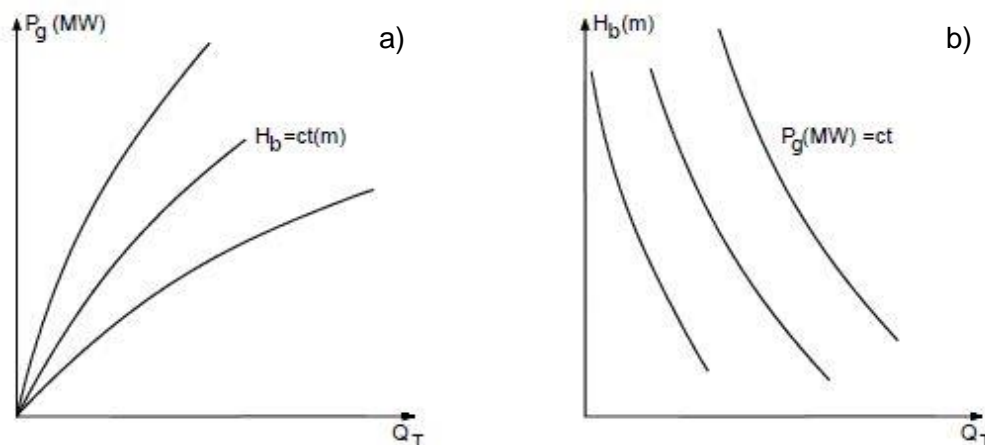
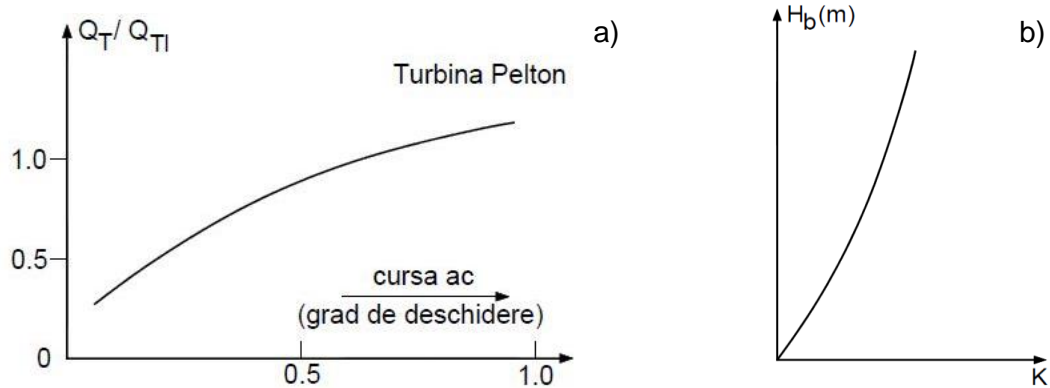


Figura 58. Curbe Q_T -(P_g , H_b) CHE de mare (a) și mică (b) cădere

- Valorilor debitelor înregistrate la debitmetre.
- Cunoașterii gradului de acces al apei la turbine (specific fiecărui tip de turbine) și a dependenței între acesta și debitul turbinat (Figura 59).


 Figura 59. $Q_T = f$ (acces apă la rotorul turbinei) (a) și $K = f(H_b)$ (b)

Cel mai frecvent se utilizează prima metodă, care se bazează pe relația:

$$Q_T = P_g / 9,81 \eta \quad H_b = E / 9,81 \eta H_b T$$

unde:

Q_T - debitul turbinat (m^3/s)

P_g - puterea produsă la bornele generatorului (W)

E - energia electrică produsă (MWh) în intervalul de timp T (ore)

η - randamentul global al amenajării

H_b - căderea brută a amenajării (m):

$H_b = H_{lac} - H_{fugă}$ - pentru centrale de cădere mică

$H_b = H_{lac} - H_{av}$ - pentru centrale de mare cădere la care curgerea aval de rotorul turbinei se face prin conductă de fugă sub presiune

$H_b = H_{lac} - [H_{av} + L_{fugă} \cdot I / 1000]$ - pentru centrale de mare cădere la care curgerea aval de rotorul turbinei se face prin galerie cu nivel liber:

H_{av} - cota la deșurarea în râu a galeriei (mMN)

H_{lac} - cota apei în lac (mMN)

$L_{fugă}$ - lungimea galeriei de fugă (m)

I - panta constructivă a galeriei de fugă (‰)

Relațiile $Q_T = f(P_g, H_b)$ sunt de formele prezentate în Figura 58. Ele se determină în institute de specialitate pe baza metodologiei specifice.

Uneori aplicarea metodei de mai sus de către beneficiari se face sub forma: $Q = K P/T$; la centralele hidroelectrice de cădere mică $K = ct.$, iar la centralele hidroelectrice de cădere mare $K = f(H_b)$.

Metoda dă rezultate inferioare ca precizie celei utilizând curbele din Figura 58. Calculul debitelor turbinate se execută de către beneficiari. Sarcina stațiilor și a serviciilor hidrologice constă în preluarea acestora (debite orare pe durata viiturilor și medii zilnice în restul anului, valoarea minimă și maximă instantanee pe fiecare lună) și prelucrarea lor lunară. În situații deosebite (pentru verificări ale corectitudinii modului de calcul al lui Q_T de către beneficiari sau când acesta nu le calculează conform metodologiei prezentate), debitele turbinate pot fi calculate și de personalul stațiilor hidrologice.

Dacă curbele $Q_T = f(P_s, H)$ sunt reactualizate, circa o dată la 10-15 ani, eroarea de calcul a debitelor turbinate este $e < 10\%$.

4.6.12. Calculul debitelor acumulate/dezacumulate la o acumulare

I. Metoda directă

Se bazează pe cunoașterea variației de volum în acumulare DW în intervalul de timp $DT_{AD} = DW/DT$.

Volumele din acumulări se determină cunoscând variația în timp a nivelului H-T și curba de capacitate a acumulării, W(H).

Curba de capacitate reprezintă integrarea în diferențe finite a ecuației

$$W = \int_0^H S dh$$

unde:

S - suprafața luciului de apă la nivelul h

Modul de determinare a curbei W(H) este prezentat în îndrumare specializate. Ea se exprimă grafic ca în Figura 60a, unde se arată și curba suprafeței lacului S(H).

Pentru lacurile mici de acumulare, W(H) se poate exprima analitic sub forma $W = a H^m$, unde $m = 2 \rightarrow 4$.

Pentru lacurile mari de acumulare, curba de capacitate se poate exprima sub forma: $W = a H^m$, pe două sau mai multe trepte de niveluri DH.

O curbă de capacitate poate fi acceptată atât timp cât modificarea ei se limitează la o abatere $e_w \leq 7\%$. La apropierea de această abatere se impune actualizarea curbei de capacitate. Ținând seama de aceste recomandări, eroarea la determinarea debitelor Q_{AD} se poate calcula după formula:

$$e_{AD} = \frac{[W_{final}(H_{final}) - W_{initial}(H_{initial})]}{[W_{final}(H_{final} \pm \Delta H) - W_{initial}(H_{initial} \pm \Delta H)]}$$

unde:

$W_{final}(H_{final})$ - volumul corespunzător nivelului la sfârșitul intervalului DT

$W_{initial}(H_{initial})$ - volumul corespunzător nivelului la începutul intervalului DT

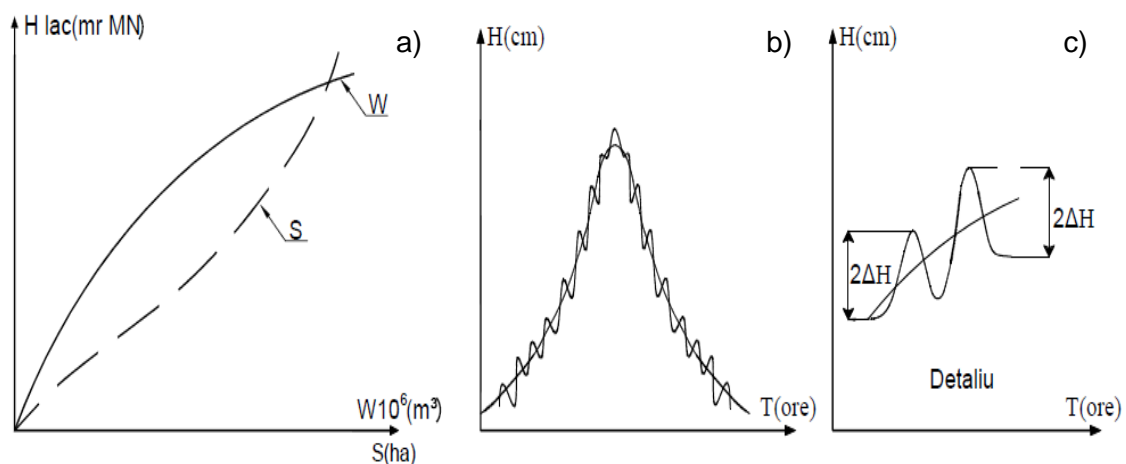


Figura 60. Curbele de capacitate W(H) și de suprafață S(H) ale acumulării (a); determinarea erorii ΔH la o acumulare dotată cu limnigraf (b) și detaliu (c)

Eroarea de determinare a debitelor Q_{AD} este în principal în funcție de eroarea de citire a nivelului în acumulare, ΔH și de variația de nivel DH_m .

Dependența (cu caracter orientativ) a erorii de determinare a lui Q_{AD} , E_{AD} , funcție de DH_m și ΔH (pe tronsoane ale curbei $W(H)$ în care volumul variază liniar cu nivelul) este prezentată în Tabelul 35.

Tabelul 35. Dependența erorii de determinare a lui Q_{AD} , E_{AD} , funcție de DH_m și ΔH

ΔH (cm)	0,5	1	2	5	10
DH_m (cm)	30 10 6	60 21 12	120 42 24	/ 105 52	/ 210 123
E_{AD} (%)	7 10-15 20	7 10-15 20	7 10-15 20	7 10-15 20	7 10-15 20

Din tabel rezultă clar necesitatea ca în cadrul stațiilor și serviciilor hidrologice, a celorlalte compartimente ale filialei legate de exploatarea lacurilor de acumulare, să existe în permanență preocupări pentru reducerea erorii ΔH .

Aceasta se poate realiza în principal prin:

- amplasarea de limnigrafe la baraj;
- amplasarea mai multor mire în apropierea barajului (mire tip „râu”), astfel încât prin medierea citirilor de nivel să se reducă erorile datorate influenței vântului (valurilor);
- asigurarea condițiilor unei corecte citiri a mirei (trepte de acces, instalații de iluminare pe timpul nopții etc.);
- verificări periodice ale cotelor „zero miră”;
- instruirea și verificarea modului de efectuare a citirilor de nivel de către personalul de exploatare.

II. Metoda indirectă

Se bazează pe cunoașterea hidrografelor curgerii la stații hidrometrice amplasate pe principalii afluenți în acumulare și a hidrografelor defluente de la baraj:

$$DW/DT = \sum a_i Q_{shi} - \sum Q_{def}$$

unde:

Q_{shi} - debitele înregistrate la stația hidrometrică i

a_i - constante prin care se realizează condiția: $\sum a_i \cdot Q_{shi} = \sum Q_{aff}$

Eroarea ΔH se evaluează:

- a. dacă există limnigraf, ΔH se consideră abaterea maximă a nivelului înregistrat față de media sa;
- b. dacă există numai instalație de miră se utilizează una din metodele:
 - pentru perioada de calm, $\Delta H = 1/2$ din distanța dintre două gradații ale mirei;
 - în cazul producerii valurilor, se citește valoarea de la baza și de la vârful valurilor și se face media aritmetică a celor două valori; același nivel se citește de mai multe ori și, dacă e posibil, de mai multe persoane, pentru fiecare pereche de citiri notându-se separat valoarea medie. Se consideră ca valoare corectă, media tuturor citirilor făcute. Față de această medie se compară mediile perechilor de citiri făcute stabilindu-se abaterea maximă ΔH . Operațiunea se efectuează pentru condiții diferite de vânt;
- c. dacă există mai multe mire, nivelul corect se determină ca o medie a citirilor la mirele existente. Toate mirele trebuie să aibă același „zero miră”.

Pentru determinarea constantelor a_i , suprafața din bazinul F_b aferent barajului, care nu este controlată hidrometric, se împarte în suprafețe parțiale care au caracteristici ale curgerii similare cu curgerea de la stațiile hidrometrice și se arondează acestor stații. De exemplu, unei stații hidrometrice i , care controlează un bazin F_{shi} i se arondează o suprafață necontrolată hidrometric f_{shi} , astfel încât pe tot bazinul aferent barajului se realizează condiția:

$$\Sigma F_{shi} + \Sigma f_{shi} = F_b$$

În prima aproximație, a_i se poate determina din relația:

$$a = (F_{shi} + f_{shi})/F_{shi}$$

Constantele a_i au valori supraunitare sau valoarea 1 atunci când unei stații hidrometrice nu i se poate aronda nici o suprafață analoagă.

Rezultatele obținute se verifică prin măsurători ale debitelor pe conturul lacului de acumulare. În caz de nevoie, se reanalizează și corectează arondarea inițială.

Stațiile hidrometrice se amplasează mai aproape de baraj, astfel încât în cazul înregistrării în acumulare a unui nivel maxim de retenție, stațiile să nu fie sub influența remuului.

Suprafața controlată prin stații hidrometrice se recomandă să reprezinte mai mult de 70% din suprafața aferentă în secțiunea barajului; această condiție nu se poate realiza întotdeauna (ex. lacuri amplasate pe râuri cu versanți abrupti ca acumulara Vidra pe râul Lotru).

Metoda indirectă conduce la costuri mai ridicate, fără a putea asigura o precizie considerabil superioară pentru QAD comparativ cu aplicarea metodei directe. De aceea, este indicat ca metoda indirectă să fie adoptată numai în urma unei analize tehnico-economice.

Pot exista cazuri, când atât prin aplicarea metodei directe, cât și a celei indirecte, erorile eAD, să fie mai mari de 20%. Este cazul acumulărilor de mare capacitate amplasate în vârf de bazin hidrografic unde la ape mici, o citire de niveluri cu abatere de 0,5 cm determină erori mai mari de 20%.

4.6.13. Calculul altor debite afluate/defluate în/din acumulări

În activitatea de reconstituire a curgerii naturale (debite medii lunare și anuale, debite minime), pe cursurile de apă afectate de acumulări, în perioadele de ape mici și medii apare necesitatea luării în calcul și a debitelor de apă provenite din:

- precipitații căzute pe suprafața acumulării Q_P^{SL} ;
- evaporația de pe suprafața acumulării Q_E^{SL} ;
- gheața acumulată în timpul iernii pe suprafața acumulării Q_{GH}^+ , gheața care se topește la începutul primăverii Q_{GH}^- .

În cele ce urmează se vor prezenta relațiile de calcul și ordinul de mărime a debitelor. Cele trei tipuri de debite menționate mai sus se calculează cu ajutorul relațiilor:

$$Q_P^{SL} \text{ (m}^3\text{/s)} = 10^3 h_p \text{ (mm)} F^{SL} \text{ (km}^2\text{)}/DT\text{(s)}$$

$$Q_E^{SL} \text{ (m}^3\text{/s)} = 10^3 h_E \text{ (mm)} F^{SL} \text{ (km}^2\text{)}/DT\text{(s)}$$

$$Q_{GH}^\pm \text{ (m}^3\text{/s)} = 10^3 h_{GH} \text{ (mm)} F^{SL} \text{ (km}^2\text{)}/DT\text{(s)}$$

unde:

h_p - stratul de precipitații căzut pe suprafața acumulării; se măsoară la un pluviometru amplasat la baraj (acumulări cu suprafață mică) sau prin medierea precipitațiilor înregistrate la pluviometre amplasate în vecinătatea acumulării (acumulări cu suprafață mare)

h_E - stratul de apă provenit din evaporația pe suprafața acumulării; se determină pe baza unei stații evaporimetrice existente pe acumularea respectivă sau pe baza stațiilor evaporimetrice amplasate pe alte acumulări din zonă. Modul detaliat de determinare a lui h_E este prezentat în îndrumare de specialitate

h_{GH} - grosimea medie a stratului de gheață de pe suprafața acumulării (Q_{GH}^+), respectiv grosimea medie a stratului de gheață topit (Q_{GH}^-) de pe suprafața acumulării; se determină prin măsurători pentadale efectuate în profile standard. Alegerea profilelor, modul de efectuare a măsurătorilor, sunt prezentate într-un îndrumar de specialitate.

E - echivalentul în apă al gheții; orientativ se poate considera $E = 0,9$. Modul de determinare se prezintă într-un îndrumar de specialitate

F^{SL} - suprafața medie a luciului de apă în intervalul DT; se determină prin transformarea nivelului mediu în acumulare H_{med} pentru perioada DT în suprafață prin intermediul curbei $F^{SL}(H)$

F_{GH}^{SL} - suprafața acoperită cu gheață (pod de gheață). Se determină în prezent, prin cartare pe bază de observații vizuale. Cartările au de regulă o frecvență pentadală.

În condițiile actuale erorile de determinare ale celor trei debite sunt de ordinul 10% pentru Q_P^{SL} , Q_E^{SL} și de 30% pentru Q_{GH}^+ .

În cele mai multe cazuri $Q_P^{SL} - Q_E^{SL} \approx 0$.

În calculele de reconstituire, cele trei tipuri de debite se vor introduce numai dacă ponderea termenului ($Q_P^{SL} - Q_E^{SL}$), respectiv Q_{GH}^\pm depășește 10 - 15% din Q_{nat} .

În Tabelul 36 este prezentat ordinul de mărime al celor trei debite ($Q_P^{SL} - Q_E^{SL}$, Q_{GH}^\pm) funcție de h_p , h_E , h_{GH} și F_{SL} pentru DT = 30 zile ($2,59 \times 10^6$).

Tabelul 36. Ordinul de mărime al celor trei debite

$Q_P^{SL}, Q_E^{SL} \text{ (m}^3/\text{s)}$

F (km ²) h _p (mm)	0,01	0,05	0,10	0,25	0,50	1	5	10	50	100
10	0	0	0	0,001	0,002	0,004	0,019	0,039	0,193	0,386
25	0	0	0,001	0,002	0,005	0,010	0,048	0,097	0,483	0,965
50	0	0,001	0,002	0,005	0,010	0,019	0,097	0,193	0,965	1,930
75	0	0,001	0,003	0,007	0,014	0,029	0,145	0,290	1,450	2,900
100	0	0,002	0,004	0,010	0,019	0,038	0,193	0,386	1,930	3,860
150	0	0,003	0,006	0,014	0,029	0,058	0,290	0,579	2,900	5,790

$Q_{GH}^\pm \text{ (m}^3/\text{s)}$

F (ha) h _{GH} (cm)	1	5	10	25	50	100	500	1000	2000	3000
1	0	0	0	0	0,002	0,003	0,017	0,035	0,069	0,104
5	0	0	0,002	0,004	0,009	0,017	0,087	0,174	0,347	0,521
10	0	0,002	0,003	0,009	0,017	0,035	0,174	0,347	0,695	1,040
25	0,001	0,004	0,009	0,022	0,043	0,087	0,434	0,869	1,740	2,610
50	0,002	0,009	0,017	0,043	0,087	0,174	0,869	1,740	3,470	5,210
75	0,003	0,013	0,026	0,065	0,130	0,261	1,300	2,610	5,210	7,820

4.6.14. Întocmirea și reactualizarea inventarului cu folosințe și acumulări

Întocmirea și reactualizarea inventarului cu folosințe și acumulări se realizează anual pe baza recunoașterilor pe teren și a datelor și informațiilor existente la serviciile din cadrul Administrațiilor Bazinale de Apă care se ocupă de monitoring.

Întocmirea și reactualizarea inventarului cu folosințe și acumulări cuprinde, pentru fiecare stație hidrologică: tabelul cu evidența folosințelor și acumulărilor (Tabelul 37), schițele cu folosințe, acumulări și stații hidrometrice.

Tabelul 37. Exemplu de tabel cu evidența folosințelor și acumulărilor

Nr	Stia hidrom/ poziția (Hm de la izvor)	Curs de apa/cod cadastral	Folosinta					Captare (C)	Restituție (R)	Poziția Hm	Q _{ins} (mc/s)	Metrie			Mod det Q				Den veche a fol/ac/ anul schimbarii	Tip construcție	
			Denumire actuala	Tip								S	E	F	M	D	R	Pa			
				A	I	P	RD														H
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Coloana 20 se completează numai dacă o folosință și-a schimbat denumirea pe parcursul timpului.

În coloana 21 se vor utiliza abrevierile:

Hm Hectometru	Pt Priză tiroleză
Tb Tub beton	RD Derivație interbazinală
A Apa potabila/industrială	Tp Tub plastic
Pb Priză barare	H Hidroelectrică
I Irigații	Pm Priză de mal
cd Canal deschis	S Urmărire hidrometrică sistematică
P Piscicultură	Tm Tub metal
E Urmărire hidrometrică expediționară	M Miră hidrometrică
Sp Stație de pompare pe ponton	At Acumulare nepermanentă (polder)
F Fără metrie	D Debitmetru
Ap Acumulare permanentă	R Regim funcționare pompe
P Paușal	

De asemenea, se vor folosi următoarele simboluri:

	Curs de apă
	Captare/restituție alimentare cu apă potabilă/industrială
	Captare/restituție irigații
	Folosință piscicolă
	Derivație interbazinală
	Acumulare permanentă
	Polder
	Stație hidrometrică

4.6.15. Machetele fișelor tehnice la acumulări, prize și restituții de apă

Fișele tehnice conțin următoarele categorii de informații:

- localizarea folosinței/acumulării;
- elemente constructive care permit să se identifice posibilitățile de determinare a debitelor de apă;
- extrase din regulamentele de funcționare/autorizațiile de funcționare care permit să se evalueze modul în care acestea influențează regimul de utilizare a apei;
- metria existentă;
- curbele caracteristice ale acumulării și ale evacuatorilor de la acestea.

Fișele tehnice se întocmesc pentru folosințele și acumulările de mari dimensiuni, cu pondere majoră în afectarea curgerii râurilor (Anexa 3).

4.7. Analiza scurgerii apei pe bazine hidrografice

Debitele de apă medii, maxime și minime de la stațiile hidrometrice sunt supuse unei analize de ansamblu care constă în verificarea variației acestor caracteristici de-a lungul râurilor și pe suprafața bazinului, în conformitate cu legile de formare și propagare a scurgerii.

În esență, se analizează bilanțul apei în situații și forme diverse.

Se menționează că analiza debitelor de apă se efectuează numai pentru valori în regim natural. Pe râurile cu folosințe se procedează în prealabil la reconstituirea regimului natural.

Analiza pe bazin se face pentru debite medii lunare, debite maxime și minime, pe un an calendaristic. Se analizează, de asemenea și alte perioade caracteristice - viituri, perioade cu ape mari, perioade cu fenomene de iarnă etc.

4.7.1. Analiza de bilanț, viituri semnificative

Analiza de bilanț, viituri semnificative, se aplică pentru sectoare de râu cuprinse între stații hidrometrice consecutive într-un bazin hidrografic.

Viitura semnificativă se definește ca fiind viitura cu un debit maxim cu probabilitate de depășire < 20%, înregistrată pe un sector de râu care cuprinde cel puțin 3 noduri de analiză de bilanț.

Analiza de bilanț permite:

- Validarea volumelor de apă totale pe durata viiturii (indiferent dacă curgerea se realizează în regim natural sau amenajat de curgere).
- Validarea volumelor scurse, a celor de bază și a coeficienților de curgere înregistrați la stații hidrometrice cu suprafețe de bazin < 500 km² (în cazul bazinelor hidrografice cu regim natural de curgere).

4.7.2. Cauzele generale ale neînchiderilor de bilanț

Analiza poate pune în evidență neconcordanțe în analizele de bilanț care se pot datora atât unor erori la determinarea elementelor componente ale bilanțului peste erorile standard admise cât și neluării în seamă a unor elemente care intervin în bilanț, fie antropice, fie naturale:

a. Erori care pot apărea la determinarea debitelor componente ale bilanțului:

- Erori de măsurare (la adâncimi, neperpendicularitatea liniilor de curent pe profil și neaplicarea de corecții etc).
- Erori de aparat (morișca hidrometrică, tija hidrometrică necorespunzătoare, cronometru etc.).
- Chei limnimetrice incorect trasate, mai ales la ape mari și mici.
- Extrapolări eronate ale cheilor limnimetrice.
- Folosirea greșită a curbelor de tarare a moriștilor hidrometrice.
- Calcule eronate ale debitelor din cauza folosirii unei metode nepotrivite (de exemplu: metodă K_i insuficient analizată).
- Niveluri măsurate eronat, la râuri sau la lacuri de acumulare.
- Utilizarea de curbe de capacitate inițiale, curbe care nu reflectă modificările în timp.

b. Erori datorate în mod direct necunoașterii.

Erorile se referă în general la folosințele de apă necunoscute și necontrolate din punct de vedere hidrometric.

c. Erori prin neconsiderarea unor influențe antropice:

- Fenomenele de infiltrare și curgere pe sub patul albiei (fenomene de secare parțială) ca urmare a podirii albiilor cu aluviuni provocate de tăierea masivă a pădurilor.
- Aport suplimentar de apă din cauza irigațiilor.

d. Erori datorate altor cauze:

- Zone carstice.
- Zone de inundabilitate.
- Situații meteorologice diferite la scara unui bazin nereflectate de rețelele standard în perioada fenomenelor de îngheț, a căderii precipitațiilor, în timpul instalării unei perioade secetoase.

Procedeele de analiză a debitelor de apă caracteristice se prezintă în cele ce urmează.

4.7.3. Bilanțul scurgerii medii pe bazin

Analiza constă în stabilirea bilanțului debitelor medii lunare și anuale la stațiile hidrometrice de pe râurile colectoare și afluenți.

Bilanțul debitelor medii lunare și anuale pentru două stații hidrometrice succesive situate de-a lungul aceluiași râu se consideră a fi, pentru situațiile normale (care sunt și majoritare), următorul:

$$Q_{av} \geq Q_{am} + (Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n)$$

unde:

Q_{av} - debitul mediu la stația hidrometrică aval

Q_{am} - debitul mediu la stația hidrometrică amonte

$Q_1; Q_n$ - debite medii la stațiile hidrometrice de pe afluenții intermediari

Calculul bilanțului se realizează tabelar (Tabelul 38) pentru analiza scurgerii pe bazin care cuprinde:

- stațiile hidrometrice începând cu stația din zona de formare a scurgerii și continuând cu stațiile de pe afluenți în ordinea confluenței lor până la stația de închidere din aval;
- caracteristicile morfometrice ale bazinelor de recepție (suprafața și altitudinea) trecute în dreptul fiecărei stații hidrometrice;
- debitele medii lunare în m^3/s se trec sub formă de fracție și reprezintă debitele medii măsurate la numărător și debitele medii în regim natural la numitor;
- coloana cu debitul mediu anual exprimat în m^3/s .

Tabelul 38. Analiza scurgerii pe bazin

1. SCURGEREA MEDIE (m^3/s)

Nr.crt	Raul	Statia hidrometrica	F (km ²)	Hm (m)	Luna	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Qmed an	Mod evaluare rest bazin
					Qmas (m^3/s)														
					Qnat (m^3/s)														
					Qmas (m^3/s)														
					Qnat (m^3/s)														
					Qmas (m^3/s)														
					Qnat (m^3/s)														

2. SCURGEREA MAXIMA (m^3/s)

Nr.crt	Raul	Statia hidrometrica	Luna	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Qmax an
			Q(m^3/s)													
			data													
			Q(m^3/s)													
			data													
			Q(m^3/s)													
			data													

3. SCURGEREA MINIMA (m^3/s)

Nr.crt	Raul	Statia hidrometrica	Luna	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Qmin an
			Q(m^3/s)													
			data													
			Q(m^3/s)													
			data													
			Q(m^3/s)													
			data													

Valorile $Q_{m\grave{a}s}$ se înscriu cu culoare albastră (neagră).

Valorile Q_{nat} se înscriu cu culoare roșie.

$\Sigma Q_{st\ hm.am.}$ și compararea sa cu $Q_{st\ hm.av.}$ se face numai pentru regimul natural.

În ultima coloană se precizează modul de evaluare a aporturilor resturilor de bazin necontrolate prin stații hidrometrice.

Analiza bilanțului scurgerii medii pe un sector de râu principal constă din compararea debitului mediu (lunar, anual) de la stația din aval cu suma debitelor medii respective de la o

stație din amonte și de la stațiile de pe afluenții intermediari conform relației bilanțului, prezentată mai sus.

Debitul mediu la stația din aval trebuie să fie de regulă mai mare decât suma debitelor din amonte, datorită aportului restului de bazin necontrolat de stațiile hidrometrice. Egalitate poate exista în situațiile când restul de bazin necontrolat este foarte mic în raport cu suprafața bazinului de recepție aferentă stației hidrometrice din aval. Egalitate sau chiar infirmarea ecuației de bază se mai poate întâlni în unele cazuri, mai rare, când în patul albiei dintre stațiile amonte și aval există pierderi de apă din cauze geologice sau din cauza unor scurgeri masive prin patul albiei puternic aluvionat (fapt care se sesizează îndeosebi în perioadele de ape mici). Anomalii se pot întâlni frecvent și în zonele de carst prin dispariții și apariții masive de debite de apă în rețeaua hidrografică a zonelor.

Aportul restului de bazin trebuie să reprezinte, de regulă, o pondere corespunzătoare cu mărimea suprafeței lui, cu posibilitățile de drenare a pânzei freatice și variația rezervelor de apă subterană.

Determinarea debitelor medii lunare pentru resturile de bazin se face pe bază de analogie cu bazinele hidrografice învecinate.

Se pot folosi:

a) Pentru fiecare lună sau sezon (cât timp se mențin aceleași condiții de curgere) relații de sinteză zonală de tipul q_{med} ($l/s/km^2$) – H_{med} (m) (unde: $q = [Q (m^3/s)/F (km^2)] \times 1000$, H_{med} = altitudinea medie a bazinului hidrografic (m); F - suprafața bazinului de recepție (km^2)).

Aportul restului de bazin se evaluează după o relație ca cea din Figura 61, aceasta fiind metoda recomandată.

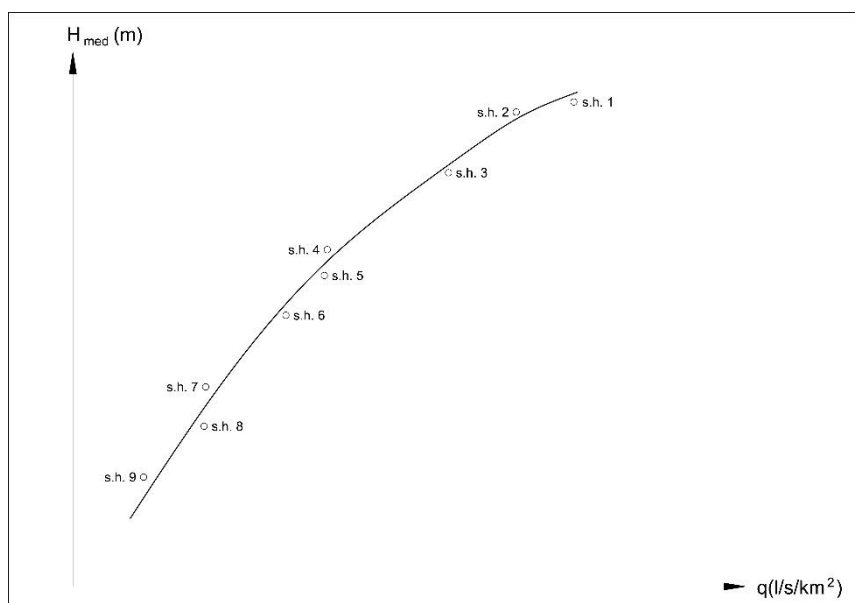


Figura 61. Exemplu de relație de sinteză q ($l/s/km^2$)- H_{med} (m)

b) Formule de analogie directă între rest-bazine și bazine similare controlate prin stații hidrometrice:

$$Q_{rest\ baz} = (F_{rest\ baz}/F_{s.h.})Q_{s.h.}$$

unde:

Q - debite medii lunare în m^3/s

Există situații când restul de bazin are un aport foarte mic sau chiar nul datorită unor condiții fizico-geografice specifice. Iarna, când în bazinul hidrografic se instalează fenomenele de îngheț curgerea poate fi nulă sau foarte mică pentru un rest de bazin care în perioada fără fenomene are un aport considerabil. În timpul iernii în situațiile când fenomenele de îngheț sunt variate (diverse) și sunt neînchideri de bilanț între stațiile hidrometrice, bilanțul efectuat pe 5, 10 zile (sau perioada cât durează un fenomen) poate pune în evidență unele neînchideri (aport de apă nejustificat, etc).

În această situație se vor face analize amănunțite în ceea ce privește metodologia aplicată, numărul de măsurători efectuate etc.

În mod obligatoriu se vor întocmi corelații de debite medii lunare între stațiile hidrometrice de pe sectorul principal și cele de pe afluenți, între stațiile hidrometrice succesive, pentru noduri hidrografice. Din analiza corelațiilor se constată abaterile ce urmează a fi verificate (Figura 62).

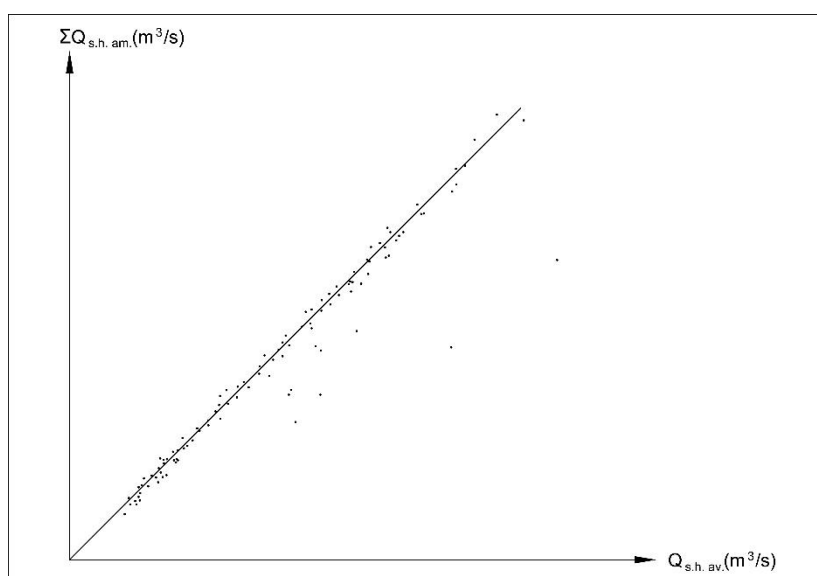


Figura 62. Corelație de debite medii lunare pentru noduri hidrografice

Periodic, specialiștii de la stațiile hidrologice vor verifica prin măsurători expediționare cu moriști etalon curgerea pe sectoarele care ridică probleme (pierderi de apă, aport de apă etc.), inclusiv debitele la folosințe.

4.7.4. Bilanțul scurgerii maxime

Analiza bilanțului scurgerii maxime se referă la analiza debitelor maxime și a viiturilor în regim natural.

I. Analiza debitelor maxime:

Tabelul analizei scurgerii cuprinde (Tabelul 38):

- Stațiile hidrometrice în ordinea succesivă de formare a scurgerii începând cu râul principal și continuând cu afluenții laterali.
- Debitelor maxime lunare pentru care se înscriu valorile în m^3/s data și ora producerii lor.
- Debitelor maxime anuale în m^3/s , data și ora producerii.

Analiza debitelor maxime semnificative constă în:

- Verificarea timpilor de propagare a debitelor maxime de-a lungul râului principal, pentru fiecare viitură urmărindu-se decalajul în timp a datei de producere între stațiile din aval față de cele din amonte; în acest scop se folosesc și graficele cu hidrografele succesive ale viiturilor.
- Analiza valorilor referitoare la debitele maxime, urmărindu-se creșterea acestora de-a lungul râului principal. O excepție o constituie râurile cu sectoare de râu care prezintă fenomenul de atenuare.
- Întocmirea de corelații cu valorile debitelor maxime anuale existente în perioada de funcționare comună la două stații hidrometrice succesive pe un râu (ex.: Q_{\max} Ulmeni – Q_{\max} Satu Mare; Q_{\max} Târgoviște – Q_{\max} Băleni).
- Întocmirea pentru stațiile hidrometrice în perioada de funcționare cu regim natural de curgere, a corelațiilor între debitul maxim instantaneu și debitul de la ora 6 sau 18 și cele între debitul maxim instantaneu și debitul mediu zilnic (produse în aceeași zi);
- Întocmirea relației grafice de sinteză zonală de forma q_{\max} (l/s/km²) - F (km²) pentru cazurile când sunt în anul respectiv viituri foarte mari (cu probabilitate mai mică de ~20%) și generale pe bazin. Acest grafic permite analiza variației debitelor maxime pe cursul râului principal în funcție de aportul succesiv al afluenților laterali; abaterile unor debite maxime de la relația grafică pot să constituie obiectul unor analize de detaliu pentru validarea sau corectarea lor.

În cazul neconcordanțelor debitelor maxime se vor verifica:

- extrapolarea cheii limnimetrice;
- cheile limnimetrice la ape mari pentru o perioadă multianuală;
- corectitudinea nivelului maxim instantaneu;
- repartiția pe bazin a precipitațiilor care au generat viitura, urmărindu-se poziția în bazin a nucleului ploii maxime (întocmirea unei hărți);
- analiza datei producerii debitului maxim pe afluenții dintre stațiile hidrometrice succesive analizate;
- datele tabelare și grafice asupra timpilor de propagare a debitelor maxime între stațiile hidrometrice.

II. Analiza viiturilor

Analiza viiturilor pe bază de bilanț se referă la:

- stabilirea momentelor inițiale și finale ale viiturilor pe ansamblul stațiilor hidrometrice din bazinul hidrografic;
- determinarea timpului total și de creștere al viiturilor la toate stațiile hidrometrice;
- verificarea volumelor scurse.

Annual, analiza se efectuează pentru viiturile mai mari care sunt generale pe bazin.

Pentru analiză sunt necesare:

- precipitațiile care au generat viitura pe bazine hidrografice, înregistrate la posturile pluviometrice, stațiile hidrometrice, stațiile automate hidrometrice și pluviometrice și respectiv, stațiile meteorologice (Tabelul 39);
- hidrografele viiturilor pentru stațiile hidrometrice situate pe râul principal și afluenți, întocmite pe baza citirilor orare.

Tabelul 39. Exemplu de fișă centralizatoare a precipitațiilor lunare, la 12 ore, 6 ore și o oră, utilizate la analiza viiturilor

PRECIPITAȚII LUNARE STATII (mm)

Nr. crt	Statia		Jud.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Suma an
	tip*	nume														

PRECIPITAȚII (mm) PE DURATA VIITURILOR CU ΔT = 12 ORE

Nr. crt	Statia		data ora	6		6		6		6		6		6	
	tip*	nume		(7)**	(19)**	(7)**	(19)**	(7)**	(19)**	(7)**	(19)**	(7)**	(19)**	(7)**	(19)**

PRECIPITAȚII (mm) PE DURATA VIITURILOR CU ΔT = 6 ORE

Nr. crt	Statia		data ora	6				6				6				6					
	tip*	nume		6	12	18	24	6	12	18	24	6	12	18	24	6	12	18	24		

PRECIPITAȚII (mm) PE DURATA VIITURILOR CU ΔT = 1 ORA

Nr. crt	Statia		data ora	1**																									
	tip*	nume		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		

- * **H** hidrometrică
Ha hidrometrică automată
P pluviometrică automată
M meteorologică
Pp post pluviometric

- ** **1** precipitațiile înregistrate în intervalul orar 00:01 și 01:00
2 precipitațiile înregistrate în intervalul orar 01:01 și 02:00

Pentru stabilirea bilanțului volumelor viiturii pe sectoare de râu se calculează următoarele elemente:

- Stratul de precipitații (h_p în mm) la stațiile hidrometrice și pe resturile de bazin calculate pe baza hărții cu izolinii, poligoane Thiessen, medie aritmetică etc.
- Volumul scurs al viiturii la stațiile hidrometrice:

$$W_s(\text{mil m}^3) = W_t - W_B$$

unde:

W_t - volum total în mil m^3

W_B - volum de bază în mil m^3

- Stratul scurs al viiturii la stațiile hidrometrice h_s (mm) = W_s/F unde: F-suprafața bazinului de recepție, până la stația hidrometrică în km^2 .
- Coeficientul de curgere la stațiile hidrometrice $\alpha = h_s/h_p$.
- Suma precipitațiilor pe o perioadă de aproximativ 10 zile înainte de data de început a viiturii, care dă indicii asupra umezelii solului.
- Coeficienții de curgere (α) pe resturile de bazin necontrolate, apreciați comparativ cu valorile coeficienților de curgere din bazinele analoage controlate hidrometric.
- Stratul scurs pe resturile de bazin ($h_s = \alpha h_p$).
- Volumul scurs pe resturile de bazin $W_s = h_s F_{rest\ bazin}$
- Debitul de bază (Q_B), pentru resturile de bazin prin analogie cu stațiile hidrometrice din zonă (astfel încât să existe închideri de bilanț pe sectoare de râu).
- Volumul de bază pe resturile de bazin $W_B = Q_B T$ (unde: T - timpul total al viiturii).
- Volumul total pe resturile de bazin $W_t = W_s + W_B$.

Se face bilanțul folosind volumele viiturilor pe sectoare de râu până la stația hidrometrică de închidere.

Un caz deosebit de analiză a viiturilor pe bază de bilanț se referă la sectoarele de râu cu albie majore bine dezvoltate, în care au loc atenuări puternice. În acest caz se recomandă ca în analiză să se considere și volumul albiei majore inundate și de asemenea alimentarea freaticului din zonele vecine, evaporația și stagnarea apei în lunci (volumul de apă din albia majoră se estimează prin cunoașterea suprafeței inundate și stabilirea adâncimii stratului de apă).

Analiza pe bază de bilanț a viiturilor include și lacurile de acumulare conform celor prezentate în capitolul 4.

4.7.5. Bilanțul scurgerii minime

Analiza se face pentru debitele minime lunare în regim natural. În tabelul privind analiza scurgerii pe bazin din (Tabelul 38) se vor trece:

- stațiile hidrometrice în ordinea succesivă de formare a scurgerii pe bazin;
- debite minime lunare, exprimate în m^3/s și data producerii lor;
- debitul minim anual, în m^3/s și data producerii.

Analiza debitelor minime lunare constă în următoarele:

- Urmărirea datelor calendaristice de producere a minimelor lunare, pe râul principal și pe afluenți pentru aceeași perioadă.
- Verificarea creșterii progresive a debitelor minime de-a lungul râului principal al bazinului studiat, când este cazul și în general variația logică de-a lungul râurilor atât a debitelor minime cât și a debitelor minime specifice.
- Stabilirea bilanțului pe sectoarele râului principal a valorii volumelor scurse pe 5-10 zile din perioada cu ape minime de vară-toamnă și în perioada cu fenomene de îngheț. Când se instalează fenomenele de îngheț se urmărește variația diurnă a debitelor în perioada cu fenomene de iarnă în strânsă legătură cu temperatura aerului. În cazul unui ger puternic și brusc apare o scădere rapidă a debitelor de apă datorită imobilizării unei cantități de apă în formațiunile de gheață (se poate aproxima volumul apei scoase din circuitul scurgerii sub formă de gheață astfel: $B \times L \times h$, unde: B - lățimea (m), L - lungimea (m), h - adâncimea (m)).

Când apar neconcordanțe la înregistrarea acestor debite, se verifică materialul hidrometric urmărindu-se:

- dacă nivelurile minime au fost măsurate corect;
- corectitudinea trasării ramurii inferioare a cheii limnimetrice printre măsurătorile de debite minime analizând abaterile acestora;
- extrapolarea cheii limnimetrice în partea inferioară ținând seama de „debitul nul”;
- verificarea ramurii inferioare a cheii limnimetrice de la sfârșitul anului, justificată de măsurătorile de debite minime executate în această perioadă precum și de măsurătorile de la începutul anului curent;
- existența fenomenelor de secare (sau curgere pe sub patul albiei) pe anumite sectoare;
- analiza complexă a calculului debitelor de apă în perioada cu fenomene de îngheț (date de bază, metode de determinare etc).

Analiza apelor minime evidențiază existența folosințelor de apă și a fenomenelor naturale (fie în sensul secării, fie în sensul unui aport suplimentar).

Pentru zonele de carst, analiza unor debite minime dintr-un an curent nu este posibilă decât prin considerarea legităților pe care le furnizează toate datele din trecut prelucrate în mod adecvat.

*

* *

Analiza de bilanț efectuată pentru toate fazele de regim asigură:

- cunoașterea unor legități, atât generale cât și particulare;
- evidențierea existenței folosințelor și a unor fenomene naturale pe tronsoane de râu;
- sesizarea și eliminarea unor inexactități și erori;
- direcționarea și desfășurarea corectă a activității hidrometrice pentru continua îmbunătățire cantitativă și calitativă a fondului național de date hidrologice.

CAPITOLUL 5. DEBITE DE ALUVIUNI

Într-un curent turbulent, asupra unei particule de aluviuni de pe patul albiei acționează forțe longitudinale (frontale) și ascendente (verticale) ale căror mărimi au caracter pulsatoriu. Aceste forțe conduc la mișcarea aluviunilor într-un curent de apă prin salturi, particula aflându-se mai aproape sau mai departe de patul albiei în funcție de mărimea saltului.

Cantitatea de aluviuni care trece în unitatea de timp printr-un profil transversal al albiei constituie debitul de aluviuni. Debitul de aluviuni se exprimă în kg/s, t/s, t/an.

După poziția particulelor în mișcare în masa curentului de apă, aluviunile se împart în: aluviuni în suspensie, aluviuni târâte și aluviuni sedimentate.

Particulele care sunt raspândite în toată masa curentului de apă sunt **aluviuni în suspensie (R)**, care dau apei un aspect tulbure și o culoare maronie.

Particulele mai mari și fragmentele mici de roci care se deplasează pe patul albiei sau în imediata vecinătate pe direcția de curgere a curentului reprezintă **aluviunile de fund sau târâte (G)**.

Aluviunile care, în urma reducerii vitezei de curgere (puterii de transport), se depun pe fundul albiei se numesc **aluviuni sedimentate**.

Separarea aluviunilor în cele trei categorii este relativă. Toate particulele se găsesc în una din cele trei stări (suspensie, târâte, sedimentate), în funcție de viteza de curgere a curentului de apă. O particulă existentă la un moment dat în suspensie, odată cu reducerea vitezei, poate deveni particulă târâtă. Dacă viteza se reduce în continuare sau viteza de curgere este aproximativ „zero” (de exemplu într-un lac de acumulare) aceeași particulă se decantează, devenind sedimentată pe patul albiei.

Analiza debitelor existente a pus în evidență, pentru teritoriul României, că dependența debitelor de aluviuni de debitele de apă este de forma:

$$R = A \times Q^\alpha$$

unde:

$$\alpha = 2.2 \rightarrow 3$$

$$G = B \rightarrow Q^\beta$$

unde:

$$\beta = 3 \rightarrow 6$$

A, B, α , β - constante

Q - se măsoară în m³/s

R, G - se măsoară în kg/s

Din relațiile de mai sus se observă că valoarea lui R și în special a lui G crește exponențial odată cu mărirea valorii lui Q. Prin urmare, ponderea principală a volumelor/debitelor de aluviuni în suspensie și târâte se realizează în perioadele de ape mari și viituri (80-90% din curgerea de aluviuni în suspensie și târâte, anuală); în timpul apelor mici și medii transportul de aluviuni (în special târâte) este neglijabil. Cunoașterea cantităților de aluviuni care curg prin râuri (în suspensie și târâte) și a compoziției lor granulometrice prezintă însemnătate în gospodărirea apelor. Aluviunile pot colmata lacurile de acumulare, împotmoli prizele de apă, canalele de aducțiune etc.

Cunoașterea cantitativă și calitativă a aluviunilor permite evitarea sau combaterea acestor aspecte negative. Metodele de măsurare a debitelor de aluviuni sunt diferite, în funcție de categoria acestora.

Determinarea debitelor de aluviuni în suspensie se bazează pe măsurarea turbidității apei ρ (g/l, g/m³) în verticale/puncte, caracteristice din profil. În acest scop se efectuează măsurătorile complete, simplificate și simple (probe unice).

Măsurarea debitelor de aluviuni de fund se realizează prin captarea aluviunilor în special grosiere (nisip mare, pietriș, prundiș), în aceleași verticale/puncte, stabilite pentru determinarea aluviunilor în suspensie.

Referitor la aluviunile sedimentate (depuse), acestea se determină prin recoltări de probe din patul albiei.

În funcție de mărimea particulelor și de cantitatea de material, se folosesc metode distincte pentru separarea probelor de aluviuni pe categorii și dimensiuni în procente din greutatea totală.

5.1. Debite de aluviuni în suspensie

Considerații generale

Măsurarea debitului de aluviuni în suspensie este organizată în scopul cunoașterii cantității de aluviuni ce tranzitează albia unui râu, inclusiv a regimului său de curgere. Măsurătoarea constă în luarea de probe de apă din punctele standard de pe verticalele stabilite și pentru determinarea debitelor lichide în secțiunea selectată.

În acest sens, în rețeaua hidrometrică se execută:

- **măsurători „complete”** de aluviuni care acoperă toată secțiunea albiei;
- **măsurători „simplificate”** de aluviuni extinse tot pe întreaga lățime a albiei, dar numai la adâncimea de 0.6 h, sau la suprafața apei (tip de măsurători preferate pe perioada apelor mari, sau a viiturilor);
- **măsurători „simple”** de aluviuni, limitate la un punct/verticală, din care se recoltează „probe unice”;
- **măsurători de control.**

Cea mai mare parte a scurgerii solide se produce la viituri.

Activitate intensivă de măsurători „complete”, „simplificate”, „simple” de aluviuni în suspensie se va depune în perioada cu viituri și cu deversări majore la acumulări. În restul anului, când debitele de apă sunt mici sau medii, activitatea de măsurare a debitului de aluviuni este mai redusă.

Într-un an se vor efectua măsurători „complete”, „simplificate” de aluviuni în suspensie repartizate pe ecart conform programului enunțat în „Instrucțiuni privind organizarea și programul activității rețelei hidrometrice pe râuri”. Se vor efectua anual 3-4 măsurători complete la ape mici și medii pentru stabilirea cât mai corectă a corecției $\rho_m - \rho_u$.

Probele simple (unice) se vor lua pe întreg ecartul de variație al debitului de apă (în timpul viiturilor se vor recolta mai multe probe pe zi pe ramura de creștere, la vârf și pe ramura de scădere). Acest mod de desfășurare a activității de măsurare a debitelor de aluviuni în suspensie nu exclude calculul debitelor de aluviuni la ape medii și mici.

5.1.1. Stabilirea ritmului de măsurare (completă sau simplificată) a aluviunilor în suspensie, în vederea prinderii majoritare a cantității de sedimente tranzitate de masa de apă prin secțiunea de măsurare

În vederea prinderii a minimum 80% din curgerea solidă în suspensie tranzitată printr-o secțiune, s-a considerat (în urma determinării volumelor aluvionare rezultate din analiza amănunțită a unui număr suficient de măsurători simple și complete), a fi utilă determinarea unui nivel limită (reper) care oferă următoarele avantaje: micșorarea numărului de prelevări de probe de aluviuni în suspensie sub acesta (la ape mici), intensificarea prelevărilor peste acest nivel, precum și simplificarea trasării legăturilor corelative Q-R prin eliminarea departajării metodelor de determinare a R impuse de linia de demarcație stabilită prin vechiul procedeu al $Q_{limită} (1,25 \times Q_{mediu\ multianual})$.

Metodologic, se are în vedere o determinare a unui „nivel limită”, al cărui prag va micșora numărul recoltărilor de probe la niveluri mici și le va amplifica pe cele recoltate la niveluri tot mai mari. Acest „nivel limită” este obținut în modul următor:

- Se trasează grafic la o scară convenabilă de lucru pentru aproximativ 6 ani anteriori (în ideea prinderii mai multor faze de manifestare a regimului hidrologic în zonă), variația debitului mediu zilnic de aluviuni în suspensie $R = f(T)$, în secțiunea/stația hidrometrică analizată.

- Se planimetrează graficele trasate pentru fiecare an și se delimitează suprafața corespunzătoare procentului de 80%. Linia de demarcație rezultată înglobează în fapt 80% din volumul de aluviuni în suspensie tranzitat prin secțiune și corespunde pe grafic unui R *limită* (kg/s).

- Se efectuează medierea valorilor R limită (kg/s) rezultate din aceste planimetrări pentru fiecare an în parte (care inevitabil sunt variabile conform regimului hidrologic manifestat în anii analizați).

- Odată determinată această valoare medie R limită (kg/s), se impune cunoașterea debitului de apă ce antrenează acest material aluvionar prin secțiune.

În acest sens se apelează la centralizatoarele cu măsurători simple și complete unde se identifică debitele de apă corespunzătoare, sau foarte apropiate valorii medii de R *limită* (kg/s), care vor indica în final nivelul limită la miră H (cm), pentru secțiunea analizată, sub a cărui valoare se va preleva câte o probă unică săptămânal, iar o dată pe lună se va efectua câte o măsurătoare completă, care firească, va avea rol de control asupra celorlalte măsurători simple.

Metodologia de determinare a nivelului limită pentru prelevarea probelor unice de aluviuni în suspensie se va prezenta în Jurnalul stației hidrometrice.

În perioadele cu ape mari, hidometrul are obligația de a prinde cu măsurători (în special cu probe simple) întreaga viitură. Astfel, măsurătorile pentru determinarea scurgerii solide în suspensie pe aceste sectoare, se vor efectua în funcție de variația nivelului în profilul mării, dar cu obligativitatea prinderii întregului ecart de variație al acestuia.

Pentru secțiunile de măsurare hidrometrică aflate foarte aproape de avalul lacurilor de baraj, al unor poldere cu deversări controlate sau a perimetrelor cu activitate de spălare a minereurilor de steril etc, nu este indicat a se determina nivelul limită, datorită regimului de curgere pulsatoriu care este caracteristic zonei.

5.1.2. Măsurători „complete” de aluviuni

Verticalele caracteristice pentru acest tip de măsurători se stabilesc de specialiștii de la stația hidrologică și pot fi oricare dintre verticalele de viteză fixe sau dintre verticalele suplimentare, care sunt dispuse în porțiuni unde se constată o turbiditate mărită față de restul verticalelor, sau acolo unde sunt neregularități accentuate ale profilului transversal al albiei (gropi, depuneri): Figura 63 verticalele I+1, II+1, IV, V și VI+1.

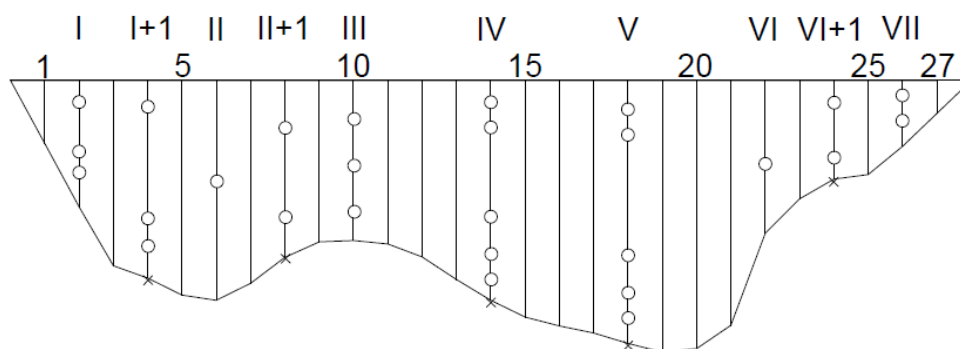


Figura 63. Schema de alegere a verticalelor pentru măsurarea aluviunilor

5.1.3. Măsurători „simplificate” de aluviuni

Măsurătorile simplificate de aluviuni la „0.6 h” și „suprafață” se execută numai în timpul apelor mari sau în timpul viiturilor.

În acest sens, se alege una din aceste tipuri de măsurători, în funcție de vitezele ce se înregistrează în timpul viiturii la stația hidrometrică. Pentru ca prelevarea probelor să fie mai facilă, la viteze mari sunt preferate măsurătorile simplificate la suprafață.

Urmare a acestui fapt, s-a considerat utilă prezentarea unei metodologii simplificate, dar care poate prezenta unele avantaje sub aspect calitativ și al economiei de timp și de materiale (sticle cu ajutor, stative, pâlnii, filtre etc). În acest sens, pentru fundamentarea științifică a obiectivului propus, s-a pornit de la reliefa următoarelor observații:

- S-a admis și s-a verificat faptul că în condițiile unei mari variabilități a concentrației de particule aluvionare aflate în diferite puncte ale secțiunii unui râu, într-o situație instantanee poate să existe o legătură consecventă între turbiditatea unică – pu (punctuală) și turbiditatea medie pe secțiune pm (m), sau între media turbidității unice din mai multe puncte caracteristice pe verticale diferite și turbiditatea medie pe secțiune (caz frecvent pentru tipul de albi instabile).

- În acest sens, se poate considera că și pe perioada unei pulsații cvasiuniforme a curentului se poate reduce numărul standard de verticale pentru prelevarea probelor unice.

- Urmare a acestei situații, rămâne de verificat care din turbiditățile unice punctuale satisfac o legătură bună cu turbiditatea medie pe secțiune, obținută în condițiile aplicării unei metode simplificate.

5.1.4. Determinarea verticalei optime de recoltare a probelor de aluviuni în suspensie

Stabilirea verticalelor pentru luarea probelor de aluviuni în suspensie se face pentru fiecare stație hidrometrică în parte.

Din metodologiile propuse de literatura de specialitate internă și internațională s-a selectat o metodă expusă în Raportul nr. 29 al WMO (1989).

Pentru aplicarea acestei metode se vor prezenta detaliat principalele etape de lucru:

- alegerea unor ani caracteristici (minim 6 ani) fazei de regim hidrologic maxim;
- verificarea concludenței valorilor din măsurătorile selecționate;
- selectarea măsurătorilor complete efectuate în special în perioada viiturilor;
- determinarea, pentru fiecare verticală din profilul stației hidrometrice, a vitezei și a turbidității medii.

După aceea se trece la realizarea următorului obiectiv, ce constă în compararea valorilor celor doi parametri V (m/s) și ρ (g/l) de la fiecare verticală de măsurare cu media rezultată pe secțiune (în exemplul din Figura 64 s-au individualizat în acest sens verticalele de la metrul 14 și de la metrul 34).

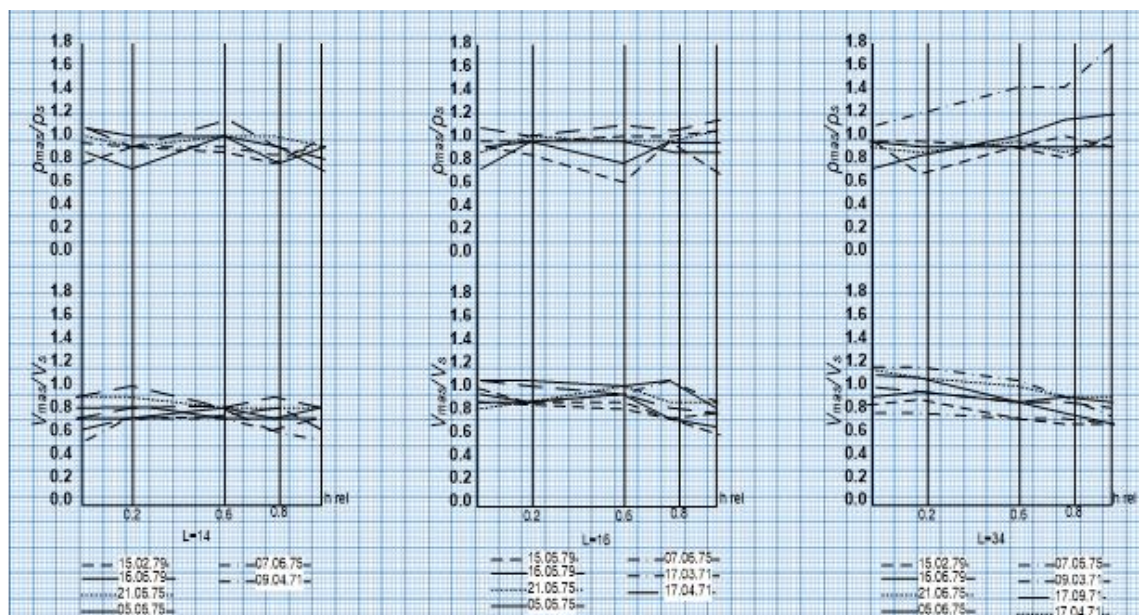


Figura 64. Grafice cu reprezentarea raporturilor ρ_{mas}/ρ_s și V_{mas}/V_s pentru punctele de măsurare din trei verticale selectate la o stație hidrometrică

O analiză mai amănunțită ne indică faptul că verticala situată la metrul 34 este cea mai reprezentativă, având în vedere că în aproximativ 70% din cazuri, viteza medie pe verticală este fie identică, fie apropiată de viteza medie pe secțiune, iar în privința turbidității, procentul similitudinii valorilor $\rho_{verticală} - \rho_{secțiune}$ depășește 85% din cazuri.

Pentru cealaltă verticală situată la metrul 14, procentul scade la 63% din cazuri pentru viteze și respectiv 69% din cazuri pentru turbiditate.

5.1.5. Determinarea punctului optim de recoltare a probelor de aluviuni în suspensie pe verticala de măsurare.

Pentru realizarea acestui obiectiv se utilizează același fond de date și aceiași parametri (viteza – m/s și turbiditatea - g/l), rezultați din măsurători pe verticală sau pe verticalele considerate ca fiind cele mai apropiate valoric de media pe secțiune, pentru fiecare adâncime standard de măsurare: s ; $0.2h$; $0.6h$; $0.8h$; f .

Urmare a acestei selectări se trece la trasarea unor serii de grafice, care vor figura raporturile $V_{m\grave{a}s}/V_{sect.}$ și $\rho_{m\grave{a}s}/\rho_{sect.}$, pentru fiecare din cele 5 puncte de măsurare de pe verticală, sau verticalele alese, rezultând adâncimea la care cei doi parametri analizați sunt apropiați sau identici valoric mediei pe secțiune (Figura 65), unde pentru stația hidrometrică Conțești pe râul Dâmbovița, din cele 3 verticale selectate ca optime: 14; 16 și 34, a rezultat că ultima este cea mai reprezentativă, indicând constant adâncimea de 0.6h, unde între parametrii măsurați V (m/s) și ρ (g/l) și media lor pe întreaga secțiune există o similitudine aproape perfectă.

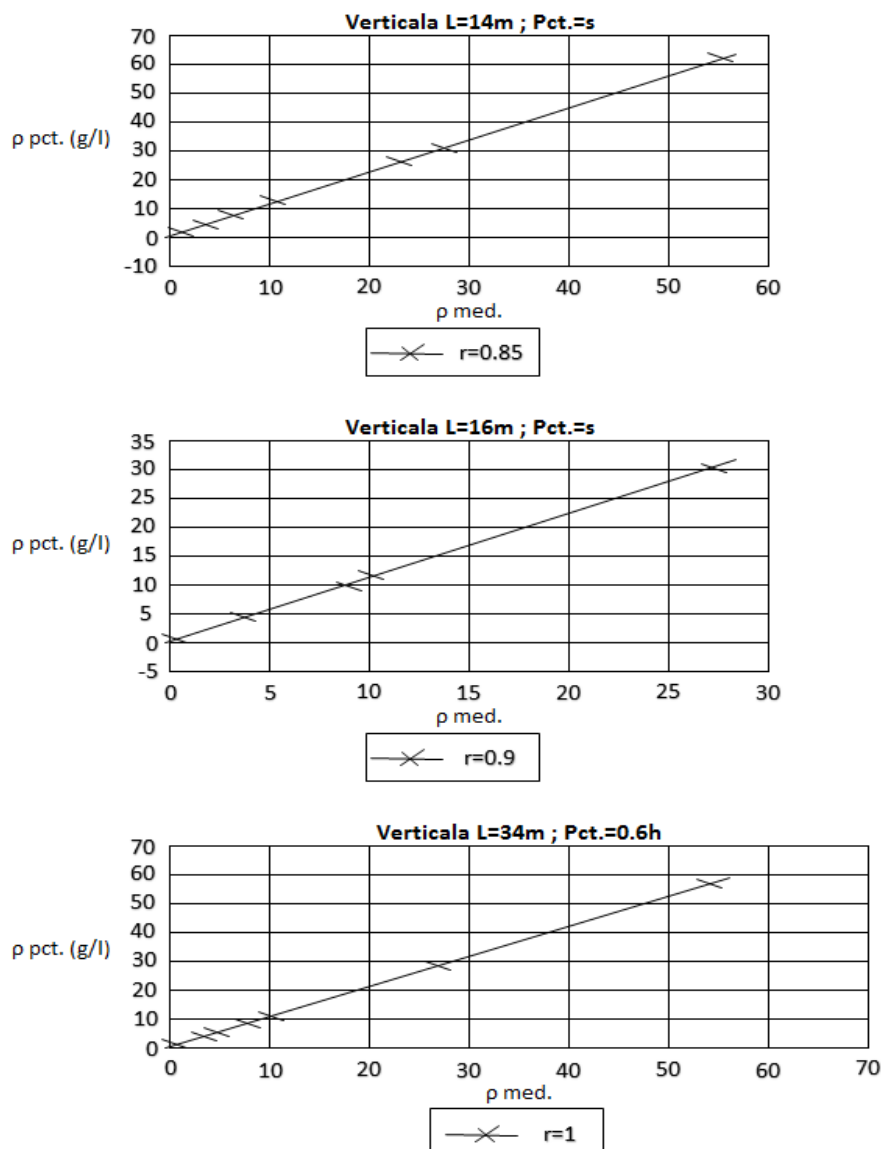


Figura 65. Coeficienții de regresie pentru punctele de măsurare în verticalele 14, 16 și 34

5.1.6. Analiza erorilor

O astfel de analiză este bine reliefată de coeficientul de regresie a corelației $\rho_{\text{punctual}} = f(\rho_{\text{med}})$ pentru verticalele selectate în etapele anterioare de lucru (ale căror valori sunt cele mai apropiate de media pe secțiune) în punctele standard de măsurare.

În sprijinul acestei analize este oferit exemplul rezultat din studiul efectuat asupra aceleiași secțiuni de măsurare de la stația hidrometrică Conțești pe râul Dâmbovița, cu focalizarea pe verticalele de la metrii 14, 16 și 34, considerate din analiza anterioară ca fiind cel mai bine poziționate pentru recoltarea de probe de aluviuni, dar și singurele cu legături corelative ai căror coeficienți de regresie sunt mai mari de 0.80.

Calculând pentru cele trei verticale valorile coeficienților de regresie (Figura 65), aceștia sunt: 0.85 pentru punctul de măsurare de la suprafață din verticala de la metrul 14; 0.90 pentru punctul de măsurare tot de la suprafață din verticala de la metrul 16 și 1.0 pentru punctul de la 0.6 h din verticala de la metrul 34.

Această analiză pune în evidență tot verticala corespunzătoare metrului 34, ca fiind cel mai bine poziționată pentru scopul propus din secțiunea de măsurare.

Urmare a aplicării celor două metodologii de optimizare a verticalelor de măsurare a parametrului solid în suspensie de către personalul stațiilor hidrologice în teritoriu, va crea cu certitudine premisele obținerii unui fond de date primar mult îmbunătățit.

Personalul stațiilor și serviciilor hidrologice trebuie să urmărească tehnica de efectuare a măsurătorilor de aluviuni în suspensie: respectarea verticalelor și punctelor de luare a probelor, corectitudinea recoltării probelor, turnarea lor în sticle, filtrarea și notarea datelor în carnete (numărul sticlei, al filtrului), pe plicul filtrului și borderoul/buletinul pentru înregistrarea măsurătorilor, păstrarea și folosirea corectă a hârtiei de filtru.

5.2. Principalele etape de lucru pentru determinarea turbidității masei de apă din secțiunea măsurată

5.2.1. Cântărirea filtrelor

În laboratorul stației hidrologice se efectuează lucrări de cântărire a filtrelor goale și a filtrelor cu aluviuni în suspensie, conform îndrumarelor tehnice în vigoare și centralizarea lor după tipurile de măsurători.

La stațiile hidrologice se centralizează în registre speciale toate filtrele cu numărul și greutatea lor, înainte și după filtrare, tipul măsurătorii (completă, simplificată, probe unice).

Filtrele cu aluviuni se păstrează la stația hidrologică minimum un an.

5.2.2. Înscrierea în carnet a cantităților de aluviuni

Greutatea aluviunilor în grame (g) înscrisă pe plic (sau centralizată) se trece în carnetul de măsurători, în coloana 19 (Tabelul 40).

unde:

α - debitul unitar

ρ - turbiditatea din punctul de luare a probei (g/m^3)

V - viteza apei în același punct (m/s)

În exemplul din Tabelul 40. debitul unitar este:

$$\alpha = 510 (g/m^3) \times 0,841 (m/s) = 428,91 (g/s / m^2)$$

5.3.2. Metode de calcul al măsurătorilor de aluviuni în suspensie

5.3.2.1. Metoda analitică pentru măsurători complete de aluviuni în suspensie

Această metodă are ca bază debitele unitare medii de aluviuni pe fiecare verticală (α_{med}), conform relațiilor:

- pentru verticale cu măsurători în cinci adâncimi:

$$\alpha_{med} = 0.1(\rho_s \times V_s + 3\rho_{0.2h} \times V_{0.2h} + 3\rho_{0.6h} \times V_{0.6h} + 2\rho_{0.8h} \times V_{0.8h} + \rho_f \times V_f)$$

- pentru verticale cu măsurători în trei adâncimi:

$$\alpha_{med} = 0.25(\rho_{0.2h} \times V_{0.2h} + 2\rho_{0.6h} \times V_{0.6h} + 2\rho_{0.8h} \times V_{0.8h})$$

- pentru verticale cu măsurători în două adâncimi:

$$\alpha_{med} = 0.5(\rho_{0.2h} \times V_{0.2h} + \rho_{0.8h} \times V_{0.8h})$$

- pentru verticale cu o singură măsurătoare:

$$\alpha_{med} = (\rho_{0.6h} \times V_{0.6h})$$

unde:

ρ - turbiditatea în punctul respectiv (g/m^3)

V - viteza apei în punctul respectiv (m/s)

h - adâncimea apei în punctul de măsurare (m)

Având debitele unitare medii ale aluviunilor pe verticale ($\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$), se calculează debitul de aluviuni în suspensie (R) pe întreaga secțiune după relația:

$$R (kg/s) = 0,001 \left(\frac{2}{3} \times \alpha_1 \omega_0 + \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \times \omega_1 + \dots + \frac{\alpha_{n-1} + \alpha_n}{2} \times \omega_{n-1} + \frac{2}{3} \times \alpha_n \omega_n \right)$$

unde:

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ - debitele unitare medii de aluviuni în suspensie ($g/m^3/s$)

$\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ - reprezintă suprafețele dintre verticale (m^2)

Debitul de aluviuni în suspensie (R) se poate calcula și cunoscând turbiditatea medie pe verticală ($\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$) și debitele lichide (Q_1, Q_2, \dots, Q_n), potrivit relației:

$$R (kg/s) = 0,001 \left(\rho + \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} \times Q_1 + \dots + \frac{\rho_{n-1} + \rho_n}{2} \times Q_{n-1} + \rho_n Q_n \right)$$

$$R (kg/s) = 0,001 \left(\rho + \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} \times Q_1 + \frac{\rho_n - 1 + \rho_n}{2} \times Q_{n-1} + \rho_n \times Q_n \right)$$

Pentru o singură măsurătoare, relația de calcul este

$$R(kg/s) = \rho_m \times Q$$

5.3.2.2. Metoda grafo-mecanică

Această metodă, constă în reprezentarea pe fiecare verticală a vitezelor apei (hodograful vitezei), a turbidității (ρ) și a debitului unitar (α), conform schiței din Figura 66.

În detaliu, pentru această metodă, sunt recomandate următoarele etape de lucru, de unde rezultă și calculul acestui parametru hidrologic:

- trasarea profilului transversal, ca și în cazul debitelor lichide;
- construirea epurelor de viteză, turbiditate (ρ) și a debitului unitar (α);
- planimetrarea suprafeței acestor epure (valorile obținute sunt date în cm^2);
- calculul vitezei medii (V_m) se efectuează ca și în cazul măsurătorilor pentru determinarea debitului lichid (având suprafața epurei în cm^2 , iar adâncimea verticalei h în m).

Exemplu de calcul:

Scara vitezelor: $1\text{ cm} = 0.5\text{ m/s}$, iar scara adâncimilor: $1\text{ cm} = 0.2\text{ m}$.

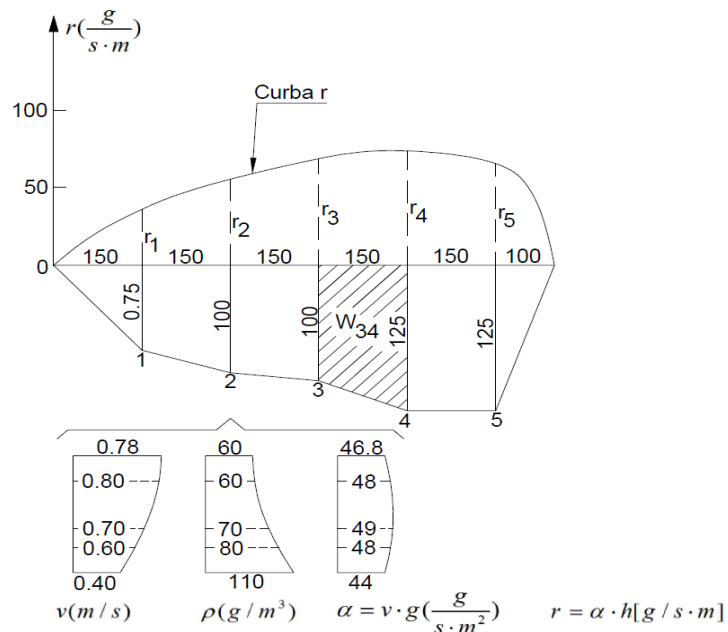


Figura 66. Schema de calcul al debitului de aluviuni în suspensie prin metoda grafo-mecanică

Prin planimetrare, suprafața rezultată a epurei a fost de 10 cm^2 pentru o adâncime a verticalei de $0.8h$. Viteza calculată va fi de:

$$V_m = \frac{1,0 \times 0,2 \times 0,5}{0,8} = 1,25 (m/s)$$

- calculul turbidității medii (ρ_m).

Exemplu de calcul:

La o scară a turbidității de 1 cm = 25 g/m³ și o scară a adâncimii de 1 cm = 0.2m, suprafață epurei rezultată la o prelevare de probe la 0.8 h, este de 8 cm².

Turbiditatea medie (ρ_m) reieșită din calcul este:

$$\rho_m = \frac{8,0 \times 0,2 \times 25}{0,8} = 50 \text{ (g/m}^3\text{)}$$

Calculul debitului mediu unitar de aluviuni în suspensie (α_{med}) rezultă din utilizarea valorilor din punctele standard cu aceleași formule folosite la calculul vitezei medii pe verticală. Valoarea debitului mediu unitar de aluviuni în suspensie (α_{med}), pentru toate verticalele de viteză se reprezintă pe graficul profilului albiei, iar prin punctele rezultate se trasează curba debitelor medii unitare de aluviuni pe toată lățimea râului.

$$\alpha_{med \text{ pe verticală}} = \frac{F\alpha}{h} \text{ (g/m}^3\text{/s)}.$$

unde:

F α - suprafața planimetrată

h - adâncimea apei

Apoi, pentru fiecare verticală se determină valoarea debitului elementar de aluviuni în suspensie (r), cu ajutorul relației:

$$r = \alpha_{med} \times h \text{ (g/s / m)}$$

unde:

r - cantitatea de aluviuni în suspensie (în g sau kg), care trece prin unitatea de lățime a râului (1 cm sau 1m), în unitatea de timp (s)

Valorile astfel calculate se înscriu în partea inferioară a oglinzii apei, iar prin punctele obținute se trasează pe toată lățimea râului epura debitului elementar de aluviuni în suspensie (r).

Epura obținută se planimetrează, iar valoarea obținută se va înmulți cu produsul scăriilor (debitul elementar și lățimea râului), rezultând debitul de aluviuni în suspensie R (kg/s).

5.3.2.3. Metoda grafo-analitică

Această metodă comportă aceleași operațiuni ca metoda grafo-mecanică, cu deosebirea că epura nu se planimetrează, ea se împarte în suprafețe, care sunt asimilate cu figuri geometrice (dreptunghi, triunghi sau trapez).

Turbiditatea medie a apei ρ_m pe întreaga secțiune a râului se determină prin împărțirea debitului de aluviuni în suspensie R (kg/s) la debitul de apă Q (m³/s).

$$\rho_m = \frac{R}{Q} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

5.3.2.4. Metoda de calcul al măsurătorilor de aluviuni în suspensie la „0.6 h”

Valorile rezultate din aceste măsurători se calculează numai prin metoda analitică. Deosebirea față de măsurătorile complete constă în faptul că se determină pentru fiecare verticală debitul mediu unitar la 0.6h.

$$\alpha_{0,6} = \rho_{0,6} \times V_{0,6}$$

Utilizând determinările la $0.6h$, se obține în final un debit de aluviuni $R_{0.6h}$, care, raportat la debitul de apă, permite determinarea unei turbidități medii pe secțiune $\rho_{0.6h}$.

$$\rho_{0.6} = \frac{R_{0.6h}}{Q}$$

Corelând turbiditățile medii pe secțiune, obținute de la măsurătorile complete cu cele calculate numai pe baza măsurătorilor de la $0.6h$ de la aceleași măsurători (grafic), se pot determina valorile turbidităților medii pe secțiune.

5.3.2.5. Metoda de calcul al măsurătorilor de aluviuni în suspensie la „suprafață”

Metodologia de lucru este aceeași ca și pentru calculul măsurătorilor la $0.6h$, determinând pentru fiecare verticală debitul mediu unitar la suprafață:

$$\alpha_s = \rho_s \times V_s$$

Folosind și în acest caz măsurătorile complete, turbiditățile rezultate se pot corela cu cele obținute de la suprafață ρ_s , determinându-se valoric turbiditățile medii pe secțiune.

5.3.2.6. Corectarea valorilor rezultate din măsurătorile de la „0.6h”, „suprafață” și a măsurătorilor simple

Corectarea valorilor rezultate din măsurătorile de la 0.6h și suprafață de aluviuni în suspensie

Corectarea se va face cu ajutorul graficelor de corelație între turbiditatea medie pe profil și turbiditatea medie a măsurătorilor de la $0.6h$ ($\rho_{m0.6h}$) și suprafață (ρ_{ms}), de unde rezultă un K (coeficient de corecție).

Produsul dintre acest coeficient și turbiditatea medie a măsurătorii de la $0.6h$ sau „suprafață”, reprezintă valoarea turbidității corectate:

$$\rho_m = K \times \rho_{m0.6h}$$

$$\rho_m = K \times \rho_{ms}$$

Corectarea valorilor rezultate din măsurătorile „simple” (unice) de aluviuni în suspensie

Procedeeul de corecție este asemănător cu cel prezentat anterior, dar cu mențiunea necesității reactualizării verticalei optime de recoltare a probelor (în special după tranzitul unor principale viituri pe sectorul de albie aferent secțiunii de măsurare).

Graficul de legătură dintre ρ_m și ρ_u , permite precizarea dependenței ρ_u de ρ_m , în conformitate cu relația:

$$\rho_m = K \times \rho_u$$

Această corelare dintre turbiditatea medie (ρ_m) pe secțiune și turbiditatea probei simple/unice (ρ_u) trebuie să fie suficient de strânsă ($0.80 < K < 1.20$), așa cum este prezentat în Figura 67.

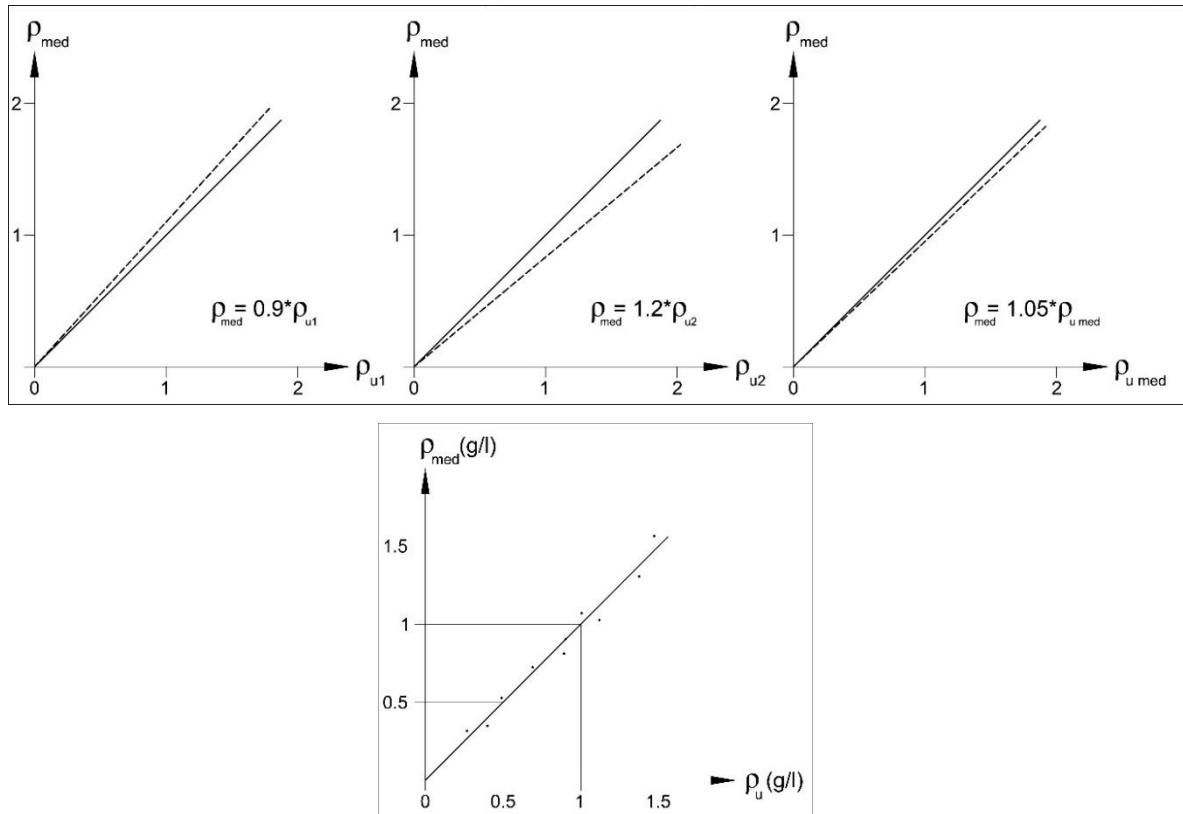


Figura 67. Legături corelative

5.4. Prelucrarea datelor pentru determinarea debitelor de aluviuni în suspensie (medii zilnice, lunare, anuale)

5.4.1. Materialele de bază

Materialele necesare prelucrării datelor pentru determinarea debitelor zilnice de aluviuni în suspensie provenite de la o stație hidrometrică sunt:

- măsurători „complete” de debite de aluviuni în suspensie;
- măsurători de aluviuni la „0,6h” și la „suprafață”;
- măsurători „simple” de aluviuni;
- debite medii zilnice de apă;
- cheia limnometrică tabelară;
- profile transversale ridicate în timpul anului în profilul stației hidrometrice.

Materialele folosite trebuie să fie în prealabil verificate și corectate.

Pentru prelucrarea datelor, se execută următoarele lucrări:

- completarea și verificarea centralizatoarelor tip;
- notarea măsurătorilor de aluviuni pe hidrograful debitelor lichide și numerotarea acestora;
- corectarea măsurătorilor de aluviuni „0.6h” „suprafață” și a măsurătorilor „simple” de aluviuni în suspensie;

- întocmirea relațiilor grafice și determinarea debitelor de aluviuni în suspensie medii zilnice;
- determinarea debitelor de aluviuni în suspensie: medii, maxime, minime, lunare și anuale;
- întocmirea fișei cu date de sinteză.

5.4.1.1. Completarea și verificarea centralizatoarelor tip

Astfel de fișe centralizatoare sunt tabelare și cuprind:

- centralizarea măsurătorilor de aluviuni în suspensie „complete” la „0.6h” și la „suprafață” și pentru corectarea măsurătorilor „simplificate” de aluviuni în suspensie (Tabelul 41);
- centralizarea măsurătorilor de aluviuni în suspensie (Tabelul 42).

Completarea tabelelor se realizează în etape, în funcție de operațiunile ce se fac în diferite faze ale prelucrării datelor.

Valorile turbidităților (g/l , g/m^3) și ale debitului solid (kg/s) se notează în tabele cu precizia de 0,001. Celelalte valori vor fi înscrise în tabele prin trei cifre semnificative.

Tabelul 41. Exemplu de tabel centralizator de aluviuni în suspensie complete, la 0,6h și la suprafață și pentru corectarea măsurătorilor simplificate de aluviuni în suspensie

Nr. Crt.	Data	Date referitoare la măsurătorile de debite de aluviuni în suspensie						Date referitoare la corectarea măsurătorilor						Date referitoare la aluviuni			Observatii				
		Prof. masuratoare H față de „p” _{trair}	Q (m ³ /s)	Ω (m ²)	R (kg/s)	Viteza medie (m/s)	Turbiditatea ρ (kg/m ³)		Abscisa verticalelor		Turbiditatea ρ (kg/m ³)		K. Simp.	La 0.6 h	La suprafata	Aparat de luare a probel		Abscisa verticala cu p max	Probe luate intr-un nr. de		
							Med.	Max.	Drept	Stang	Drept	Stang							Drept	Stang	ρ _{med} (kg/m ³)
5	14.I.	1	149	43.3	79.5	3.00	0.545	0.07	0.15	40		0.07		1.00			Batometru	40	8	28	
11	31.I.	1	120	28.0	68.8	1.96	0.407	0.07	0.12	40		0.06		1.00			Batometru	40	8	28	
17	27.II.	1	120	28.6	70.0	2.24	0.408	0.08	0.13	40		0.07		1.00			Batometru	32	8	28	
20	4.III.	1	186	60.0	95.3	7.20	0.630	0.12	0.19	40		0.12		1.00			Batometru	40	8	28	
37	4.V.	1	225	68.4	110	28.7	0.622	0.42	0.52	40		0.42		1.00			Batometru	12	9	29	
92	24.XI.	1	149	37.0	80.5	7.90	0.460	0.21	0.27	40		0.21		1.00			Batometru	24	8	28	
97	4.XII.	1	154	41.0	78.7	11.0	0.521	0.27	0.30	40		0.26		1.00			Batometru	32	8	28	

Verificarea centralizatorului cu măsurători de aluviuni în suspensie

Această activitate constă în:

- Verificarea măsurătorilor „complete” de aluviuni, care se face prin compararea turbidității medii obținută din calcul (turbiditatea medie reprezintă media ponderată a turbidității punctuale în funcție de viteza și suprafața aferentă), cu turbiditățile punctuale. Valoarea turbidității medii trebuie să fie cuprinsă între valorile turbidităților punctuale cu ponderea cea mai mare.
- Verificarea măsurătorilor de aluviuni la 0.6h și la „suprafață”. Aceste măsurători se verifică analog cu măsurătorile complete, comparând turbiditățile medii la 0.6h și la „suprafață”, cu turbiditățile punctuale corespunzătoare.
- Verificarea măsurătorilor „simple” de aluviuni. Verificarea se axează pe urmărirea transcrierii corecte a greutateii aluviunilor de pe plicuri și a calculului turbidităților pentru fiecare probă.

Tabelul 42. Exemplu de tabel centralizator al măsurătorilor simple de aluviuni în suspensie (măsurătorile complete se înscriu cu culoare roșie, iar măsurătorile simplificate cu culoare albastră)

Nr. crt.	Data (zz.ll.aa)	Cota H față de „0 miră” (cm)	Debit de apă Q (m ³ /s)	Abscisa verticalei (m)		Turbiditatea de suprafață ps (Kg/m ³)		Volumul probei (litri)		K simple		Turbiditate medie pe profil (kg/m ³)	Debitul solid R (kg/s)	Observații
				malul		malul		malul		malul				
				drept	stâng	drept	stâng	drept	stâng	drept	stâng			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	30.XII.2016	91	13.4	40		0.010		1.00		0.91		0.009	0.122	
1	04.I.2017	82	12.3	40		0.010		1.00		0.91		0.009	0.112	
2	11.I.2017	197	65.5	40		0.192		1.00		0.91		0.175	11.4	
3	12.I.2017	310	125	40		0.615		1.00		0.91		0.560	70.0	
4	13.I.2017	170	52.1	40		0.100		1.00		0.91		0.091	4.74	
6	17.I.2017	118	27.0	40		0.042		1.00		0.91		0.038	1.03	
7	20.I.2017	154	44.3	40		0.360		1.00		0.91		0.328	14.5	

Analiza concluziei datelor

Se va examina:

- Existența măsurătorilor pe ecartul propus, în special la ape mari și siguranța corelațiilor Q-R.
- Existența diferitelor lucrări amonte de stația hidrometrică, care pot modifica debitele solide pe anumite perioade.
- Precizia determinării debitelor lichide.

5.4.1.2. Notarea și numerotarea măsurătorilor de aluviuni pe hidrograf

Notarea măsurătorilor de aluviuni pe hidrograf folosește la analiza gradului de acoperire cu date a principalelor faze de regim hidrologic, desfășurate în timpul unui an, în vederea stabilirii legăturilor grafice de tipul $R = f(Q)$ sau $R = f(T)$.

După trasarea hidrografului, se trec măsurătorile de aluviuni la datele când au fost executate și cu valorile debitului de apă respectiv (nu se folosește debitul mediu zilnic).

După tipul lor, măsurătorile sunt prezentate pe hidrograf prin diferite culori astfel: măsurătorile complete prin puncte de culoare roșie, măsurătorile la „0,6h” și la „suprafață” prin puncte de culoare albastră, iar măsurătorile „simple” prin puncte de culoare neagră. Alături de punctul de reprezentare a măsurătorii se va trece numărul său de ordine.

Numerotarea tuturor măsurătorilor indiferent de tipul lor (complete, „0,6h”, „suprafață”, simple) se face în cifre arabe, în ordinea cronologică a executării lor. Dacă în aceeași zi au fost făcute două sau mai multe măsurători, acestea se vor nota cu aceeași cifră arabă, iar alături se vor trece indici literali (ex.38a, 38b, 38c).

Numărul de ordine cu care măsurătoarea este inscripționată pe hidrograf, trebuie să fie asemănător cu acela din tabelele centralizatoare și acela din graficele de analiză.

5.4.1.3. Metoda corelației $R = f(Q)$

Această metodă constă în determinarea debitelor de aluviuni în suspensie în funcție de debitele corespunzătoare de apă, cu ajutorul legăturilor grafice $R = f(Q)$, care se stabilesc pentru o anumită perioadă de timp.

Metoda se poate aplica pentru toate fazele scurgerii, dar în special pentru viituri și comportă următoarele operațiuni:

- Numerotarea viiturilor se face în ordinea lor cronologică. Fiecare viitură se notează cu litera „V”, însoțită de un indice numeric care reprezintă numărul de ordine al viiturii.

- Reprezentarea măsurătorilor pe graficul de corelație $R = f(Q)$: pe ordonată se înscriu debitele de apă, iar pe abscisă debitele de aluviuni în suspensie.

Pe graficul $R = f(Q)$, se vor reprezenta măsurătorile astfel: simple (unice) cu negru, „complete” cu roșu, simplificate (la „0,6h” sau „suprafață”) cu albastru. Măsurătorile vor fi notate cu numărul de ordine (din centralizator), iar cu o săgeată se va indica sensul de recoltare a probei, pe perioada de urcare sau de scădere a viiturii.

5.4.1.4. Metoda interpolării $R = f(T)$

În cazul în care, variabilitatea scurgerii aluviunilor în suspensie este moderată, sau mică pe perioade suficient de extinse în timp, determinarea valorică a acestui parametru hidrologic se realizează prin interpolare $R = f(T)$. Această interpolare se efectuează grafic, pe ordonată trecându-se debitele medii de aluviuni în suspensie, iar pe abscisă timpul. Punctele care marchează valoarea măsurătorilor pe grafic, se unesc între ele prin linie dreaptă, sau prin tendință.

5.4.2. Pașii metodologici pentru determinarea debitelor de aluviuni în suspensie medii zilnice

Obiectivul propus este axat într-o primă etapă pe selectarea tipurilor de legături corelative ce pot fi aplicate în funcție de regimul de curgere lichidă, implicit a celui solid prin secțiunea de măsurare (natural-influențat).

Astfel pentru primul tip de curgere (natural), cronologic, metodologia de prelucrare a fondului de date pornește cu hidrograful debitelor lichide $Q = f(T)$, în care sunt semnalate distinct măsurătorile complete, cele simplificate și cele simple (Figura 68).

Urmărind acest grafic, se individualizează cât mai corect principalele viituri din an (ziua de începere și terminare), limitele trebuind să fie conforme cu variația nivelurilor preluate din carnetele de nivel.

Pentru perioadele cu o variație moderată a scurgerii lichide, desfășurată între fazele de regim hidrologic minim și mediu, determinarea valorică a scurgerii solide în suspensie se va obține prin interpolare punctuală a relației $R = f(T)$.

Pentru perioadele corespunzătoare viiturilor (având în vedere deosebirea cantitativă a materialului aluvionar purtat de masa de apă pe cele două ramuri de creștere și scădere), este indicată trasarea legăturii corelative de tipul $R = f(Q)$.

Această legătură corelativă, funcție de numărul prelevărilor de probe de apă simple și a măsurătorilor complete care îmbracă întreaga viitură, va contura grafic o buclă, indicând cel mai corect cantitatea aluvionară tranzitată prin secțiunea stației hidrometrice (Figura 69a).

În privința sensului de trasare a buclei, aceasta va fi invers mersului acelor de ceasornic, cu individualizarea punctului de maxim a scurgerii solide în suspensie, care va marca un devans față de producerea maximului lichid.

Menționăm că schimbarea sensului de trasare este posibilă când în amonte se produce un al doilea vârf al scurgerii solide, după tranzitarea viiturii din bazin, generat de deversarea unui polder sau a unui lac de baraj, de prăbușirea pe sectoare extinse a unui mal sau a ambelor maluri ale văii, de prezența decalată în timp într-un subbazin apropiat stației hidrometrice a unui alt nucleu de ploaie, care va crea un nou transport lichid abundent cu un surplus solid etc (Figura 69b).

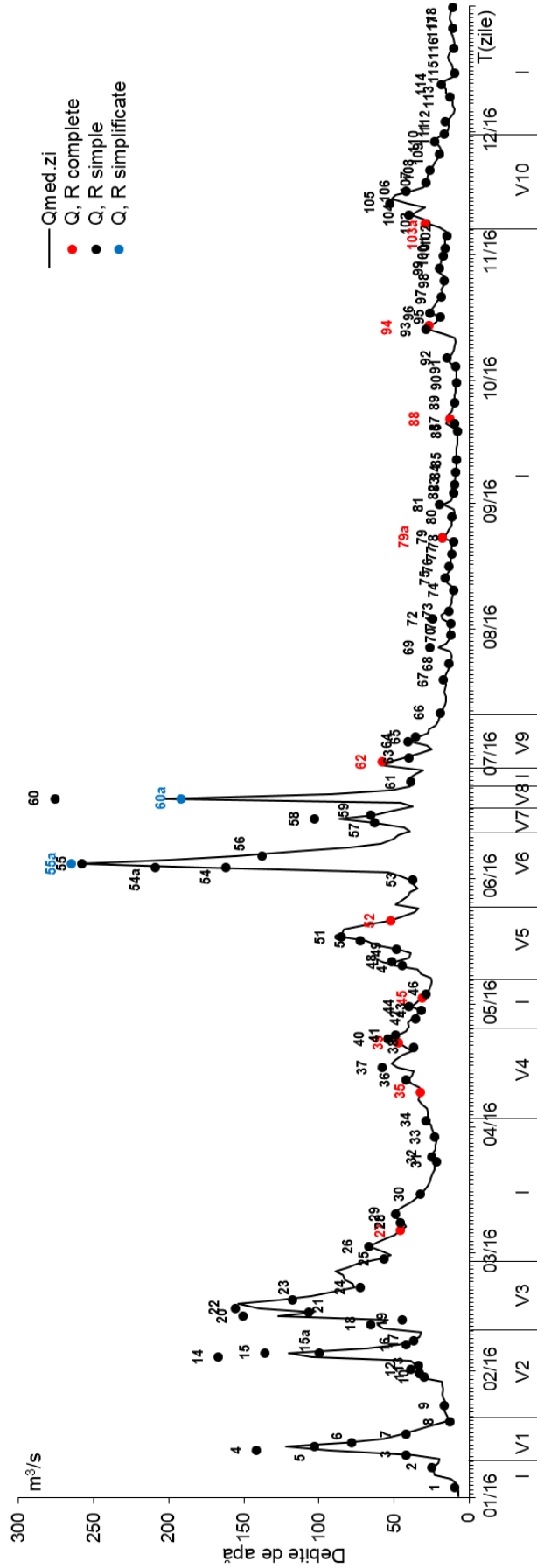


Figura 68. Exemplu de hidrograf al debitelor de apă cu măsurătorile de aluviuni în suspensie și delimitarea perioadelor în funcție de metoda de prelucrare: interpolare liniară $R = f(T)$ sau corelație cu debitele de apă $R = F(Q)$; Qmed.zi - debite medii zilnice; Q, R complete - măsurători de debite de apă și recoltare de probe pentru măsurători complete în suspensie; Q, R simple - măsurători de debite de apă și recoltare de probe pentru măsurători simple de aluviuni în suspensie; Q, R simplificate - măsurători de debite de apă și recoltare de probe pentru măsurători simplificate de aluviuni în suspensie

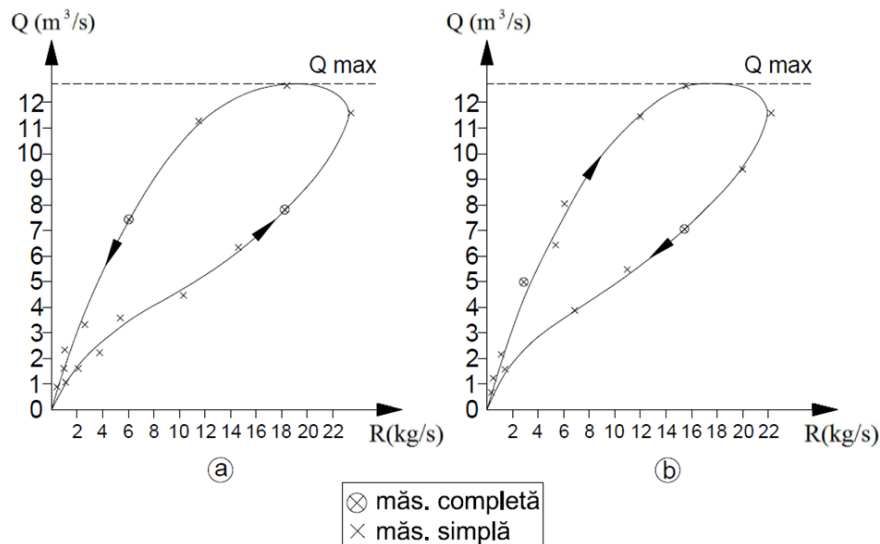


Figura 69. Sens admis de trasare a buclei, conform unui regim de curgere normal în zonă (a) și sens modificat de trasare a buclei impus de factori azonali, antropici (b)

Bucloa trasată în sensul invers acelor de ceasornic se numește buclă normală sau directă, iar buclă trasată în sensul acelor de ceasornic se numește buclă inversă. În privința acestui sens invers în trasarea buclei, (Figura 69b) hidrologul are obligația să explice modificarea sensului într-o notă explicativă atașată planșei sau să facă aceste precizări în caracterizarea materialului.

În cazul insuficienței măsurătorilor complete și simple de aluviuni în suspensie pe perioada viiturilor, se pot realiza legături corelative defectuoase cu repercusiuni în determinarea corectă a R_{med} zilnic.

Pentru diminuarea acestor lipsuri valorice din teren, metodologic, se vor prezenta o serie de proceduri:

- Pentru o viitură prinsă pe ambele ramuri cu valori rezultate din măsurători complete și simple, dar numai până la un anumit nivel, acoperirea intervalului de timp până la vârf se va obține prin prelungirea prin tendință a ultimilor valori punctuale de R corespunzătoare ramurii de creștere a viiturii până la ~ 90% din ecartul Q din corelație (limită ce conferă destul de veridic valoarea cea mai mare de R produsă în timpul viiturii), după care va urma configurarea părții superioare ce completează forma unei bucle, cu o extensie a sa cuprinsă între 25 - 35% din ecartul R din corelație, deoarece concentrația aluvionară s-a constatat că nu scade imediat după trecerea vârfului viiturii (Figura 70).

În cazul bazinelor hidrografice mici, unde viiturile se desfășoară pe un spațiu de timp foarte scurt, extensia procentuală a părții superioare a buclei pe maximul scurgerii lichide scade sub 20%. Menționăm că această metodologie este susținută de analiza a numeroase viituri solide din majoritatea bazinelor hidrografice din țară.

- Pentru o viitură prinsă cu măsurători similare cu cea descrisă anterior pe extensia scurgerii lichide, dar cu o variație a valorilor de R pe abscisă cuprinsă într-un ecart ce nu depășește 20%, se consideră mai corectă trasarea unei linii de dependență (Figura 71a), ce poate media valorile corelației.

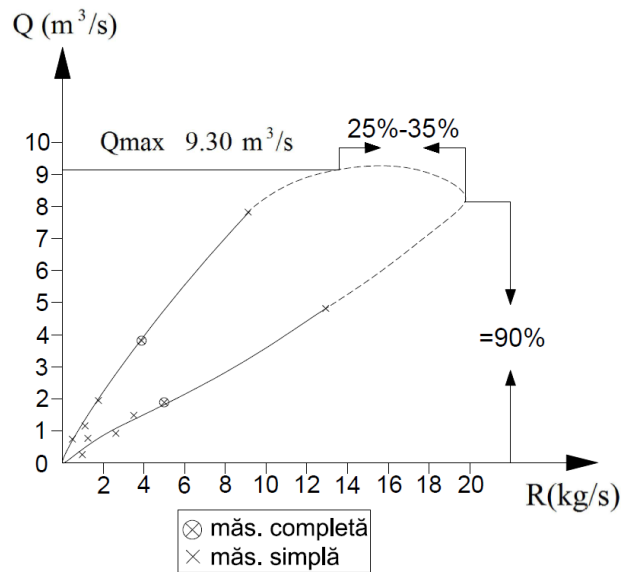


Figura 70. Trasarea părții superioare a unei bucle, în cazul lipsei măsurătorilor de aluviuni în suspensie

- În cazul existenței a încă unei valori de R apropiată sau poziționată chiar pe vârful scurgerii lichide (Figura 71b), este recomandată trasarea unei curbe, limitate evident de Q_{max} tranzitat prin secțiune.

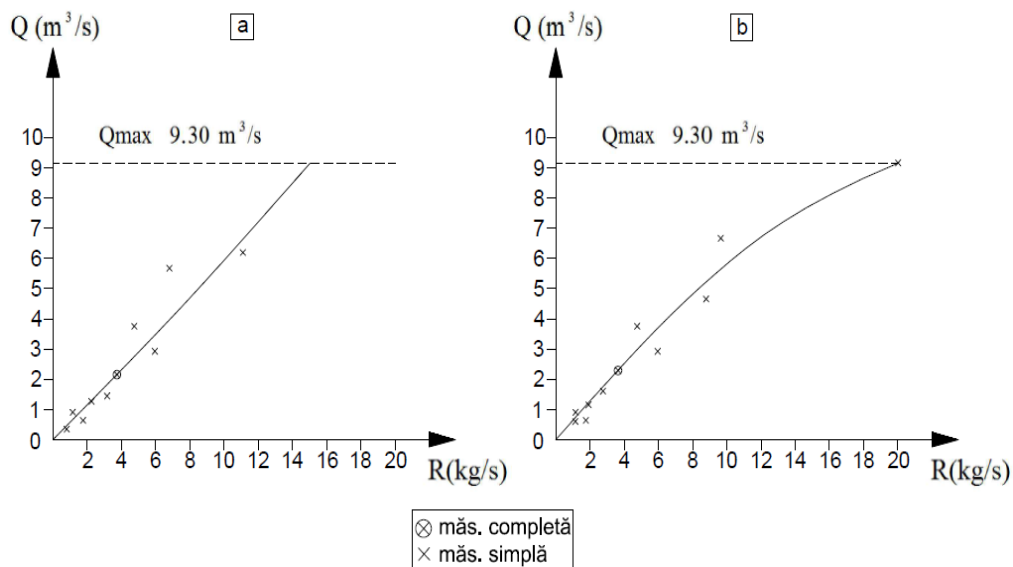


Figura 71. Variante (a și b) de trasare a corelațiilor $R = f(Q)$ la partea superioară în cazul lipsei măsurătorilor de R la ape mari

- Menționăm că acest mod de trasare corelativă va elimina seria de erori creată prin trasarea cu orice preț a unor bucle fără acoperire valorică.
- Pentru o viitură prinsă cu puține măsurători (complete sau simple) la partea sa inferioară (Figura 72), legătura corelativă $R = f(Q)$, va fi reprezentată printr-o singură dreaptă de dependență, ce va media puținele valori existente, cu o extindere a sa prin tendință până la intersecția cu limita Q_{max} tranzitat, renunțându-se categoric la trasarea unei bucle.

Alăturat acestor cazuri, care corespund unui regim hidrologic dinamic, în sudul țării există râuri (cu bazine relativ mici) unde curgerea lichidă pe perioade mari de timp din an (cu preponderență vara), este foarte scăzută, cu un caracter predominant constant, iar oscilațiile mai evidente sunt impuse numai de schimbări substanțiale ale regimului hidro-climatic în zonă (Figura 73).

În această situație, metodica determinării R med zilnice, va cuprinde pentru perioadele cu eventuale viituri bine statuate (V_1, V_2, \dots), legături corelative de tipul $R = f(Q)$, reprezentate printr-o: buclă, curbă sau dreaptă de dependență, funcție de, acoperirea cu măsurători complete și simple a întregii viituri, iar pentru restul spațiului de timp în care oscilațiile valorice ale scurgerii lichide sunt minore (de ordinul zecilor de litri), se recomandă interpolarea $R = f(T)$.

Tuturor acestor propuneri metodologice li se mai adăugă câteva precizări referitoare la trasarea legăturii corelative $R = f(Q)$.

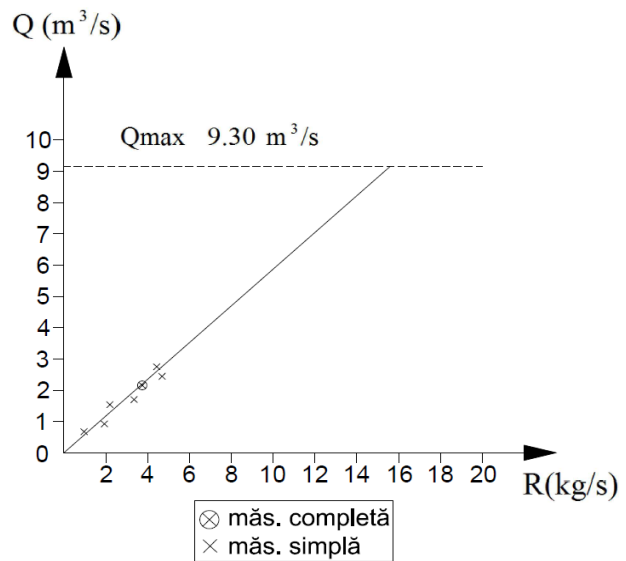


Figura 72. Varianta optimă de trasare a corelației $R = f(Q)$, când se dispune de măsurători puține, rezultate la ape mici

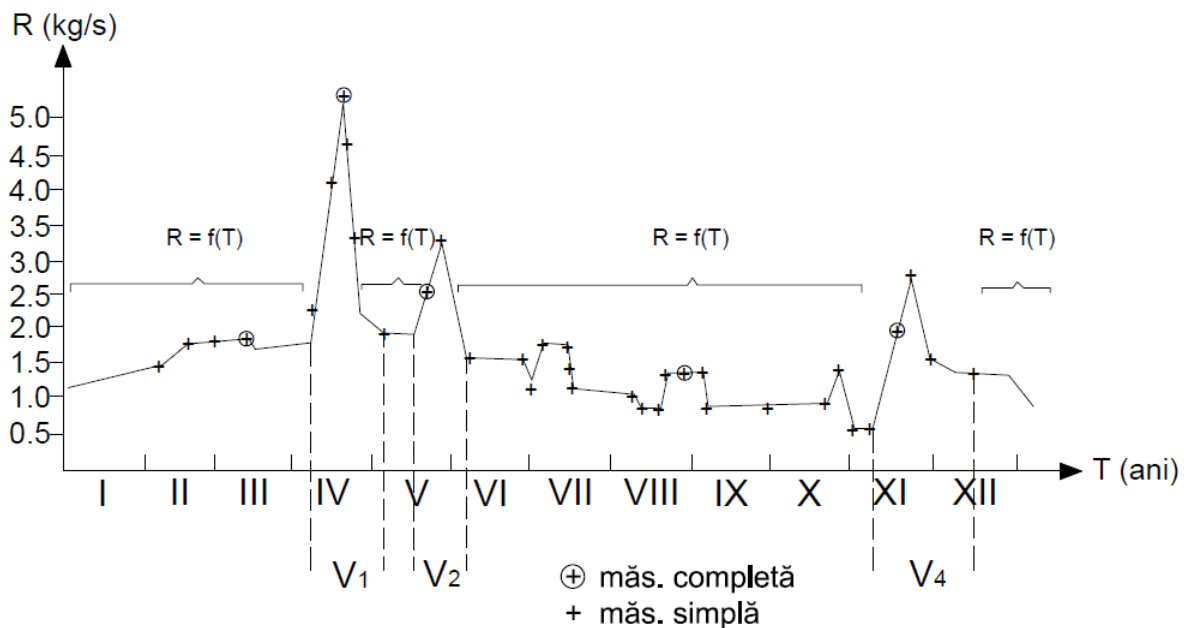


Figura 73. Analiza hidrografului $R = f(T)$, în alegerea soluțiilor optime de determinare a $R_{med.zilnic}$, în cazul desfășurării unui regim hidrologic moderat spre deficitar

Astfel:

- Se preferă anularea valorilor care nu se încadrează în logica derulării fazelor de creștere sau scădere a unei viituri în special când diferența valorică de R este contrastantă pe un palier îngust al debitului de apă (Figura 74a).
- Se poate anula o valoare rezultată dintr-o măsurătoare completă, care se abate substanțial de un grup de valori corespunzătoare măsurătorilor simple (care au în schimb o

concentrație punctuală și o desfășurare conformă tranzitului lichid și solid prin secțiunea stației hidrometrice), rezultate în totalitate într-un spațiu relativ mic de timp (Figura 74b).

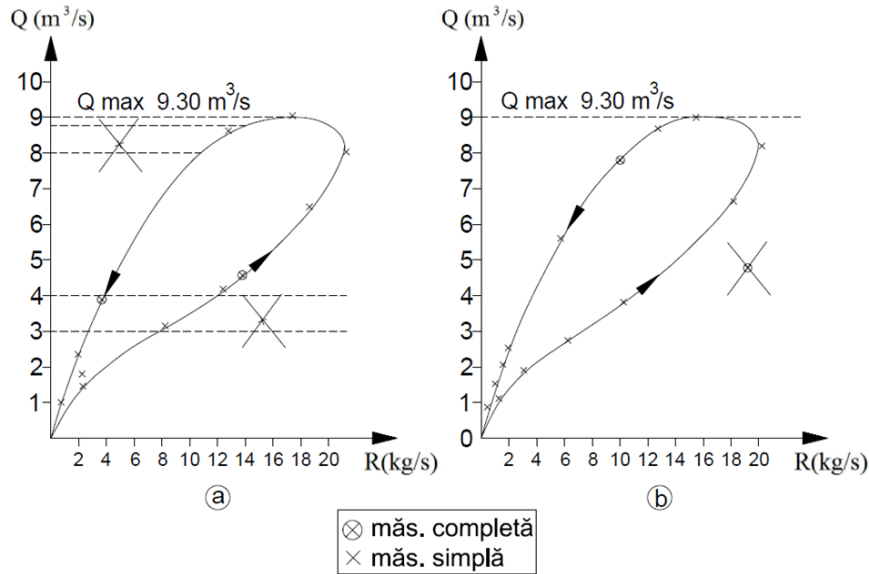


Figura 74. Situații diferite (a) și (b) cu posibilități de anulare a măsurătorilor de debite de aluviuni în suspensie complete sau simplificate

- Se va evita intersectarea segmentelor corespunzătoare ramurii de creștere cu cea a ramurii de scădere (Figura 75), prin faptul că valorile cantitative rezultate la finele apelor mari sunt cu prioritate mai mici. (Situatie firească, deoarece concentrația de aluviuni alohtonă se reduce drastic, prin diminuarea forței de transport a debitelor de apă tot mai scăzute spre terminarea viiturii).

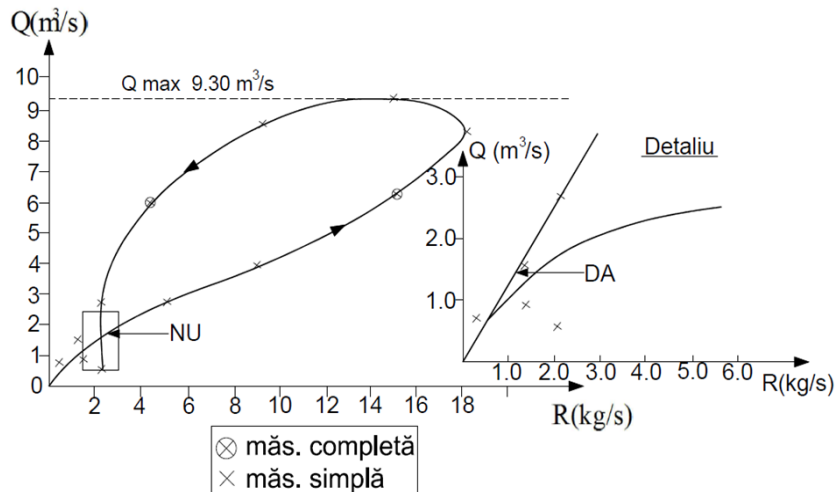


Figura 75. Mod de trasare corectă a părții inferioare a legăturii $R = f(Q)$, tip buclă

În acest sens. se preferă la partea inferioară a corelației o unire a celor două segmente, eliminându-se acele valori de R cu abateri mult mai mari în dreapta corelației, care nu reflectă realitatea fenomenului.

Referitor la determinarea debitului solid în suspensie în condițiile unei scurgeri lichide pulsatorii (regim hidrologic puternic influențat), impuse de prezența în amonte a unor lacuri de

acumulare, poldere, aducțiuni, etc, metodologia prelucrărilor va fi modificată, prevăzând utilizarea legăturilor corelative de tipul $R = f(Q)$ pe perioade distincte conforme cu tipul de regim de curgere prioritar (intens modificat, sau cu geneză bazinală). În acest sens, din hidrograful scurgerii solide în suspensie $R = f(T_{\text{anual}})$, se vor selecta separat spațiile de timp ($SpT_1 \dots SpT_n$), unde sunt vizibile intervențiile antropice în regimul scurgerii (turbinări, deversări, goliri de fund), de acelea care evidențiază viituri cu geneză prioritar bazinală (Figura 76).

În detaliu, pentru perioadele de timp cu regim de curgere influențat, modul de exploatare a construcțiilor hidrotehnice din amonte, (cu oscilații diurne, uneori brutale), ce inerent modifică cantitativ și aluviunile tranzitate, impune trasarea mai multor corelații de tipul $R = f(Q)$, pentru a determina cât mai corect variabilitatea acestui parametru.

Astfel, la o primă corelație $R = f(Q)$, finalizarea sa (ca perioadă de timp), va depinde de valoarea care se abate substanțial din grupul de valori corelativ.

Acea valoare va fi transferată la a doua corelație $R = f(Q)$, corelație care se va definitiva ca perioadă de timp, când una din valorile incluse se va abate (detaliul din Figura 76). Această metodă de reprezentare grafică va fi repetată, atât timp când regimul de curgere este afectat constant.

Pe perioada desfășurării unor viituri cu geneză bazinală, reprezentările grafice (tot de tipul $R = f(Q)$), pot figura inclusiv bucle rezultate dintr-un număr suficient de valori, care acoperă în întregime ramurile de creștere și scădere ale viiturii. Această metodologie de prelucrare se consideră ca fiind cea mai realistă, deoarece la un regim de curgere extrem de variabil (unde este imposibilă derularea unui program eficient de măsurare) este singura posibilitate de a cuprinde în totalitate ecartul de evoluție a acestui parametru hidrologic.

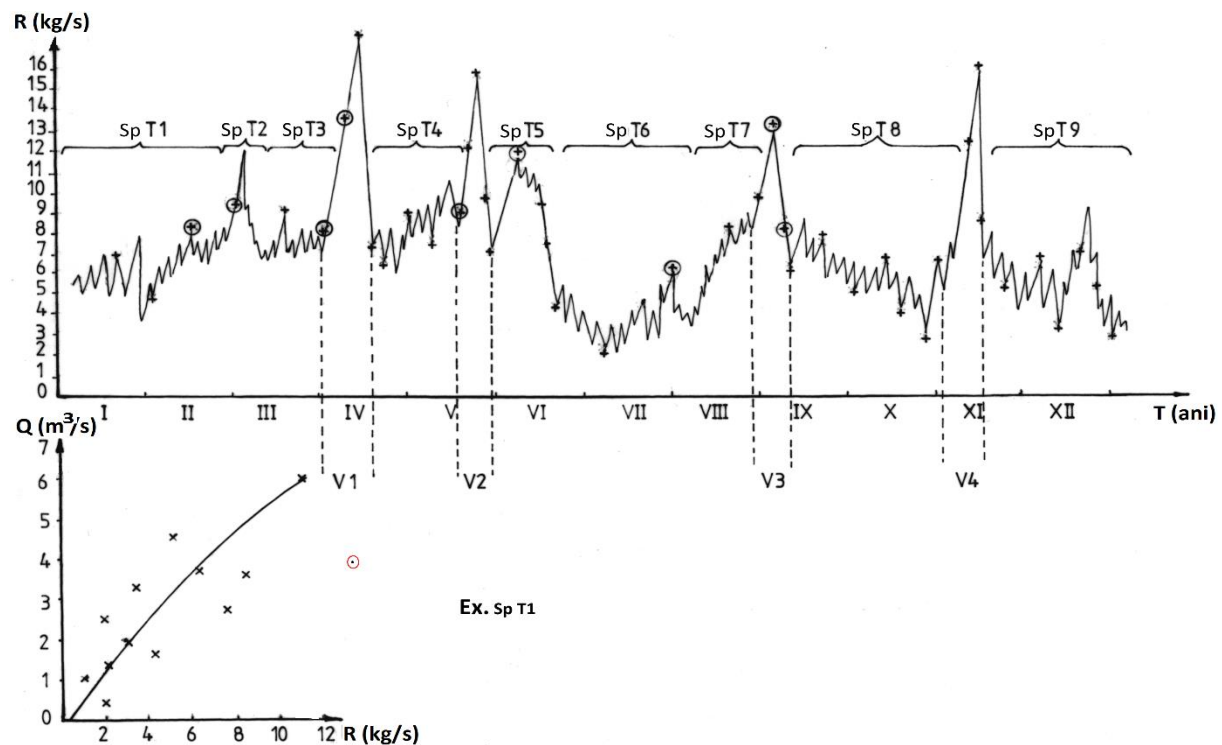


Figura 76. Analiza hidrografului $R = f(T)$ caracteristic unui regim hidrologic puternic influențat, în alegerea soluțiilor optime de determinare a $R_{\text{med zilnic}}$ (a) și detaliu $R = f(Q)$, în care perioada de timp analizată este întreruptă de prima valoare cu abatere vizibilă din grup (b)

Legătura corelativă $R_{\text{med lunar}} = f(Q_{\text{med lunar}})$

Odată realizată (prin una din metodele detaliate anterior), determinarea $R_{\text{mediu zilnic}}$ și ulterior a $R_{\text{mediu lunar}}$ în secțiunea de măsurare, este utilă verificarea întregii evoluții a scurgerii solide pe timpul unui an, prin trasarea legăturii corelative $R_{\text{mediu lunar}} = f(Q_{\text{mediu lunar}})$. Abaterile grosolane ale unor valori, care în mod normal nu concordă cu evoluția unei faze sezoniere de regim hidrologic, vor fi reanalizate pornind de la modul de obținere a datelor primare, concludența valorilor și terminând cu metodologia de prelucrare.

În Figura 77 este dat un exemplu, unde grupările valorice respectă principalele faze de regim hidrologic care se derulează în timpul unui an.

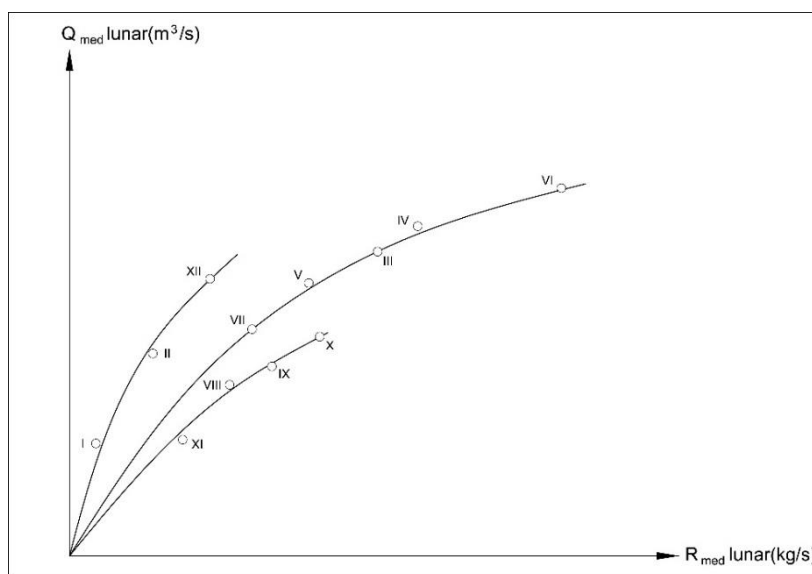


Figura 77. Grafic de corelație $R_{\text{med. lunar}} = f(Q_{\text{med. lunar}})$

5.5. Determinarea debitelor de aluviuni în suspensie medii, minime și maxime lunare și anuale

Determinarea debitelor medii lunare de aluviuni în suspensie se face prin însumarea debitelor zilnice din cursul unei luni și împărțirea sumei la numărul zilelor din luna respectivă.

La determinarea debitelor maxime lunare de aluviuni în suspensie se întâlnesc următoarele cazuri (Tabelul 43):

- Dacă în luna respectivă legătura dintre R-Q este sub forma unei curbe unice debitul maxim de aluviuni în suspensie corespunde debitului maxim de apă.
- Dacă în luna respectivă legătura dintre R-Q se prezintă sub forma mai multor curbe unice, debitul maxim lunar de aluviuni se va alege astfel:
 - se vor stabili debitele maxime instantanee de apă în fiecare perioadă de valabilitate a curbelor Q – R din luna respectivă și se vor determina debitele corespunzătoare de aluviuni în suspensie;
 - se va alege cel mai mare debit de aluviuni în suspensie dintre cele determinate.

Tabelul 43. Exemplu de fișă cu valori ale debitelor de aluviuni în suspensie medii zilnice, lunare, anuale și caracteristice lunare și anuale

FIȘA CU VALORI ALE DEBITELOR DE ALUVIUNI ÎN SUSPENSIE MEDII ZILNICE ȘI CARACTERISTICE LUNARE ȘI ANUALE

Lună Zi	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	1.43	38.2	9.55	2.17	7.52	46.1	4.42	4.43	6.08	0.452	1.18	1.14
2	1.82	33.5	4.17	2.31	2.63	69.9	2.22	3.51	3.39	0.508	1.55	1.45
3	2.2	41.1	3.77	2.22	2.43	349	14.2	18.7	0.694	0.563	1.29	1.76
4	5.4	285	3.36	2.16	1.74	347	47.3	11.1	0.608	0.619	1.04	1.79
5	8.61	138	2.98	2.24	1.45	189	31.9	3.56	0.521	1.58	0.790	1.82
6	11.8	35.0	2.57	2.73	1.30	111	13.7	3.18	0.493	2.55	0.791	1.84
7	15.0	15.9	2.52	3.58	1.43	31.8	11.6	2.80	0.465	4.36	0.898	1.87
8	18.2	11.2	2.48	3.07	3.80	17.4	6.90	2.42	0.437	6.16	1.72	1.90
9	16.1	8.42	4.30	3.25	5.63	13.2	5.35	2.04	0.406	7.96	1.92	1.93
10	16.0	8.19	6.13	3.25	21.7	10.3	4.74	1.66	0.375	9.78	20.7	1.88
11	30.6	46.1	5.02	9.57	21.2	6.00	4.51	2.03	0.344	11.6	9.00	1.83
12	17.1	48.0	3.90	12.8	10.3	8.28	4.45	2.41	0.334	13.4	1.80	1.78
13	15.2	38.2	2.79	10.4	9.00	20.2	4.39	2.78	0.323	15.2	28.3	1.74
14	55.2	220	1.67	7.37	23.2	37.5	4.33	2.41	0.313	2.32	76.2	1.69
15	31.2	141	0.559	22.2	44.6	19.9	4.28	2.05	0.302	2.80	63.3	1.64
16	21.5	278	0.530	27.7	56.7	12.0	4.22	1.68	0.292	3.29	23.0	1.69
17	15.7	385	0.501	24.1	80.8	4.80	4.16	1.42	0.281	19.7	2.77	1.74
18	10.4	213	0.472	18.0	81.3	9.49	4.09	1.16	0.271	15.3	1.49	1.79
19	4.2	132	0.443	9.38	44.5	9.73	4.04	0.905	0.736	10.9	1.49	1.84
20	3.49	91.4	0.414	7.01	20.3	422	3.88	0.926	1.2	6.49	1.36	1.89
21	4.27	44.7	0.385	5.50	5.74	160	3.71	0.948	0.542	2.09	1.17	1.94
22	5.2	48.2	0.356	19.2	4.05	56.3	3.54	0.969	0.544	2.11	1.04	2.24
23	4.3	62.0	0.327	11.2	2.87	20.8	3.38	5.98	0.546	2.13	0.986	2.55
24	4.75	65.5	3.43	11.9	2.67	12.5	6.48	5.06	0.548	2.15	0.934	2.85
25	6.32	83.2	3.08	12.6	55.4	27.3	9.59	4.03	0.55	2.17	0.887	3.16
26	7.11	56.9	2.74	13.2	45.4	11.4	12.7	2.99	0.519	8.21	0.870	3.46
27	6.2	40.7	2.39	13.9	32.3	8.00	15.8	1.95	0.488	14.3	0.888	3.24
28	6.63	20.3	2.04	9.38	28.7	17.3	12.6	0.916	0.457	20.3	0.986	3.03
29	6.89	14.9	1.7	4.85	10.9	19.3	9.44	3.53	0.427	14.2	0.934	2.81
30	32.7		2.79	12.4	22.9	7.95	6.26	6.15	0.396	8.13	0.828	2.6
31	35.9		3.88		27.8		5.34	8.77		2.05		2.38
Suma	712	2644	81.2	290	680	2327	274	113	22.9	213	250	65.3
Media	23.0	94.4	2.62	9.65	21.9	77.6	8.82	3.63	0.763	6.88	8.34	2.11
Maxima	382	528	9.55	35.9	82.5	1125	54.0	18.7	6.08	20.3	85.0	3.46
Data	12	4	1	15	19	20	4	3	1	28	13(2)	26
Minima	1.43	7.41	0.327	2.16	1.3	1.32	1.00	0.905	0.271	0.452	0.777	1.14
Data	1	9,10	23	3-5	6,7	19	2	19	18	1	6	1
Media anuală					21.6							
Maxima anuală		1125		Data		20 VI						
Minima anuală		0.271		Data		18 IX						

- Dacă în luna respectivă legătura dintre R – Q se prezintă sub formă de bucle, debitul maxim lunar de aluviuni în suspensie corespunde tangentei duse în punctul extrem al buclei paralelă cu ordonata. Ca dată a debitului maxim lunar, în acest caz se ia ziua cu valoarea medie cea mai mare din perioada de valabilitate a buclei.

- Dacă în luna respectivă s-a folosit metoda interpolării $p_m = f(T)$, debitul maxim lunar de aluviuni se calculează făcând produsul dintre debitul maxim de apă și turbiditatea medie (p_m) din ziua respectivă. Ca dată a maximei lunare se alege ziua cu valoarea medie cea mai mare a debitului de aluviuni în suspensie.

- Valorile minime lunare ale debitelor de aluviuni în suspensie se aleg astfel:

- în cazul în care s-a folosit metoda interpolării (R-T), debitul minim lunar de aluviuni se stabilește ca fiind valoarea măsurată a debitului minim de aluviuni în suspensie;

- dacă legătura dintre R-Q se prezintă sub formă de buclă sau este liniară, valoarea minimă a debitului de aluviuni în suspensie se extrage din corelațiile grafice R-Q.

- Debitul mediu anual de aluviuni în suspensie se determină prin media aritmetică a celor 12 medii lunare. Dacă una din aceste medii lipsește și corelația dintre debitele medii lunare de apă și de aluviuni în suspensie este foarte slabă, nu se determină debitul mediu anual de aluviuni. În cazul unei corelații relativ strânse se va extrage din această corelație debitul mediu lunar care lipsește și se va calcula debitul mediu anual.

5.6. Debite de aluviuni târâte

Debitele de aluviuni târâte (de fund) se pot determina cu ajutorul batometrelor tip capcană sau prin metoda volumetrică, rezultată din analiza depunerilor în lacurile de baraj.

Stabilirea debitelor de aluviuni târâte cu ajutorul acestui aparat este laborioasă și se poate realiza, în general, la râurile unde patul albiei este nisipos și cu pietriș relativ mic (2 → 60 mm). În cazul pietrișului mai mare, prundișului și chiar al bolovănișului, posibilitatea de evaluare se va putea realiza numai prin determinări volumetrice, utilizând metoda repetitivității ridicărilor topografice.

5.6.1. Metodele pentru determinarea cantității, tipului și ponderii fracțiilor granulometrice

Metoda standard este aceea a cernerii probelor uscate, ce se aplică pentru determinarea compoziției granulometrice a sedimentelor fără coeziune (nisipuri, pietrișuri) și constă în separarea prin intermediul unui set de site cu diametre succesive ale ochiurilor de la 50 mm la 0.063 mm a granulelor de diverse dimensiuni.

Această metodă este detaliată în capitolul 5.10.

Rezultatele obținute în urma cernerii probelor uscate se înscriu într-un formular de analiză (Tabelul 44):

În coloana 1 se trece în ordine descrescătoare diametrul ochiurilor sitelor întrebuițate „d” în mm, după care urmează indicația „pe talger”. Sitele trebuie alese așa încât raportul dimensiunilor ochiurilor a două site consecutive să fie 1,5-2.

Tabelul 44. Formular de analiză pentru determinarea ponderii fracțiilor granulometrice

Diametrul particulelor <i>d</i> (mm)	Cantitatea rămasă pe sită		% din cantitatea totală (Gt) având Ø mai mic decât <i>d</i>
	Gr.	%	
1	2	3	4
Pe talger			
Suma			
Pierdere prin cernere în gr.			
Pierdere prin cernere în %			

În coloana 2 se înscrie, în dreptul fiecărei site greutatea (în grame) de material rămas pe sita respectivă.

În coloana 3 se trece procentul de material rămas pe sita respectivă, calculat față de greutatea totală a materialului (G_i).

În coloana 4 se înscrie procentul de greutate a materialului cu dimensiuni mai mici decât dimensiunea ochiurilor sitei respective, scăzând din 100 procentul înscris în coloana 3 pentru prima sită. Din diferența obținută se scade procentul aflat pentru sita imediat următoare și așa mai departe. Cantitatea de aluviuni rămase pe talger (deci cu $d < 0.063$ mm) servește ca material pentru analizele granulometrice prin metoda sedimentării.

O altă metodologie care se utilizează în special pentru determinarea cantitativă a scurgerii solide târâte, este aceea a **procedului volumetric**, care constă în curgerea apei din probă și introducerea aluviunilor într-un cilindru gradat pentru determinarea volumului lor W (cm^3) și apoi a greutății probei P (g), folosind un cântar electronic. Următoarea etapă de lucru se axează pe determinarea greutății specifice a aluviunilor γ (g/cm^3), ce se poate obține fie în laborator, fie prin consultarea tabelelor cu acest parametru din literatura de specialitate.

În acest sens, având și greutatea specifică a aluviunilor, greutatea „P” pentru calculele viitoare va rezulta din relația:

$$P = \gamma \times W$$

Ex. pentru pietriș mic $\gamma = 1,5 \text{ g}/\text{cm}^3$

Cunoscând în fiecare verticală greutatea „P”, timpul de recoltare „T” și lățimea „b” prin care s-a efectuat recoltarea, se va determina debitul elementar de aluviuni târâte (de fund „g”).

5.6.2. Metode de determinare valorică a debitelor de aluviuni târâte

Calculul măsurătorilor de debite de aluviuni târâte se face (ca și în cazul debitelor lichide) prin metoda analitică și grafo-mecanică.

În detaliu, calculul pornește de la cunoașterea debitului elementar (g), care reprezintă cantitatea de aluviuni care trece în unitatea de timp (T) prin lățimea parțială (b) – lățimea de intrare a batometrului. Relația de calcul este:

$$g = \frac{P}{b \times T} \text{ (g/s} \times \text{m)}$$

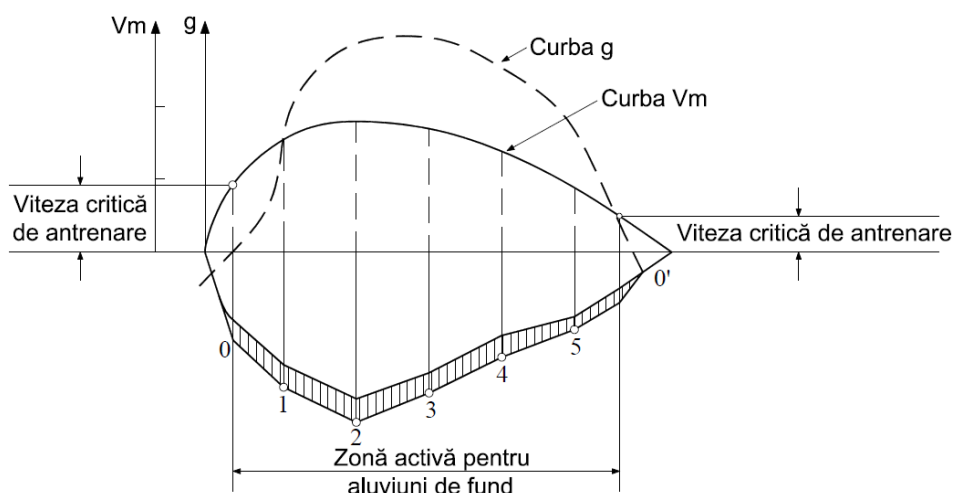


Figura 78. Schema de calcul a debitului de aluviuni târâte prin metoda grafo-mecanică

Prin planimetrarea suprafeței curbei „g”, valoarea obținută se înmulțește cu produsul scării, determinându-se debitul total de aluviuni târâte. Având în vedere variabilitatea diametrelor sedimentelor aflate în tranzit și a vitezei de deplasare a masei de apă pe un sector de analiză, este necesar a se cunoaște care sunt vitezele critice de antrenare a aluviunilor, funcție de mărimea fracției granulometrice și de adâncimea apei (Tabelul 46).

Tabelul 46. Viteze critice de antrenare (m/s)

Natura terenului	Dimensiunea particulelor (mm)	Adâncimea verticalei			
		0.4 m	1.0 m	2.0 m	3.0 m
Praf și argilă	0,005-0,05	0,12-0,17	0,15-0,21	0,17-0,24	0,19-0,26
Nisip fin	0,005-0,25	0,17-0,27	0,21-0,32	0,24-0,37	0,26-0,40
Nisip mijlociu	0,25-1,00	0,27-0,47	0,32-0,57	0,37-0,67	0,40-0,70
Nisip mare	1,1 - 2,5	0,47-0,53	0,57-0,65	0,65-0,75	0,70-0,80
Pietriș mărunț	2,5 - 5,0	0,53-0,65	0,65-0,80	0,75-0,90	0,80-0,95
Pietriș mijlociu	5,0 - 10	0,65-0,80	0,80-1,0	0,90-1,10	0,95-1,20
Pietriș mare	10 - 15	0,80-0,95	1,0-1,2	1,1-1,3	1,2-1,4
Prundiș mic	15 - 25	0,95-1,20	1,2-1,4	1,3-1,6	1,4-1,8
Prundiș mijlociu	25 - 40	1,2-1,5	1,4-1,8	1,6-2,1	1,8-2,2
Prundiș mare	40 - 75	1,5-2,0	1,8-2,4	2,1-2,8	2,2-3,0
Bolovani mici	75 - 100	2,0-2,3	2,4-2,8	2,8-3,2	3,0-3,4
Bolovani mijlocii	100 - 150	2,3-2,8	2,8-3,4	3,2-3,9	3,4-4,2
Bolovani mari	150 - 200	2,8-3,2	3,4-3,9	3,9-4,5	4,2-4,9
Blocuri	200	3,2	3,9	4,5	4,9

5.6.3. Determinarea debitelor de aluviuni târâte medii zilnice, lunare și anuale

Pe baza datelor centralizate (Q,R,G) se trasează corelații de tipul $G = f(Q)$ și/sau $G/R = f(Q)$ (Figura 79).

De la un anumit debit (Q_c), funcție de mărimea fracției granulometrice, începe transportul sedimentelor de fund.

În detaliu, acest parametru hidrologic se va determina astfel:

1) Debitul medii zilnice de aluviuni târâte se pot calcula prin:

- metoda relațiilor grafice și tabelare $G = f(Q)$, $G/R = f(Q)$, folosind valorile debitelor medii zilnice ale debitelor lichide (Q) și ale aluviunilor în suspensie (R);

- metoda interpolării directe a debitului funcție de timp, se utilizează în cazul când frecvența măsurătorilor este destul de mare, pentru a acoperi într-un an aproape toate variațiile scurgerii lichide și solide în zona de analiză.

2) Debitul medii lunare se stabilesc utilizând valorile medii zilnice din luna respectivă.

3) Debitul mediu anual reprezintă media aritmetică a celor 12 valori medii lunare.

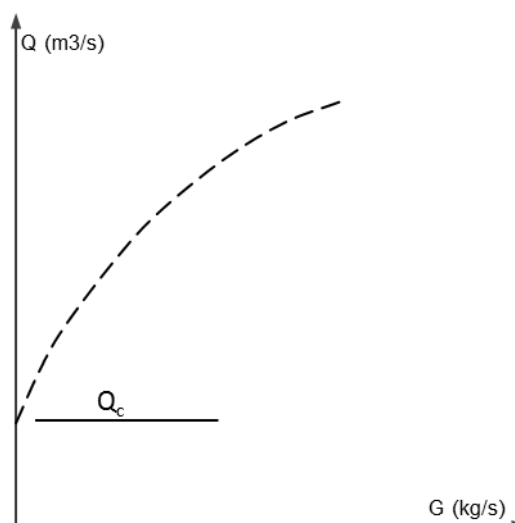


Figura 79. Tipul de corelație $G = f(Q)$

5.6.4. Determinarea debitelor de aluviuni grosiere (târâte), prin urmărirea colmatării lacurilor de acumulare

Cuveta unui lac de acumulare, în fapt, reprezintă o importantă capcană de reținere a aluviunilor aflate în tranzit. Pentru evaluarea cantitativă numai a sedimentelor grosiere, care evident se opresc în totalitate în perimetrul cuvetei, etapele metodologice sunt următoarele:

- Se stabilește programul hidrometric amonte și aval de acumulare:
 - măsurători constante de aluviuni în suspensie amonte și aval de acumulare;
 - un bilanț al scurgerii solide afluate (cu luarea în considerare și a restului de bazin, stația hidrometrică – intrarea în lac) – defluente prin acumulare;
 - batimetrie cât mai recentă, pentru determinarea aluviunilor totale (suspensii și târâte) depuse în cuvetă.
- Se determină volumul mediu multianual de aluviuni în suspensie afluent (R_a) și defluent (R_d), precum și volumul sedimentelor totale (suspensii și târâte) depuse în cuvetă (W_D), evaluarea cantitativă a aluviunilor târâte va rezulta din relația:

$$W_G = W_D - \frac{W_R}{T}$$

unde:

W_G - cantitatea medie multianuală de aluviuni grosiere intrată în acumulare în perioada pentru care s-a determinat volumul de aluviuni sedimentat (tone)

W_R - diferența dintre cantitatea medie multianuală (pentru aceeași perioadă) de aluviuni în suspensie afluate și defluente (tone)

T – perioada de timp (ani)

W_D - cantitatea de aluviuni depusă în acumulare, determinată cu relația:

$$W_D(\text{tone}) = W_D(\text{m}^3) * \gamma_V(\text{t/m}^3)$$

unde:

γ_v - greutatea volumetrică a aluviunilor din depozitele submerse

În lipsa unor determinări directe ale „ γ_v ” se pot utiliza datele din Tabelul 47.

Tabelul 47. Greutatea volumetrică a aluviunilor din depozitele submerse

Material	d(mm)	(t/m ³)	Observații
Argilă	0,001-0,002	0,4-0,7	Limita minimă corespunde unor depozite cu exces de materiale organice
Prafuri	0,002-0,02	0,7-0,8	
Nisipuri făinoase	0,2 - 0,1	1,0-1,1	
Nisipuri mijlocii	0,1 - 0,5	1,0-1,1	
Nisipuri grosiere	0,5 - 2,0	1,1-1,5	
Pietrișuri	> 2,0	>1,5	

5.7. Determinarea scurgerii solide totale într-un bazin hidrografic, cu torenți amenajați

Amenajarea torenților se realizează prin construirea în lungul acestora a unor baraje (Figura 80), cu scop de diminuare a procesului de eroziune regresivă a versantului (stingere a torenților). Aceste baraje creează în spatele lor acumulări nepermanente de capacitate mică (Figura 81).

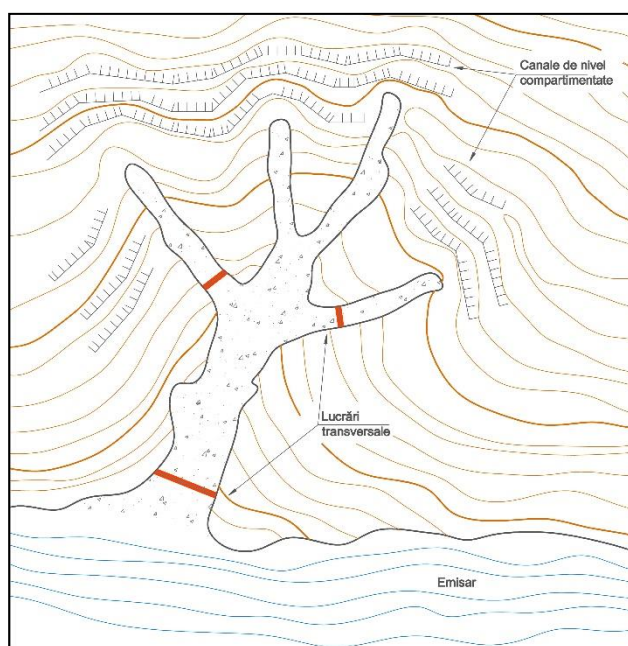


Figura 80. Torenț supus unor diverse lucrări hidrotehnice, pentru diminuarea eroziunii regresive a versantului

Rolul barajului de stingere a torenților este de a reduce vitezele de curgere pe versanți și de a reduce cantitatea de material aluvionar care ar ajunge în albia râurilor.



Figura 81. Baraj filtrant cu rol de stingere a proceselor erozive specifice unui torent

Aceste baraje rețin în prima perioadă după construcție, în special material aluvionar grosier (târât), dar și material aluvionar în suspensie, rezultat prin decantare. În cazul barajelor filtrante, aluviunile în suspensie sunt mai ușor tranzitate spre aval și reținute fracțiile granulometrice cu diametre mult mai mari.

În cazul barajelor cu barbacane, reținerea celor două componente ale scurgerii solide este procentual aproximativ egală până în momentul aterisării totale a spațiului din amonte. Odată aterisate spațiile din spatele barajelor, funcția acestor amenajări dispăre, instalându-se un tranzit total de curgere lichidă și solidă pe sectorul respectiv, unde prioritatea granulometriei sedimentelor este coordonată de fazele de regim hidrologic desfășurate în zonă.

O departajare volumetrică corectă a celor două componente solide (suspensii - târâte), depuse în spatele acestor baraje, se poate realiza numai prin măsurători efectuate în amonte pentru unul dintre acești parametri hidrologici.

În acest sens, pentru cunoașterea volumelor de aluviuni desprinse de pe arealele cu torenți și tranzitate spre rețeaua hidrografică, sunt necesare următoarele activități:

- inventarierea torenților, cu ajutorul personalului stațiilor și serviciilor hidrologice (pot fi preluate informații și de la ocoalele silvice din zonele de analiză);
- pe teren se va localiza torentul și elementele caracteristice de încadrare în zonă;
- se alege și se marchează profilele prevăzute pentru măsurători topografice la fiecare torent luat în analiză;
- se vor efectua ridicări topografice pentru determinarea volumelor active a fiecărui torent. Pentru comparare, este necesară o ridicare inițială, iar pentru evaluarea în timp a gradului de aterisare, trebuie prevăzută o repetitivitate a acestor măsurători topografice, în special după producerea unor viituri importante în zonă.

5.7.1. Metoda de calcul al volumelor și al debitelor de aluviuni (totale)

Operațiile de calcul sunt următoarele:

- se determină greutatea volumetrică γ (t/m^3) a aluviunilor, fie pe baza măsurătorilor directe, fie prin preluarea din literatura de specialitate a valorilor specifice granulometrilor existente în zona de analiză;
- se calculează volumul de material aluvionar aterisat (W_{at}) între două ridicări succesive, prin înmulțirea sa cu greutatea volumetrică (γ (t/m^3)) a sedimentelor prioritare depuse în spatele barajului de stingere a torentului.

Pentru a se determina debitul aluviunilor totale (suspensii + târâte), care au tranzitat sectorul torentului amenajat (cu baraj de retenție), în perioada dintre două ridicări succesive, modalitatea de calcul este următoarea:

$$R + G(kg/s) = \frac{1000 \times W_{at}(t)}{86400 (s) \times nr \text{ zile}}$$

unde:

nr. zile - perioada dintre două ridicări succesive

O altă metodologie de determinare a volumelor aterisate (W_{at}), este prezentată alături de o schiță (Figura 82a și b), care permite vizualizarea pas cu pas, a parametrilor care sunt incluși în acest calcul.

Modalitatea de calcul pentru determinarea volumului depus în spatele barajului de stingere a torentului este următoarea:

- a) Se planimetrează arealul depunerilor din spatele barajului F (m^2);
- b) Se determină grosimea medie a depunerilor din spatele barajului:

$$g = \frac{F}{l_b}$$

unde:

- g - grosimea medie a depunerilor din spatele barajului
- F - arealul depunerilor din spatele barajului
- l_b - lățimea depunerilor din spatele barajului

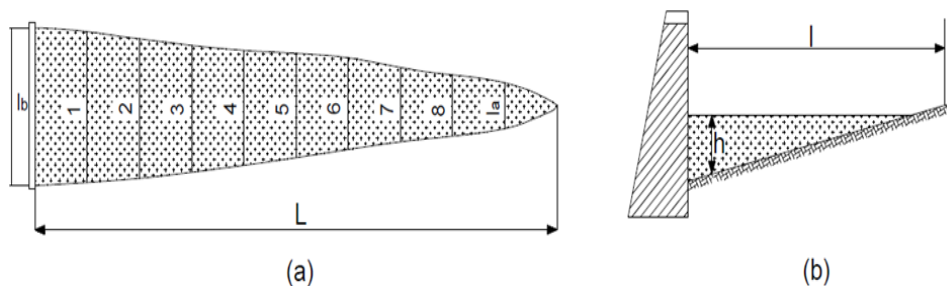


Figura 82. Conturul torentului cu elementele morfometrice pentru calcul (a) și privire laterală a incintei din spatele barajului (b)

- c) Se determină suprafața prismului cu depuneri S (m^2):

$$S = \frac{g \times L}{2}$$

unde: L - lungimea depunerilor din spatele barajului

d) Se calculează volumul depus ($W \text{ m}^3$).

$$W = \frac{1}{3} \times S(a + 2l_b)$$

unde:

l_a - lățimea depunerilor la intrarea în incinta prevăzută pentru aterisare

l_b - lățimea depunerilor din spatele barajului

Volumul calculat se va adăuga într-un tabel, cu alți parametri hidrologici și morfometrici caracteristici torentului amenajat, aflat sub analiză (Tabelul 48).

Tabelul 48. Parametri hidrologici și morfometrici caracteristici unui torent amenajat

1	Suprafața bazinului de recepție	(ha)
2	Altitudinea medie a bazinului de recepție	(m)
3	Lungimea talvegului principal al sectorului de torent barat	(m)
4	Înălțimea secțiunii barajului	(m)
5	Debitul mediu de apă pe durata de calcul a aterisamentelor (măsurat amonte - aval)	(m^3)
6	Volumul depozitelor aterisate	(t)
7	Granulometria medie a aluviunilor din albia liberă aflată la capătul amonte al torentului	(mm)
8	Granulometria medie a aluviunilor din aterisamente	(mm)

5.8. Determinarea scurgerii solide totale într-un bazin hidrografic, cu torenți neamenajați (naturali)

În cazul existenței unor torenți naturali (organisme torențiale), în cadrul unor bazine hidrografice, modalitatea de determinare volumetrică /debite solide totale, se poate obține tot prin ridicări topografice succesive, iar calculul este asemănător cu cel expus în cazul anterior.

5.9. Determinarea tipului și ponderii aluviunilor din patul albiei

Analiza depozitelor de albie oferă posibilitatea estimării modificărilor morfometrice ale albiei (în plan orizontal și vertical), impuse de variabilitatea aportului de sedimente alohtone, cu diferite diametre, evaluări ale fracțiilor granulometrice componente depozitelor de sedimente pe care este grefată o albie, estimări ale tendinței mobilității unei albie, funcție de predominanța tipului de material aluvionar, coeziv (pietriș, prundiș, bolovăniș), sau necoeziv (argilă, praf, nisip), prezent pe diferite sectoare de râu, analizei variabilității gradului de rugozitate pe o albie de râu, funcție de ponderea mărimii diametrelor sedimentelor cantonate în pat și maluri etc.

5.9.1. Colectarea probelor pentru analiza granulometrică a aluviunilor din patul albiei

Prelevarea de probe se efectuează în două medii diferite: imers și emers. Astfel, pentru primul mediu se va utiliza o dragă de fund (Figura 83) iar pentru al doilea o lopată, mistrie sau cancioc.

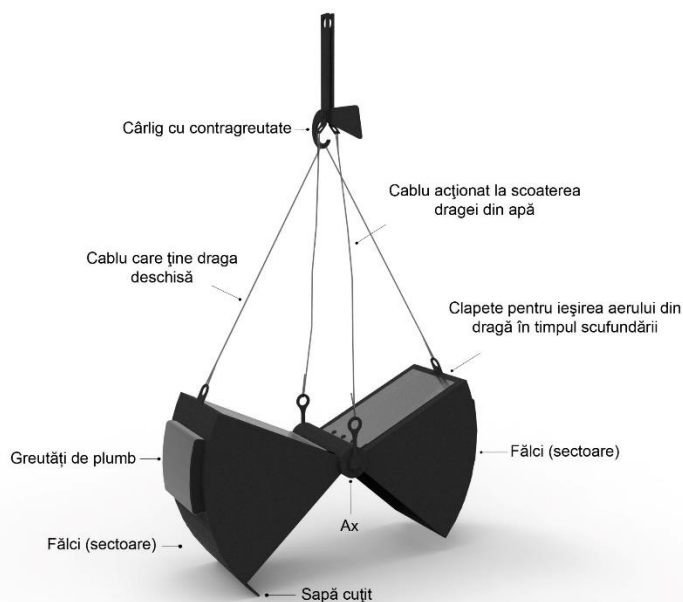


Figura 83. Dragă de fund (în poziție de introducere în apă)

5.9.2. Modul de recoltare

Operația de recoltare se poate face prin colectarea de probe medii sau probe punctuale din secțiunea selectată.

Astfel, probele medii reliefează caracterele medii dimensionale globale ale particulelor sedimentarului din patul albiei.

De exemplu, analiza granulometrică a unei probe medii luate din puncte arbitrar selectate, unde predomină argila în alternanță cu nisipul, va evidenția o distribuție granulometrică argilo – nisipoasă, ignorând existența și a altor sedimente cu granulometrii diferite aflate în acea secțiune de recoltare.

În acest sens, o astfel de recoltare de probe este mai puțin uzitată.

Probele punctuale umăresc reprezentarea proporțională a tipurilor de sedimente clasice existente pe extensia secțiunii, recoltarea efectuându-se prin selectarea sedimentelor reprezentative.

Pornind de la aceste considerente, s-a creat o standardizare (preluată din literatura de specialitate și adaptată de Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor la condițiile țării noastre) a numărului de puncte în secțiunea selectată, pentru recoltarea probelor, funcție de lățimea albiei minore, implicit a albiei majore, în ideea prinderii cât mai exacte a tipurilor de fracții granulometrice existente în stratul epidermic al depozitelor din zonă, aflate evident într-o dinamică activă.

Menționăm că pentru o analiză detaliată a depozitelor de albie prelevarea se poate realiza fie pe proba de suprafață, reprezentată numai de stratul de pavaj hidraulic a cărei grosime este egală cu diametrul celui mai mare galet, fie pe proba de subsuprafață ce reprezintă materialul aflat sub stratul de pavaj hidraulic, sau pe o probă globală ce reprezintă însumarea celor două prelevări, din stratul de pavaj hidraulic și cel de dedesubt (Figura 84).



Figura 84. Dispunerea depozitelor de pavaj și subpavaj în albia unui râu

În cele ce urmează este prezentată o astfel de standardizare a punctelor de prelevare.

Albia minoră - parte din albia unei văi, prin care curg apele la niveluri mici și medii (Tabelul 49).

Albie majoră - parte din albia unei văi, peste care se revarsă apele mari, la ieșirea lor din albia minoră (Tabelul 49).

Tabelul 49. Puncte standard de prelevare a probelor în albia minoră și în albia majoră

ALBIA MINORA

Lățime albie (m)	Nr. probe	Punctul de recoltare
0 - 5.0	1	În sectorul aferent talvegului.
5.0 - 20	3	La ~ 2m de maluri și în sectorul aferent talvegului.
20 - 50	3	La ~ 5m de maluri și în sectorul aferent talvegului.
50 - 100	4	La 10 ; 40 , 60 , 90 m de unul din maluri.
100 - 150	5	La 10 , 50 , 75 , 100 , 140 m de unul din maluri.
150 - 300	6	La 1, 70 , 130 , 170 , 230 , 290 m de unul din maluri.

ALBIA MAJORA

Latimea albiei majore corespunzătoare fiecărui mal (m)	Nr. probe	Punctul de recoltare
0 - 25	1	La aproximativ jumătatea distanței.
25 - 50	2	La aproximativ 5 - 8m de capetele extensiei albiei majore corespunzătoare fiecărui mal.
50 - 100	3	La 10 , 50 , 90m de albia minoră pentru fiecare mal.
100 - 200	4	La 10 , 80 , 120 , 190m de albia minoră pentru fiecare mal.

În cazul albiilor majore cu lățimi de peste 200 m, pentru o analiză cu caracter mediu de importanță, sunt necesare maximum 6 probe prelevate la distanțe aproximativ egale, ținând cont ca primul punct de recoltare să fie cât mai apropiat de albia minoră (5-10 m).

Dacă versanții sunt abrupti și delimitează exact albia (albia minoră), precum și în zonele unde albia are caracter încâtușat (cu maluri abrupte și fără existența unei albie majore), evident nu se vor face prelevări de probe.

5.9.3. Mărimea probelor

Volumul probelor recoltate pentru analiza granulometrică depinde de granulația materialului prelevat și de sortarea acestuia.

Pentru desfășurarea corectă a analizei este necesar să se recolteze o cantitate de material în care să fie reprezentate în mod proporțional toate categoriile dimensionale de particule.

Proba colectată trebuie să însumeze material pentru analiza propriu-zisă și o probă martor.

Pe măsură ce sedimentul este mai grosier, volumul probei tinde să satisfacă necesitățile unei singure analize, datorită dificultăților de a transporta și depozita probe cu volum mare.

Ținând cont de aceste deziderate, cantitățile de probe recoltate punctual se pot încadra între:

- 1000-1500 g pentru sedimente constituite predominant din argilă, praf și nisip mediu (0.001 – 0.5 mm);
- 2000-2500 g pentru sedimente constituite predominant din praf mare, nisip și pietriș mic (0.005 – 5 mm);
- 3000-4000 g pentru sedimente constituite predominant din nisip, pietriș și prundiș (0.02 – 100 mm).

Galeții de dimensiuni mai mari de 100 mm, în linii generale sunt apreciați procentual și dimensionați pe teren.

5.9.4. Prepararea probelor pentru analiza granulometrică

Într-o primă etapă de lucru, materialul recoltat trebuie omogenizat pentru a reprezenta cu certitudine un eșantion real al depozitelor studiate.

A doua etapă de lucru va consta în separarea multiplă a probei, care se realizează prin adunarea sedimentelor sub forma unei grămezi și împărțirea acesteia în sferturi (Figura 85).

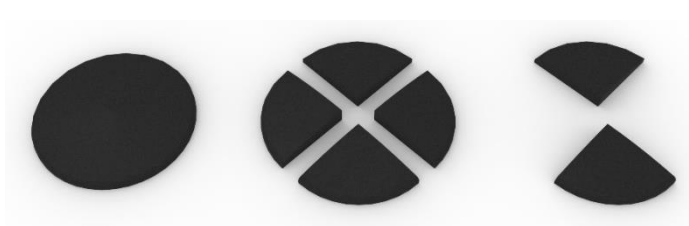


Figura 85. Împărțirea prin sfertuire

Din împărțirea efectuată se rețin două sferturi opuse, celelalte două fiind reținute ca probă martor și de control. Dacă sferturile reținute reprezintă totuși prea mult material pentru analiză, ele se recombina și apoi se repetă sfertuirea.

5.9.5. Metode de analiză granulometrică

După modul în care se măsoară mărimea granulelor, metodele granulometrice se împart în două categorii:

- metode care determină dimensiunile fizice ale granulelor – metoda sitării, analiza în secțiune, măsurarea directă a galeților;
- metode care determină dimensiunile dinamice (hidraulice) ale granulelor – analiza cu tuburi de sedimentare și balanțe de sedimentare, pipetarea, densimetria.

Trebuie menționat că analizele granulometrice se grupează și după gradul de detaliu realizat:

- analize granulometrice cu grad ridicat de detaliu (care indică distribuția dimensională pe clase granulometrice), utilizate pentru cercetări științifice;
- analize cu grad redus de detaliu, care prezintă toată sau aproape toată distribuția granulometrică, dar în clase de dimensiuni mari;
- analize granulometrice sumare (informative), care indică numai conținutul de pietriș, nisip, praf și argilă.

5.9.5.1. Granulometria nisipului și pietrișului mic, determinată prin sitare uscată

Sitarea materialului granular în stare uscată a fost și este o metodă foarte larg utilizată. Acest procedeu de analiză granulometrică se aplică în special nisipurilor, folosindu-se parțial și la analiza pietrișurilor de dimensiuni mici: 2 mm – 10 mm.

Aparatura pentru sitare

Dotarea existentă actualmente pentru determinarea tipului și ponderii acestor fracții granulometrice la nivelul stațiilor hidrologice din țară constă în mașini de sitat produse de firma **Retsch** din Germania, **modelul AS 200**. Aceste aparate cuprind un set de 21 site cu dimensiunea ochiurilor sitei cuprins între 0.063 mm și 5 mm (13 site au dimensiuni ale ochiurilor mai mici de 1 mm) și un vas receptor, toate prinse cu un sistem de bare pe un platou cu rol de vibrație.

Setul de site este compus din site care se așează unele peste altele, în ordinea descrescătoare mărimii ochiurilor (sita cu ochiurile cele mai mari fiind prima la partea superioară a setului). Sub sita bazală cea mai fină, se plasează vasul receptor.

Funcție de mărimea granulelor sedimentelor recoltate, se pot utiliza un număr mai mic de site, dar niciodată numai una singură.

Timpul și cantitatea de aluviuni necesară analizei prin sitare

Timpul de sitare, după majoritatea specialiștilor, trebuie să fie de aproximativ 5-10 minute.

Acest spațiu de timp stabilit este argumentat prin necesitatea evitării spargerii granulelor la o agitare prelungită. De asemenea un timp de sitare foarte lung poate duce la forțarea trecerii prin sită a granulelor cu dimensiuni similare cu mărimea ochiului sitei.

Referitor la cantitatea de material ce va fi sitat, după experiența multor specialiști, sarcina maximă admisă constă dintr-un strat cu o grosime de două până la patru ori diametrul granulelor recoltate.

Desfășurarea analizei prin sitare uscată

Sitarea uscată se efectuează în special când proba este dominant nisipoasă sau nisipoasă – pietroasă (pietriș mic) și nu se mai face separarea de praf și argilă. În acest caz analiza are un caracter macrogranulometric.

În cele ce urmează, se descriu principalele etape de lucru:

- după sfertuirea probei, se selecționează conform mărimii granulelor sedimentelor recoltate, sitele care vor fi utilizate;
- se controlează ordinea de dispunere a sitelor;
- în prima sită de la partea superioară a setului se introduce proba supusă analizei;
- se assemblează întregul set cu vasul de colectare la platanul vibratorului, inclusiv capacul;
- se pune în funcțiune întregul aparat, pe durata de timp stabilită;
- la terminarea sitării, materialul rămas în fiecare sită este cântărit, iar greutatea va fi înscrisă într-o fișă a analizei prezentată în studiul privind granulometria.

Menționăm că sitarea trebuie completată cu observații vizuale, evidențiindu-se cantitatea aproximativă de: fragmente vegetale, cochilii, mice, etc, existentă în fiecare fracțiune. Rezultatele observațiilor se înscriu la rubrica de observații a fișei de analiză.

În cazul când fracția fină (praf, argilă) este în proporții asemănătoare cu nisipul și pietrișul mic rezultat din recoltare, se procedează într-o primă etapă a analizei la o sitare uscată, din care rezultă îndepărtarea pietrișului, iar pentru separarea nisipului de materialul fin se trece la procedeul unei sitări umede simple pe o sită cu ochiuri de 0.063 mm. Pentru realizarea acestei separări, se utilizează sita mai sus enunțată, care se plasează pe o pâlnie din sticlă, metalică sau plastic, ce la rândul ei este poziționată pe un cilindru cu rol de sedimentare.

5.9.5.2. Granulometria pietrișului mare (prundiș)

Analiza pietrișurilor mari (10 mm – 100 mm) se efectuează prin metode mai puțin standardizate. Astfel, datorită elementelor mari și ale formelor deosebite ale galeților, aparatura necesară pentru analiza granulometrică este rar produsă la scară comercială.

Din acest motiv, cei interesați trebuie să se îngrijească de confecționarea sau procurarea mijloacelor necesare analizei. Aceste mijloace constau din: site (a) și șabloane cu ochiuri pătrate (b), în ciururi cu orificii circulare (c) sau măsurarea directă a galeților cu șublerul ori cu rigla (Figura 86).

Sitele și șabloanele vor fi utilizate pentru analize mai puțin detaliate, cu referire la cunoașterea diametrelor pietrișului mare (prundiș), a căror dimensiuni se încadrează în ecartul 10 mm – 50 mm. Pentru galeți mai mari de 50 mm, măsurarea se va efectua la teren (se utilizează șublerul, centimetru, rigla).

În cazul unei investigații detaliate, materialul caracteristic probelor de pietriș va fi fracționat prin separări multiple, pe cale umedă. Această separare se va face pentru evitarea pierderii materialului fin (praf, argilă, nisip fin), prins de galeți.

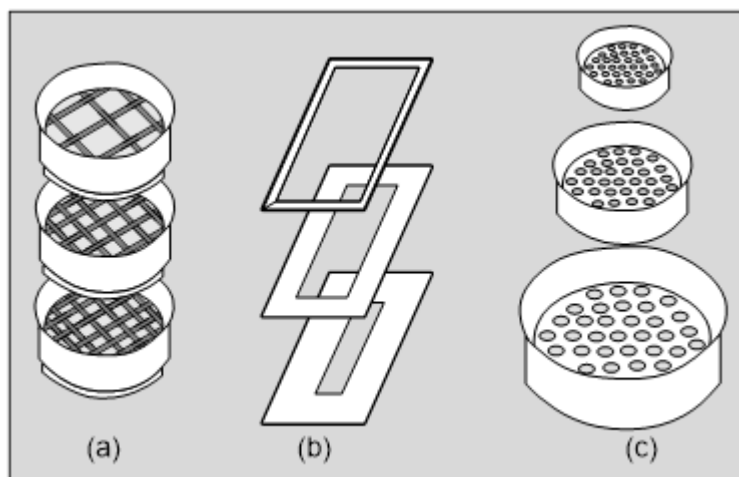


Figura 86. Tipuri de site și șabloane

5.9.5.3. Metode cu caracter informativ de determinare a tipului și ponderii fracțiilor granulometrice

Pe râurile cu ape limpezi (în zone montane, sau pe perioade când conținutul cu încărcătura de aluviuni este moderată), se pot efectua determinări granulometrice ale patului albiei într-un mod rapid, dar evident cu caracter informativ, folosind una din metodele uzitate de specialiști: metoda areală și metoda liniară.

Prima metodă constă în aprecierea fracțiilor granulometrice existente și a ponderii lor în cadrul unei suprafețe delimitate – un pătrat de 1 m/1 m (Figura 87a).

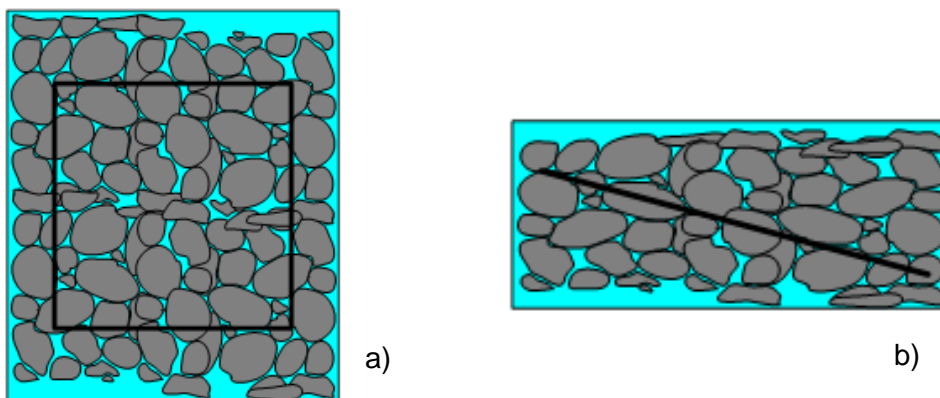


Figura 87. Metoda areală (a) și metoda liniară (b)

A doua metodă se axează pe aprecierea granulometriei sedimentelor din patul albiei intersectate de o linie, materializată prin fixarea unui jalon de 1m în perimetru cu o desfășurare reprezentativă granulometric (Figura 87b).

Aceste metode pot fi utilizate și în albiile majore lipsite de vegetație și cu sedimente ieșite la zi.



Prin cernerea materialului rezultat din probele colectate, se obțin clase granulometrice care sunt grupate în cinci trepte de dimensiuni (conform scării granulometrice Wentworth), descrise în următorii termeni:

- argilă + praf ($< 0,063$ mm);
- nisip (între 0,063 mm și 2 mm);
- pietriș (între 2 mm și 64 mm);
- bolovăniș (între 64 mm și 256 mm);
- blocuri (peste 256 mm).

Valorile procentuale obținute pot sta la baza unor prelucrări ulterioare privind tipul de distribuție, tendințele de grupare în lungul râului, matrici de corelație, evaluarea modalității distribuțiilor.

CAPITOLUL 6. CONȚINUTUL STUDIILOR HIDROMETRICE ANUALE

Activitatea hidrometrică desfășurată la stațiile hidrometrice se finalizează anual prin întocmirea de către stațiile și serviciile hidrologice a următoarelor categorii de studii:

1. Studiu hidrometric pentru stații de râuri.
2. Studiu hidrometric pentru captări și restituții de apă.
3. Studiu hidrometric pentru secțiuni „satelit”.
4. Studiu hidrometric pentru torenți.
5. Studiu hidrometric pentru izvoare.
6. Studiu hidrometric privind granulometria aluviunilor.
7. Studiu hidrometric pentru bazinul hidrografic.
8. Studii hidrometrice la folosințe.

În funcție de activitatea de la stațiile hidrometrice, unele din studiile menționate pot lipsi sau pot exista studii cu caracter deosebit (având diferite termene de predare în cursul anului) cum sunt: determinări asupra transportului solid pe versanți, mobilitatea albiilor pe anumite sectoare, analiza datelor asupra stratului de zăpadă, analiza de bilanț pe sectoare de râu cu probleme specifice etc.

Un loc aparte ca importanță îl ocupă și studiul pentru determinarea debitelor de aluviuni târâte prin urmărirea colmatării acumulărilor, studiu care se întinde de regulă pe mai mulți ani.

Fiecare fișă din studiu va purta semnătura persoanei care a întocmit-o și semnătura persoanei care a verificat-o.

6.1. Studiul hidrometric pentru stații de râuri

Studiul se întocmește de către personalul de la stațiile hidrologice, cu participarea personalului serviciilor hidrologice la verificarea și validarea finală. Studiul se validează la începutul anului următor celui pentru care a fost întocmit, de specialiști din cadrul Institutului Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor.

Studiul cuprinde una sau două părți, în funcție de parametrii care se determină la stația hidrometrică:

- o parte pentru curgerea lichidă;
- o parte pentru curgerea solidă.

Studiul hidrometric are următorul conținut:

Prima pagină

Se înscriu date privind: denumire A.B.A., stație hidrologică, râu, stație hidrometrică, studiu (cu debite lichide/solide) și anul. Se va nota persoana care a întocmit studiul și șeful stației hidrologice.

Schița cu localizarea stației hidrometrice în cadrul rețelei hidrometrice. Se va realiza o schiță cu stațiile hidrometrice din amonte și aval, folosințele de apă (captări/restituții) și acumulările utilizate pentru reconstituirea regimului natural de curgere. În fiecare studiu, stația hidrometrică la care se referă acesta se va marca cu culoarea roșie.

Fotografiile (1-3) ale secțiunilor de măsurare în care să se observe caracteristicile secțiunii (granulometria, tip vegetație etc.).

Borderou - debite de apă:

În borderou se înscriu toate piesele prezentate mai jos. Se menționează la fiecare punct numărul de fișe existent în studiu.

1. Date de sinteză – debite de apă (Anexa 4)

Fișele sunt alcătuite din două pagini care cuprind date caracteristice și informații cu privire la regimul hidrologic din anul prelucrat și prezentat în studiu. Completarea valorilor este intuitivă, iar informațiile care trebuie prezentate se referă la parametri observați și mășurați, la condițiile în care aceste observații și măsurători au fost efectuate, precum și la factorii care au influențat sau îngreunat această activitate de monitorizare.

La punctul 6 se trec informații despre factorii care au influențat regimul de curgere, cum ar fi:

- eroziuni, colmatări, precum și ruperi de maluri în sectorul stației hidrometrice și cauzele care au determinat aceste fenomene;
- intervenții antropice în sectorul stației hidrometrice (lucrări în albie, lucrări de consolidare maluri sau poduri etc);
- observații cu privire la debitele reconstituite;
- locul și modul de efectuare a măsurătorilor de debite făcute în alte profile.

2. Caracterizarea anuală a materialului hidrometric: cuprinde informații despre regimul hidrometeorologic din anul respectiv, precum și influențele acestuia asupra scurgerii apei. Informațiile vor fi inclusiv despre eventualele revărsări ale râului în albia majoră sau chiar ieșirile din acesta. Orice informație poate fi utilă atât în analiza materialului în perioada imediat următoare colectării și prelucrării acestuia, dar și în eventualele analize și prelucrări ulterioare, atât la stațiile hidrologice, cât și la Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor. Informațiile trebuie să fie diferite de cele prevăzute în fișele de sinteză.

3. Fișa cu valori de niveluri medii zilnice, lunare, anuale și caracteristice lunare și anuale

Se generează automat, utilizând aplicația HIDROL sau poate fi completată manual, în funcție de metoda de prelucrare adoptată de hidrologul care realizează prelucrarea datelor hidrometrice. Prelucrarea poate fi făcută folosind un singur tip de date (manuale, automate sau după limnigrame) sau combinată, utilizând mai multe tipuri de date pentru intervale diferite pe parcursul aceluiași an. Indiferent de seria de timp folosită, în fișa de sinteză se va menționa tipul datelor și intervalele de timp. Pe lângă valorile medii zilnice, în această fișă mai sunt trecute nivelurile corespunzătoare măsurătorilor de debite și fenomenele de iarnă. În situația în care într-o zi sunt efectuate mai multe măsurători de debite, în fișă va fi trecut nivelul cel mai mare, iar în cazul fenomenelor de îngheț, când într-o zi pot fi mai multe tipuri de fenomene, se trece simbolul celui care influențează cel mai mult, rămânând ca în „Caracterizarea anuală a materialului hidrometric” să fie menționat acest lucru. Valorile minime și maxime vor fi înscrise conform mențiunilor de la capitolul dedicat nivelurilor.

4. Hidrograful nivelurilor medii zilnice.

5. Fișa cu valori ale debitelor de apă medii zilnice, lunare, anuale și caracteristice lunare și anuale. Ca și în cazul nivelurilor, și în fișele de debite medii zilnice, pe lângă valorile medii zilnice vor fi trecute și debitele de la măsurători, după aceeași regulă prezentată mai sus.

6. Hidrograful debitelor medii zilnice, de asemenea, se recomandă să fie tipărit în format A3. Afișarea celor două serii de timp (nivelurile medii zilnice și debitele medii zilnice) se poate face pe același grafic, cu culori diferite.

7. *Fișa cu valori ale debitelor de apă medii lunare și anuale reconstituite.* Această fișă se completează pentru secțiunile de râu unde curgerea a fost influențată pe tot parcursul anului sau doar pe anumite perioade.

8. *Profile transversale.* În studiul hidrometric trebuie să fie cuprinse profilele transversale în secțiunea mirei, dar și profilele din secțiunile utilizate la măsurători în situații deosebite sau cele care au fost folosite la extrapolare. Se recomandă imprimarea/desenarea reprezentărilor grafice pe format A3.

9. *Tabelul cu verificările punctului „0 miră”.*

10. *Centralizatorul măsurătorilor de debite lichide* cuprinde toate măsurătorile de debite realizate în anul respectiv, plus ultima măsurătoare din anul anterior și prima măsurătoare din anul următor, necesare realizării legăturii cu curbele cheii limnimetrice.

11. *Graficul complex pentru perioada cu fenomene de îngheț* se poate completa în mod clasic (pe hârtie milimetrică) sau utilizând programe de calcul specializate. Vor fi atașate și datele (tabelar) care stau la baza trasării graficului complex (*fișa cu valori ale temperaturii aerului de la ora 06, fișa cu valori ale precipitațiilor sub formă de ploaie și zăpadă etc.*).

12. *Fișa cu calculul corecțiilor ΔH* se completează când una dintre metodele de corecție pentru perioada de iarnă este metoda aducerii nivelurilor de iarnă la condițiile albiilor libere de fenomene de îngheț (ΔH).

13. *Fișa cu calculul corecțiilor K_v/K_w* se completează când una dintre metodele de corecție pentru perioada de iarnă este metoda coeficienților de iarnă K_i , respectiv a coeficienților de vegetație.

14. *Fișa cu calculul corecțiilor aplicate în perioadele cu fenomene de îngheț sau cu vegetație în albie* se completează conform specificului fiecărei metode de corectare.

15. *Fișa centralizatoare anuală cu fenomene de îngheț* este un centralizator care cuprinde cele mai importante fenomene de iarnă și a valorilor decadale ale grosimii stratului de gheață și zăpadă deasupra gheții. Acest centralizator se pune în studiul hidrometric al tuturor stațiilor hidrometrice unde, în general, se instalează formațiuni de gheață, chiar dacă în anul respectiv acestea nu au existat, precizând, în partea inferioară a acestei fișe, motivul (temperaturi ridicate, viituri etc). Pentru secțiunile în care nu se instalează fenomene de îngheț în albia râului, acest lucru se precizează în caracterizarea anuală a materialului.

16. *Cheia limnimetrică grafică.* În studiul hidrometric, cheia limnimetrică grafică reprezintă, de fapt, o serie de corelații între parametrii $H - Q$, $H - \Omega$ și $H - V_m$, descrierea acestora fiind făcută pe larg în capitolul 5. Reprezentarea acestor grafice se face pe hârtie milimetrică.

17. *Cheia limnimetrică tabelară.* Se completează pentru fiecare perioadă în parte.

Pentru ramurile valabile pentru două sau mai multe perioade de timp, pe cheia limnimetrică tabelară corespunzătoare ramurii respective se trec toate perioadele, cu numărul măsurătorilor corespunzătoare acestora.

18. *Fișa cu elementele folosite la extrapolare*, utilizate pentru extrapolarea cheilor limnimetrice la partea superioară sau la partea inferioară.

19. *Graficele de extrapolare* prevăzute în îndrumar, la secțiunea dedicată extrapolării cheilor limnimetrice. Aceste grafice reprezintă exprimarea grafică a elementelor utilizate la extrapolare (i , n , V_m), exemple în acest sens fiind prezentate pe parcursul îndrumarului.

20. *Fișele cu date pentru hidrografele celor mai mari viituri din an* cuprinde seriile de valori de niveluri, debite și precipitații de la stația hidrometrică de bază și/sau de la alte stații hidrometrice sau pluviometrice clasice și/sau automate, în funcție de caracteristicile stației hidrometrice de bază.

21. *Hidrografele celor mai mari viituri din an* se reprezintă atât sub formă grafică, pe hârtie milimetrică sau utilizând aplicațiile dedicate acestui tip de prelucrare (HIDROL, CAVIS), cât și tabelar (data, nivelul apei, debitul apei), conform precizărilor făcute pe parcursul îndrumarului. În fiecare studiu hidrometric se vor introduce două cele mai mari viituri din anul prelucrării, la care se poate adăuga și o a treia viitură dacă este necesar pentru reconstituirea unei viituri semnificative pe întreg bazinul hidrografic. Dacă se dispune de precipitațiile care au generat aceste viituri, se vor adăuga grafic și tabelar.

22. *Fișa cu valori ale temperaturii medii zilnice, decadale, lunare, anuale ale aerului și valori caracteristice lunare și anuale.*

23. *Fișa cu valori ale temperaturii medii zilnice, decadale, lunare, anuale ale apei și valori caracteristice lunare și anuale* este identică celei pentru temperatura aerului.

24. *Fișa cu valori ale precipitațiilor zilnice, lunare, anuale și valorile caracteristice lunare și anuale.*

25. *Fișa cu grosimea zilnică a stratului de zăpadă și valorile caracteristice lunare și anuale* se completează pentru toate stațiile hidrometrice și se înscrie înălțimea stratului de zăpadă măsurată dimineața, la ora 06, pe platformă (acolo unde există platforme) sau în locurile stabilite în prealabil de responsabilul stației hidrometrice. Valorile se înscriu în centimetri.

26. *Fișa cu echivalentul zilnic al apei din stratul de zăpadă și valori caracteristice lunare și anuale.* Această fișă se completează doar la stațiile unde se determină echivalentul de apă din stratul de zăpadă, valorile trecându-se în milimetri.

27. *Grafic de corelație $Q_m \text{ lunar} - H_m \text{ lunar}$.* Planșa reprezintă legătura între valorile medii lunare ale debitelor și nivelurilor, precum și valoarea medie anuală.

Borderou - debite solide

1. *Date de sinteză – Debite de aluviuni în suspensie (Anexa 5).* Fișa cuprinde date caracteristice și informații cu privire la regimul hidrologic din anul prelucrat și prezentat în studiu. Completarea valorilor este intuitivă, iar informațiile care trebuie prezentate se referă atât la parametrii observați și mășurați, cât și la condițiile în care aceste observații și măsurători au fost efectuate, precum și la factorii care au putut influența sau îngreuna această activitate de monitorizare.

2. *Fișa cu valori ale debitelor de aluviuni în suspensie medii zilnice, lunare, anuale și caracteristice lunare și anuale* se completează pentru stațiile hidrometrice care au în programul de activitate debite de aluviuni în suspensie.

3. *Fișa cu valori ale debitelor de aluviuni târâte medii zilnice, lunare, anuale și caracteristice lunare și anuale* se completează pentru studiile în care se prelucrează aluviunile târâte.

4. *Centralizatorul măsurătorilor de aluviuni în suspensie* complete, la 0,6h și la suprafață și pentru corectarea măsurătorilor simplificate de aluviuni în suspensie.

5. *Centralizatorul măsurătorilor simple de debite de aluviuni în suspensie.*

6. *Graficul succesiv cu debitele solide medii zilnice (R-T)* se completează cu valorile medii zilnice, indiferent dacă acestea au fost obținute în urma prelucrării prin metoda interpolării sau prin metodele R-Q.

7. *Corelația $\rho_{med} - \rho_{unic}$.* Această corelație dintre turbiditatea medie (ρ_m) pe secțiuni și turbiditatea probei simple/unice (ρ_u), trebuie să fie suficient de strânsă ($0.80 < K < 1.20$).

8. *Grafice de interpolare R-T.*

9. *Grafice de corelație R-Q (drepte, curbe și bucle).*

10. *Graficul de corelație $R_{med \text{ lunar}} - Q_{med \text{ lunar}}$*

11. *Centralizatorul pentru probele de aluviuni târâte.*

6.2. Studiul hidrometric la captări și restituții de apă

Studiul hidrometric la captări și restituții se realizează numai pentru folosințele de apă cu curgere cu nivel liber urmărite sistematic de către personalul rețelei hidrologice naționale. Studiul are următorul conținut:

1. Borderou.
2. Fișa cu valori ale nivelurilor medii zilnice, lunare și anuale.
3. Fișa cu valori ale debitelor medii zilnice, lunare și anuale.
4. Chei limnimetrice tabelare.
5. Chei limnimetrice grafice.
6. Centralizatoarele măsurătorilor de debite de apă.
7. Profilul transversal.

6.3. Studiul hidrometric la secțiuni „satelit”

Studiul hidrometric la secțiunile „satelit” are următorul conținut:

1. Borderou.
2. Centralizator cu secțiunile „satelit”.
3. Centralizatoarele măsurătorilor de debite de apă.
4. Fișa cu menționarea perioadelor cu ape mici (îngheț total, secare, băltire, curgere prin patul albiei).
5. Calculul debitelor maxime reconstituite în cazul viiturilor semnificative.
6. Corelații $Q_{\text{secțiune „satelit”}} - Q_{\text{stație hidrometrică de bază}}$. Forma grafică și exprimarea analitică.

Corelațiile se prezintă în fiecare an prin adăugarea măsurătorilor de debite de apă din anul respectiv la cele existente anterior.

6.4. Studiul hidrometric la torenți

Studiul hidrometric va conține:

1. Schema torentului cu evidențierea aliniamentelor în care s-au ridicat profile transversale.
2. Profilele transversale ridicate.
3. Odată la 5 ani se face prelucrarea profilelor cu determinarea transportului de aluviuni.

6.5. Studiul hidrometric la izvoare

Studiul constă din centralizatoarele cu măsurători de debite de apă la izvoare.

6.6. Studiul hidrometric privind granulometria aluviunilor

Studiul hidrometric privind granulometria aluviunilor cuprinde datele tabelare rezultate în urma analizei și cernerii probei de aluviuni din patul albiei, dar și grafice ale curbilor trasate pe baza datelor tabelare (pe hârtie milimetrică sau cu ajutorul programelor de calcul).

6.7. Studiul asupra bilanțului scurgerii apei și aluviunilor pe bazine hidrografice

Studiul se elaborează de specialiștii de la stațiile hidrologice și serviciile hidrologice. O sarcină specifică serviciului hidrologic este analiza de bilanț în perioadele cu ape mari și ape mici și reconstituirea undelor de viitură maximă, semnificativă în seriile de date statistice. În cazul unor stații hidrologice care acoperă în totalitate un bazin hidrografic, reconstituirea undelor de viitură și volumelor va fi efectuată de către personalul stației hidrologice împreună cu dispecerul de la serviciul hidrologic.

Studiul se validează la aceeași dată cu studiile hidrometrice menționate anterior.

Conținutul studiului asupra bilanțului scurgerii apei și aluviunilor pe bazine hidrografice este:

I. Harta cu rețeaua hidrografică, hidrometrică, pluviometrică, lacuri de acumulare, folosințe utilizate pentru reconstituire (scara 1:500.000).

II. Debitetele de apă medii lunare și anuale

1. Precipitații lunare la posturi pluviometrice și stații meteorologice.
2. Analiza de bilanț privind curgerea lunară și anuală în regim natural de curgere pe noduri hidrografice importante în bazin.
3. Corelații grafice cu debite medii lunare pentru nodurile hidrografice importante în bazin (regim natural) cu aprecieri pe sezoane pentru resturile de bazin.

III. Curgerea maximă a apei

1. Precipitații (DT=12 ore) pe durata viiturilor.
2. Precipitații orare la pluviografe (la stațiile hidrometrice și stațiile meteorologice) pe durata viiturilor.
3. Timpuri de propagare.
4. Analiza de bilanț în regim natural.
5. Hidrografele viiturilor în regim natural și amenajat (cu indicarea pe grafic a debitelor maxime și a raportului $Q_{\max \text{ măsurat}}/Q_{\max \text{ natural}}$).
6. Analiza datei de producere a debitului maxim lunar pe sectoare de râu fără acumulări.
7. Reconstituirea undelor de viitură.

IV. Curgerea minimă a apei

1. Analiza datei de producere a debitului minim lunar în perioadele caracteristice.
2. Analiza de bilanț pentru perioade de timp cu fenomene caracteristice (fenomene de iarnă, perioade secetoase).

V. Curgerea de aluviuni în suspensie

1. Analiza pe noduri hidrografice a valorilor înregistrate la stațiile hidrometrice.
2. Analiza valorilor debitelor maxime anuale de aluviuni în suspensie înregistrate.

- 1) Fișa cu precipitații (DT=12 ore) pe durata viiturilor se întocmește pentru întregul bazin hidrografic, în cazul viiturilor generale sau pentru subbazine la viiturile locale.
- 2) Fișa cu precipitații orare se întocmește numai pentru viituri generale pe bazin sau pe subbazine cu suprafețe mai mari de 2 000 km².
- 3) Timpii de propagare funcție de debit se calculează pe baza producerii debitelor corespondente.
- 4) Analiza de bilanț în regim natural se întocmește pentru viituri care se produc pe întregul bazin hidrografic sau pentru suprafețe de bazin mai mari de 2 000 km².
- 5) În cazul bazinelor cu râuri afectate de acumulări piscicole (în număr mare), conținutul analizei de bilanț privind curgerea maximă constă în completarea rubricilor: denumire bazin, suprafață, volum total.

6.8. Studiul hidrometric al debitelor de apă la folosințe cu curgere sub presiune

Studiul are următorul conținut:

1. Borderou.
2. Tabel centralizator cu echipamente de măsură la folosințe.
3. Fișa cu debite medii zilnice.
4. Graficul Q - T cu valori zilnice.

Studiul se întocmește numai pentru folosințele dotate cu echipament hidrometric, folosințe incluse în activitatea de reconstituire.

În cadrul serviciului hidrologic (funcție de echipamentul hidrometric existent, a elementelor primare măsurate) se iau măsuri de arhivare a fișelor cu variația zilnică a elementelor măsurate, documentații tehnice ale aparatelor de măsură.

6.9. Studiul hidrometric al debitelor de apă la stațiile hidrometrice la baraje

Studiul se întocmește pentru acele baraje care înlocuiesc secțiunile „clasice” ale stațiilor hidrometrice de râu (în general sunt baraje construite pe amplasamentul unor foste stații hidrometrice de râu).

Studiile sunt întocmite și validate în mod similar cu cele pentru stațiile hidrometrice de râu. Între cele două tipuri de stații hidrometrice sunt următoarele similitudini:

Stații hidrometrice de râu	Stații hidrometrice la baraje
Debite măsurate	Debite defluente
Chei limnimetrice	Curbe caracteristice la evacuatori $Q(H)$, Q_{τ} (P_g . H_b)
Hidrograf al unde de viitură în albia râului	Hidrograf defluent din lacul de acumulare

Conținutul studiilor este următorul:

1. Borderou.
2. Date de sinteză.
3. Fișa cu valori ale nivelurilor medii zilnice.
4. Fișa cu valori ale volumelor medii zilnice în acumulare.
5. Fișa cu valorile debitelor defluente.
6. Reconstituirea debitelor medii lunare.
7. Planșa cu hidrograful viiturii - grafic și tabelar.
8. Corelațiile $W - (H)$, $Q - (H)$, $Q_T - (P_g, H_b)$ prezentate grafic și tabelar.
9. Caracterizarea anuală a calității materialului hidrometric.

Fișele cu niveluri zilnice, volume zilnice în acumulare se întocmesc numai pentru stațiile hidrometrice la baraje ale căror acumulări au volume care intervin în calculele de reconstituire.

Întrucât graficele $W (H)$, $Q (H)$, $Q_T (P_g, H_b)$ au o mare stabilitate în timp, se introduce în studii o dată la cinci ani și ori de câte ori se modifică (de exemplu, curba de capacitate se include o dată la cinci ani și în anul imediat următor unei ridicări topobatimetrice).

6.10. Studiul hidrometric al debitelor de apă la canale și derivații interbazinale

Studiile se întocmesc pentru folosințele (curgere cu nivel liber) și derivațiile interbazinale urmărite prin activitate hidrometrică permanentă de către personalul stațiilor hidrologice. Conținutul studiilor urmărește schema de prezentare de la studiul debitelor de apă la stațiile hidrometrice de râu.

Hidrografele de viitură se întocmesc numai pentru derivațiile interbazinale cu rol de deviere a apelor mari.

Calculele de corecții se întocmesc pe perioada de funcționare a folosinței/derivației, atunci când este cazul.

Procedura de întocmire și validare este similară cu cea pentru stațiile hidrometrice de râu.

CAPITOLUL 7. DATE ASUPRA STRATULUI DE ZĂPADĂ

Zăpada se depune sub forma unui strat continuu, dacă temperatura solului și a aerului sunt mai mici de 0°C, însă sub influența vântului repartiția acesteia devine neomogenă.

Stratul de zăpadă de pe un bazin hidrografic nu are o distribuție uniformă în spațiu și timp, atât în ceea ce privește grosimea și densitatea stratului de zăpadă, cât și rezerva de apă deținută de acesta.

Topirea stratului de zăpadă se realizează treptat în cursul lunilor de primăvară (uneori și iarna) și este determinată de radiația solară, radiațiile cu lungimi de undă lungă din atmosferă, temperatura aerului și a solului și precipitațiile lichide. Astfel, datele referitoare la stratul de zăpadă, respectiv topirea acestuia, sunt utile pentru diverse activități: previziuni hidrologice, cercetări climatice, managementul resurselor de apă ș.a.

Principalele caracteristici ale stratului de zăpadă măsurate în cadrul unei stații hidrometrice sunt grosimea și densitatea zăpezii, pe baza cărora se determină și rezerva de apă sau echivalentul în apă al stratului de zăpadă.

Observațiile asupra stratului de zăpadă încep din momentul depunerii acestuia și continuă până în momentul topirii totale, grupându-se în:

- observații zilnice: constau în stabilirea gradului de acoperire și a caracteristicilor de așezare a stratului de zăpadă, cât și în determinarea grosimii acestuia;
- observații pentadale: constau în determinarea densității și a echivalentului în apă al stratului de zăpadă.

7.1. Determinarea grosimii stratului de zăpadă

Observații asupra grosimii stratului de zăpadă se fac în fiecare zi, dimineața, după efectuarea observațiilor asupra gradului de acoperire cu zăpadă. Măsurarea grosimii stratului de zăpadă se face cu rigle fixe, al căror amplasament nu se schimbă de la un an la altul, acestea fiind montate toamna și ridicându-se primăvara. Grosimea medie a stratului de zăpadă este dată de media aritmetică a celor trei citiri, rotunjită la centimetri întregi. Astfel, dacă grosimea stratului de zăpadă la rigla nr.1 a fost de 5 cm, la rigla nr.2 de 3 cm, iar la rigla nr.3 de 1 cm, grosimea medie a stratului de zăpadă va fi:

$$(5 + 3 + 1)/3 = 3 \text{ cm}$$

Este esențial să se măsoare stratul de zăpadă, în locații în care efectul de spulberare, viscolire a zăpezii este minim. Zone ce nu permit măsurarea exactă a stratului de zăpadă sunt: zonele puternic împădurite, deoarece zăpada se poate acumula pe ramurile copacilor, zonele care sunt umbrite de soare ș.a.

7.2. Determinarea densității stratului de zăpadă

Determinarea densității stratului de zăpadă se efectuează pentadal, în zilele de 5, 10, 15, 20, 25 și în ultima zi a lunii, doar dacă stratul de zăpadă este de cel puțin 5 cm. Importanța cunoașterii densității zăpezii permite calculul rezervei de apă din sol și aprecierea conductibilității termice a stratului de zăpadă. Cu cât stratul de zăpadă este mai compact, cu

atât prezintă o densitate mai mare, și implicit o termoconductibilitate redusă, acest lucru facilitând transmiterea temperaturilor scăzute din mediul exterior.

Determinarea densității stratului de zăpadă se efectuează fie cu ajutorul densimetrului cu balanță, acesta fiind alcătuit dintr-un cilindru metalic folosit pentru măsurarea înălțimii coloanei de zăpadă și o balanță compusă din două brațe de alamă nichelate, fie cu ajutorul pluviometrului.

Pentru calculul densității zăpezii din colectorul cu zăpadă se scade tara colectorului (greutatea colectorului gol), înscrisă pe acesta. Astfel, se obține o greutate egală cu un număr de grame „m” și acesta se împarte la $200 \times h$ (h = grosimea stratului de zăpadă). Înscrierea datelor se face în tabele speciale, intitulate „Densitatea (g/cm^3) și echivalentul de apă (mm/m^2) al stratului de zăpadă”.

Densitatea zăpezii se calculează prin împărțirea greutății probei la volumul acesteia. Deoarece fiecare diviziune de pe brațul cântarului corespunde la 5 grame, rezultă că toată greutatea probei de zăpadă va fi egală cu $5 \times m$. Volumul probei de zăpadă este egal cu produsul dintre suprafața secțiunii transversale a cilindrului densimetrului (50 cm^2) și înălțimea probei luate (h în cm).

Densitatea va fi egală cu:

$$d = \frac{5 m}{50 h} = \frac{m}{10 h}$$

Astfel, pentru calculul densității zăpezii numărul diviziunilor citite pe brațul balanței se împarte la valoarea citită pe scara cilindrului densimetrului (h) înmulțită cu 10. Dacă grosimea probei de zăpadă este de 26 cm, iar numărul diviziunilor de pe brațul balanței este de 59, densitatea (d) va fi egală cu:

$$d = \frac{59}{26 \times 10} = 0,227 \rightarrow 0,23 \text{ g/cm}^3$$

În cazul în care măsurătorile cu ajutorul densimetrului de zăpadă s-au făcut în mai multe etape (din cauza grosimii mari a stratului de zăpadă), toate citirile succesive făcute pe scara cilindrului, ca și cele de pe brațul balanței se totalizează și se înscriu în rubricile tabelului. Calculul densității în acest caz se face folosind sumele acestor citiri.

În situația în care stratul de zăpadă este mai mare decât înălțimea cilindrului densimetrului, se realizează două măsurători succesive ale stratului de zăpadă. Astfel, densitatea medie a întregului strat de zăpadă va fi calculată prin însumarea celor două valori măsurate:

$$d = \frac{57 + 63}{10 \times (25 + 20)} = 0,267 = 0,27 \text{ g/cm}^3$$

Densitatea medie este egală cu media determinărilor de densitate:

$$d = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} \text{ g/cm}^3$$

7.3. Determinarea echivalentului în apă al stratului de zăpadă

Echivalentul în apă al stratului de zăpadă (notat cu E sau h_a) reprezintă cantitatea de apă ce ar rezulta din topirea stratului de zăpadă, cu înălțimea „h”, situat pe o suprafață de 1 m^2 . Acesta poate fi determinat fie pe baza măsurătorilor directe, prin lăsarea probei să se topească, departe de surse de încălzire, într-un vas oarecare, fie prin calcul.

Echivalentul în apă al stratului de zăpadă se află prin calcul, cu ajutorul formulei:

$$E = d \times h \times 10$$

unde:

E - echivalentul în apă (l/m^2)

d - densitatea zăpezii (g/cm^3)

h - grosimea stratului de zăpadă (cm)

10 - constantă pentru transformarea unităților de măsură

În cazul în care zăpada este în curs de topire, echivalentul în apă din zăpadă se determină pe baza următoarei formule:

$$h_a [cm] = \rho_z \times h_z$$

unde:

h_z - grosimea stratului de zăpadă scurs (cm)

ρ_z - densitatea zăpezii, care în perioada de topire are valoarea aproximativă de $0,4 g/cm^3$

7.4. Determinarea cedării zilnice a apei din stratul de zăpadă

7.4.1. Metoda bilanțului caloric

Cedarea apei din stratul de zăpadă poate fi calculată cu ajutorul metodei bilanțului caloric. Schimbul de căldură aer - zăpadă se realizează la câțiva decimetri deasupra suprafeței de zăpadă și aproximativ 10 cm dedesubtul ei. Ecuația bilanțului caloric este:

$$Q_m = Q_{rs} + Q_{rl} + Q_e + Q_c + Q_h + Q_{cd}$$

unde:

Q_{rs} - transferul de căldură datorat radiațiilor de lungime de undă scurtă

Q_{rl} - transferul de căldură cauzat de radiațiile de lungime de undă lungă

Q_e - transfer de căldură datorită schimbării de fază

Q_c - transferul de căldură prin convecție datorită turbulenței aerului

Q_h - transferul de căldură datorită amestecului de masă (ploaie + strat de zăpadă)

Q_{cd} - transferul de căldură prin conducție de la suprafața stratului de zăpadă spre pământ și invers

Q_m - cantitatea de căldură disponibilă pentru topire

Astfel, ținând cont de toate tipurile de radiații descrise mai sus, cantitatea zilnică de apă h_{zs} (mm/zi) pe care o eliberează stratul de la suprafața zăpezii se determină pe baza ecuației:

$$h_{zs} = 0,125k_p(1 - \alpha_p)(1 - r)Q + 1,1k_i\alpha_p T_a + 0,72k_v(1 + 0,3W)T_a + 0,8k_v(1 + 0,3W)T_a + 0,0125h_p T_a$$

unde:

Q - radiația solară (cal/cm^2)

h_p - precipitații (mm/zi)

T_d - temperatura punctului de rouă ($^{\circ}C$)

T_a - temperatura aerului ($^{\circ}C$)

W - viteza vântului (m/s)

α_p - coeficientul de împădurire, pentru suprafețele împădurite având valoarea 1, iar pentru cele despădurite valoarea 0

k_v - coeficient care are valoarea 2 pentru suprafețele împădurite și valoarea 1 pentru cele despădurite

k_i - coeficient de înclinare a suprafeței, care variază între 1 și 0,6 atunci când panta variază între 0° și 60°

Întrucât măsurătorile de radiație sunt relativ puține, cantitatea totală de radiație a fost corelată cu creșterea zilnică a temperaturii aerului:

$$Q_r = \alpha \times (T_{max} - T_{min})$$

unde:

T_{max} - temperatura maximă zilnică a aerului

T_{min} - temperatura minimă zilnică a aerului

α - coeficientul care variază cu latitudinea și perioada din timpul anului

Valorile coeficientului α pentru teritoriul țării noastre, în perioada caracteristică topirii zăpezii sunt prezentate în Tabelul 50:

Tabelul 50. Valorile coeficientului α

Data	15.I	15.II	15.III	15.IV	15.V	15.VI
α (cal/cm ² ·°C)	1,6	7,2	12,0	16,0	19,2	21,6
α (mm/zi·°C)	0,2	0,9	1,5	2,0	2,4	2,7

Prin introducerea ecuației creșterii zilnice a temperaturii aerului, prezentată mai sus, în ecuația generală a cantității de apă eliberată din stratul de zăpadă aceasta devine:

$$h_{zs} = \alpha(T_{max} - T_{min}) + 0,72k_v(1 + 0,3W)T_d + 0,8k_v(1 + 0,3W)T_a + 0,0125h_pT_a$$

În cazul în care T_{min} este mai mică de 0°C, atunci se va considera $T_{min} = 0^\circ\text{C}$.

7.4.2. Metoda grad-zi

Întrucât elementele care intră în calculul bilanțului caloric pentru determinarea cantității de apă topită la suprafața stratului de zăpadă au o mare diversitate în spațiu și timp, se utilizează adesea metoda grad-zi pentru calcularea cedării apei din stratul de zăpadă:

$$h_{az} = M(T_m - T_e)$$

unde:

h_{az} - cantitatea zilnică de apă topită la suprafața stratului de zăpadă (mm)

T_m - temperatura medie a aerului (°C)

T_e - temperatura de echilibru la care încetează orice schimb de căldură între stratul de zăpadă și mediul înconjurător (°C)

M - factorul de topire sau factorul grad-zi (mm/°C zi)

În literatura de specialitate se întâlnește frecvent o altă variantă a ecuației în care temperatura medie a aerului T_m este înlocuită cu temperatura maximă a aerului T_{max} .

La nivel național, pe baza studiilor efectuate în bazine experimentale, s-a demonstrat că factorul grad-zi, sau factorul de topire (M) variază între $1,0 \text{ mm}/^\circ\text{C}$ (în sezonul rece) și $6,0 \text{ mm}/^\circ\text{C}$ (în sezonul cald), pe fondul variației vitezei vântului, precipitațiilor și coeficientului de împădurire.

Factorul grad-zi (M') poate fi determinat pe baza ecuației:

$$M' = 1,1k_i\alpha_p + 1,52k_v(1 + 0,3W) + 0,0125k_p$$

unde:

M' - factorul grad-zi ($\text{mm}/^\circ\text{C}$)

k_p - coeficient care ține seama de expunerea și panta terenului (expunere predominantă spre nord sau sud, k_p variază între $0,7 - 1,0$, respectiv $1,0 - 1,3$)

W - viteza vântului (m/s)

α_p - coeficientul de împădurire, pentru suprafețele împădurite având valoarea 1 , iar pentru cele despădurite 0

k_v - parametru care are valoarea $0,2$ pentru bazinele împădurite, respectiv 1 pentru cele despădurite

k_i - reprezintă coeficientul de înclinare a suprafeței, care variază între 1 și $0,6$ atunci când panta variază între 0° și 60°

Ținând cont de diferențierile apărute între zonele împădurite și despădurite, ecuația cedării apei din stratul de zăpadă va suferi modificări, prin intermediul introducerii unor factori de topire adecvați, notați prin M_i (zonă împădurită) și M_d (zonă despădurită), formula de mai sus devenind:

$$h_{azi} = M_i(T_m - T_e)[\text{mm}] - \text{zona împădurită}$$

$$h_{azd} = M_d(T_m - T_e)[\text{mm}] - \text{zona despădurită}$$

unde:

h_{azi} - cedarea zilnică din stratul de zăpadă pentru zona împădurită

h_{azd} - cedarea zilnică din stratul de zăpadă pentru zona despădurită

T_m - temperatura medie zilnică (sau poate fi folosită și T_{\max})

T_e - temperatura de echilibru la care încetează orice schimb de căldură între stratul de zăpadă și mediul înconjurător ($^\circ\text{C}$)

Astfel, echivalentul în apă al stratului de zăpadă, rezultat după cedarea zilnică a apei din stratul de zăpadă, este dat de relația:

$$h_{ai1} = h_{ai} - h_{azi}[\text{mm}] - \text{zona împădurită}$$

$$h_{ad1} = h_{ad} - h_{azd}[\text{mm}] - \text{zona despădurită}$$

Totodată, cunoscându-se faptul că precipitațiile produc creșterea cantității de apă cedată din stratul de zăpadă, pentru perioadele cu ploaie cedarea zilnică a apei din stratul de zăpadă se determină pe baza ecuației:

$$h_{az} = [1,1k_i\alpha_p \times 1,52 \times k_v \times (1 + 0,3W) + 0,0125 \times h_p] \times (T_m - T_e) + 1,5$$

unde:

h_p - cantitatea de precipitații (mm/zi)

W - viteza vântului (m/s)

α_p - coeficientul de împădurire, pentru suprafețele împădurite având valoarea 1, iar pentru cele despădurite 0

k_v - parametru care are valoarea 0,2 pentru bazinele împădurite, respectiv 1 pentru cele despădurite

k_i - reprezintă coeficientul de înclinare a suprafeței, care variază între 1 și 0,6 atunci când panta variază între 0° și 60°

Volumul total de apă cedat de stratul de zăpadă într-o anumită perioadă:

$$V = h_{azi} \times F_i + h_{azd} \times F_d [m^3]$$

unde:

F - suprafața bazinului hidrografic (km^2), ceilalți parametri au fost descriși mai sus

7.5. Metodele indirecte pentru determinarea parametrilor nivometrici. Aplicații aerofotogrametrice și satelitare

Teledetecția este o tehnică indirectă care permite, pe baza interpretării răspunsului spectral, examinarea cantitativă a proprietăților fizice ale stratului de zăpadă, în zonele greu accesibile, unde nu există posibilitatea realizării măsurătorilor nivometrice. Sistemele satelitare și aeriene sunt limitate în prezent pentru determinarea tuturor parametrilor nivometrici. Dacă parametrii nivometrici reprezentați de grosimea stratului de zăpadă și echivalentul de apă din zăpadă pot fi estimați cu ajutorul senzorilor radar amplasați la bordul sistemelor aeriene și satelitare, densitatea zăpezii rămâne un parametru greu de estimat datorită caracterului puternic non-liniar indus de variația condițiilor umed-uscate din stratul de zăpadă.

7.5.1. Aplicații aerofotogrametrice

Grosimea stratului de zăpadă poate fi măsurată în prezent cu ajutorul Lidarului (Light Detection and Ranging) aeropurtat și terestru.

Procedura de măsurare a grosimii stratului de zăpadă constă în determinarea diferenței între modelul suprafeței topografice realizat în timpul zborului dinaintea ninsorii și modelul suprafeței zăpezii realizat în perioada cu zăpadă. Diferența de altitudine o reprezintă grosimea stratului de zăpadă. Lidarul aeropurtat oferă rezultate satisfăcătoare la scara bazinelor hidrografice, în zonele cu relief plat, unde acuratețea verticală este de 15-20 cm. În zonele montane, cu relief accidentat, zborul la o anumită altitudine fixă, determină o acuratețe verticală și orizontală slabă. Acuratețea orizontală este un factor cheie al măsurătorilor privind grosimea stratului de zăpadă cu instrumente Lidar, întrucât erorile de localizare pe versanții abrupti se vor reflecta și în erorile de estimare a stratului de zăpadă. Aplicarea ortocorecțiilor pe baza punctelor de control este limitată de asemenea, de dificultatea realizării măsurătorilor GPS în zonele greu accesibile, pe timpul iernii.

Noile tehnologii de scanare terestră laser (TLS) promit estimarea grosimii stratului de zăpadă cu erori verticale mai mici de 10 cm. Principalul avantaj al acestei metode este costul redus față de lidarul aeropurtat și precizia măsurătorilor, însă principala limitare este distanța de măsurare care trebuie să fie mai mică de 1,5 km pentru obținerea unor rezultate bune.

O altă metodă utilizată în trecut era bazată pe detectorii cu senzori gamma instalați la bordul avioanelor. De asemenea, metoda prezintă dezavantajul zborului la altitudine joasă (150 m) întrucât atmosfera atenuază o parte importantă a energiei radiante. În plus, nivelul redus al radiațiilor gamma limita măsurarea grosimii stratului de zăpadă la 30-40 cm.

În prezent, se remarcă un interes crescut pentru estimarea grosimii stratului de zăpadă utilizând senzori Lidar amplasați la bordul vehiculelor aeriene fără pilot (UAV).

7.5.2. Aplicații de teledetecție satelitară

Caracteristicile fizice ale stratului de zăpadă pot fi estimate de asemenea, prin intermediul senzorilor satelitari multispectrali și a celor pasivi și activi care înregistrează în intervalul spectral al microundelor.

7.5.3. Distribuția spațială a stratului de zăpadă

Cartografierea distribuției spațiale a stratului de zăpadă se poate realiza cu ajutorul diferiților indici calculați pe baza benzilor spectrale. *Indicele diferenței normalizate a zăpezii* (Normalized Difference Snow Index), calculat pe baza benzilor spectrale de la senzorii MODIS și Landsat ETM+, este utilizat pe scară largă pentru realizarea hărților cu distribuția spațială a zăpezii. Acest indice se bazează pe reflectanța mare din vizibil (0,5-0,7 μm) și reflectanța mică din infraroșu apropiat (1-4 μm) care permite diferențierea între zăpadă și nori.

Pentru MODIS, NDSI este calculat cu formula:

$$\text{NDSI} = \frac{b_4 - b_6}{b_4 + b_6}$$

Pentru Landsat ETM+, NDSI este calculat cu formula:

$$\text{NDSI} = \frac{b_2 - b_5}{b_2 + b_5}$$

7.5.4. Echivalentul de apă din zăpadă

Reprezintă unul dintre cele mai importante proprietăți ale stratului de zăpadă, cu importanță deosebită în studiul scurgerii pe versanți în urma topirii zăpezii. Echivalentul de apă din zăpadă poate fi estimat pe baza senzorilor pasivi și activi din domeniul microundelor.

Estimarea echivalentului de apă din zăpadă de la *senzorii pasivi din domeniul microundelor* se bazează pe diferența dintre temperatura unui corp negru (Brightness Temperature) la 19 și 37 GHz.

$$\text{EAZ} = C_0(T_{19} - T_{37})$$

unde:

EAZ - echivalentul de apă din stratul de zăpadă

C_0 - constantă (4.8 mmK⁻¹)

T_{19} - temperatura unui corp negru la 19 GHz

T_{37} - temperatura unui corp negru la 37 GHz



Estimarea echivalentului de apă din zăpadă de la *senzorii activi din domeniul microundelor* are la baza principiul radar. Synthetic Aperture Radar (SAR) este o formă de radar utilizată în studiul zăpezii care prezintă avantajul unei rezoluții spațiale mai fine față de senzorii pasivi. Sateliții radar ai Agenției Spațiale Europene (ERS-1, ERS-2, RADAR SAT, Envisat) prezintă însă dezavantajul faptului că banda C (5.3 GHz) nu este sensibilă la reflectarea particulelor de zăpadă, neputând fi utilizată pentru estimarea echivalentului de apă din zăpada uscată.

În prezent, se fac studii pentru lansarea unor noi misiuni spațiale care se vor baza pe banda Ku și banda X.

CAPITOLUL 8. RAPOARTE TEHNICE

8.1. Rapoarte tehnice la viituri

După producerea viiturilor semnificative se vor întocmi „Rapoarte tehnice”. Acestea vor avea următorul conținut:

A. Date generale privind spațiul hidrografic pe care s-a produs viitura

1. Sectorul de râu implicat în tranzitarea viiturii.
2. Caracterizarea morfo – hidraulică a albiei supuse viiturii.
3. Rețeaua hidrometrică existentă.
4. Rețeaua de posturi pluviometrice și de stații meteorologice.
5. Existența de lucrări de protecție împotriva viiturilor (acumulări, îndiguiri).

B. Geneza viiturii

1. Regimul pluviometric anterior viiturii în bazinul superior.
2. Distribuția precipitațiilor pe durata viiturii în bazinul hidrografic din amonte.

C. Analiza scurgerii lichide maxime

1. Determinarea debitelor lichide maxime în secțiunile stațiilor hidrometrice.
2. Evaluarea probabilității de depășire a debitelor lichide maxime rezultate.
3. Trasarea hidrografului viiturii rezultat în secțiunile stațiilor hidrometrice.
4. Calculul elementelor undei de viitură.
5. Evaluarea timpului de propagare a viiturii.

D. Compararea viiturii cu alte viituri istorice

1. Selectarea viiturilor semnificative (calculul debitelor maxime rezultate, cu indicarea probabilității de depășire, elementele undei de viitură).
2. Compararea noii viiturii cu cele semnificative.

E. Analiza scurgerii solide maxime

1. Determinarea debitelor solide în suspensie pe perioada viiturii.
2. Trasarea viiturii solide în suspensie și calculul volumului.
3. Evaluări comparative a volumelor tranzitate cu cele rezultate pe perioada altor viituri semnificative.

F. Evaluări ale morfodinamicii albiei, ca efect al viiturii

1. Analiza comparată a profilelor transversale rezultate înainte și după finalizarea viiturii.
2. Determinarea procesului morfologic dominant (eroziune - depunere), cu implicații în modificarea volumetrică a depozitelor din pat.
3. Determinarea fracțiilor granulometrice din patul albiei și estimarea distribuției pe extensia albiei.

G. Tipuri de inundare

1. Depășirea capacității de transport a albiei.
2. Depășirea probabilităților de calcul a lucrărilor de apărare.
3. Distrugerea infrastructurii de apărare.
4. Blocare/restricționare (sloiuri de gheață, pod de gheață, etc).
5. Alte forme de inundare.

H. Reprezentări cartografice ale arealelor inundate pe perioada viiturii

1. Hărți ale arealelor inundate, utilizând tehnicile GIS.
2. Harta localităților afectate de inundare.

I. Tipuri și magnitudinea consecințelor negative ale inundațiilor

Efecte asupra sănătății umane, activităților economice și mediului înconjurător.

1. Impactul pe termen scurt sau lung asupra administrației publice și locale.
2. Starea ecologică și chimică a apei de suprafață și subterană în arealele iminente.
3. Impactul asupra solului aferent albiei râului.
4. Impactul negativ asupra utilizării terenului (teren arabil, horticultură, păduri etc).
5. Impactul asupra zonelor protejate (păsări, habitate).
6. Impactul negativ asupra infrastructurii (transport, alimentare cu energie, depozite, comunicații etc).
7. Indicarea suprafețelor de teren inundate.
8. Efectul undelor de viitură afluențe și defluente în secțiunile principalelor acumulări.
9. Ruperi de diguri.
10. Ruperi de maluri.
11. Localități afectate.
12. Victime omenești.
13. Persoane afectate.
14. Locuințe distruse.
15. Drumuri, căi ferate inundate.
16. Alte pagube.

J. Concluzii

O sinteză a principalelor caracteristici hidrologice ale viiturii, a modului de comportare a lucrărilor hidrotehnice pe acea perioadă, evidențierea celor mai semnificative pagube produse, implicit a consecințelor.

8.2. Rapoarte tehnice pentru perioadele cu ape mici

După fiecare perioadă cu ape mici, se vor întocmi rapoarte tehnice. Aceste vor avea următorul conținut.

A. Arealul de producere:

- stații hidrometrice;
- secțiuni satelit;
- râuri pe care s-a identificat expediționar fenomenul.

Se atașează o hartă cu localizarea arealului respectiv.

B. Tipul fenomenului și perioada de producere:

- secare;
- băltire;
- îngheț total;
- curgere prin patul albiei.

C. Factorii care au generat fenomenul:

- evoluția temperaturii aerului în cazul înghețului total (grafic și tabelar);
- evoluția precipitațiilor zilnice pe perioada: 10 zile înaintea începerii fenomenului și 10 zile după încetarea fenomenului (grafic și tabelar);
- evoluția nivelului apei din forajele situate în albia majoră (grafic și tabelar);
- litologia patului albiei minore cu evidențierea zonelor cu nisip și pietriș, cu menționarea grosimii acestuia (profil transversal cu evidențierea grosimii stratului).

CAPITOLUL 9. PRELUCRAREA AUTOMATĂ A DATELOR HIDROMETRICE

Prelucrarea automată a datelor hidrometrice obținute prin activitatea desfășurată în rețeaua hidrometrică națională se realizează cu ajutorul fișierelor de calcul concepute în cadrul INHGA. Acestea reprezintă o soluție alternativă și, în unele cazuri, de verificare a prelucrării prin metodele clasice.

Fișierele conținând prelucrarea automată a datelor hidrometrice anuale vor fi transmise la INHGA în format electronic, odată cu predarea studiilor hidrometrice anuale în format fizic.

Pachetele de fișiere disponibile sunt:

- CAMDAR – pentru realizarea calculelor necesare în urma efectuării măsurătorilor de debite prin metoda „secțiune-viteză”.
- HIDROL – pentru redarea automată a fișelor de niveluri și debite medii zilnice și caracteristice și realizarea fișelor de temperaturi și precipitații, a datelor de sinteză și a hidrografelor viiturilor reprezentative într-un mod unitar.
- MACHETE PROGRAM – constituie suportul electronic de validare și corectare a datelor hidrologice prelucrate de către personalul stațiilor hidrologice, în vederea introducerii acestora în baza de date INHGA.

9.1. Fișierul de calcul CAMDAR

Aplicația informatică CAMDAR permite calculul automat al măsurătorilor/ determinărilor de debite de apă și aluviuni în suspensie. Calculul măsurătorilor de debite de apă se realizează prin metoda „secțiune-viteză”. Numărul maxim de verticale de viteză este 20, iar verticalele de adâncimi pot fi maxim 100.

Pe scurt, aplicația CAMDAR:

- calculează vitezele în verticalele de viteze
- permite existența a maximum 6 puncte de măsurare a vitezei într-o verticală.
- permite existența a maximum 6 puncte de măsurare a turbidității într-o verticală.
- permite efectuarea măsurătorilor de debite cu greutate lestată. În cazul efectuării determinărilor de debite de apă de pe pod cu „lest” (“bombă hidrometrică”), în aplicație se trec valorile unghiurilor corespunzătoare sondajelor; corecția de cablu se calculează automat.

Punctele de măsurare a vitezei apei în verticală se aleg astfel încât între două puncte consecutive să se poată admite o variație liniară a vitezei apei cu adâncimea.

Adâncimea apei se calculează de la suprafață spre fundul albiei.

9.2. Pachetul de fișiere de calcul HIDROL

Aplicația este formată dintr-un „pachet” de fișiere care furnizează piese de bază pentru întocmirea studiilor hidrometrice anuale de debite lichide. HIDROL conține atât formule de calcul directe, cât și macro-comenzi activate prin butoanele existente în foile de calcul (de

aceea, dacă la deschiderea fișierelor apare fereastra dialog care interoghează utilizatorul cu privire la activarea macro-comenzilor, este necesară acceptarea acestora). Acesta conține:

1. Fișierul pentru preluarea și analiza datelor de la stațiile automate, prin aplicația HIDROLOG.

2. Fișierul de bază „HIDROL.xls”, pentru (i) calculul nivelurilor medii zilnice, (ii) calculul corecțiilor de iarnă și vegetație, (iii) redarea graficului complex de iarnă, (iv) calculul fișelor de niveluri și debite medii zilnice și caracteristice.

Datele de intrare necesare sunt pe de o parte nivelurile instantanee (cu pas de timp variabil, de la citirile de nivel la orele standard, la $\Delta t = 10$ minute, dar maxim 101 valori/zi), pe de altă parte centralizatorul de măsurători de debite lichide (maxim 130 măsurători/an).

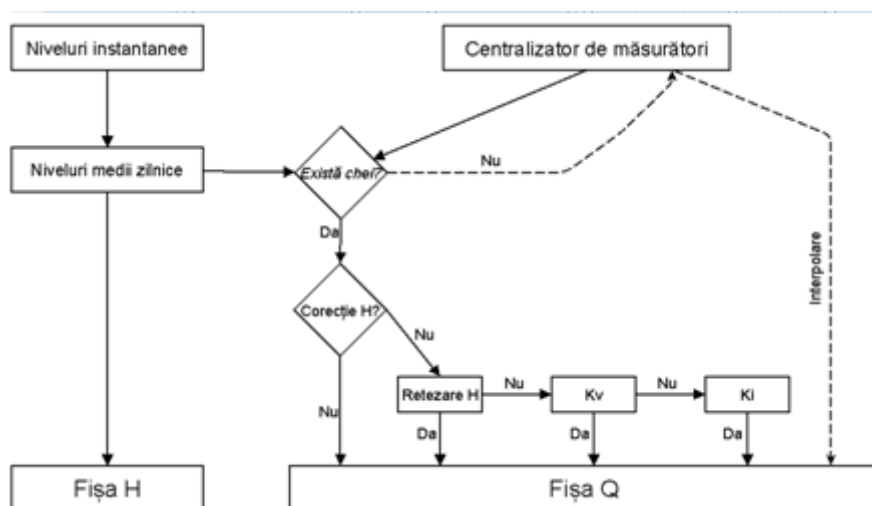


Figura 88. Diagrama conexiunilor dintre foile de calcul ale fișierului de bază HIDROL.xls

3. Fișierul „Date_sinteza.xls” conține machetele pentru sintetizarea informațiilor asupra:

- scurgerii lichide, respectiv: informații privind nivelurile (cotele caracteristice, nivelurile caracteristice, perioadele fără niveluri și modul de completare a acestora); informații despre profilurile transversale și pante; informații despre debite (număr măsurători, metode de măsurare, extrapolări, debite caracteristice, măsurători eliminate și afectarea scurgerii);

- scurgerii solide, respectiv: afectarea scurgerii solide, numărul de măsurători și metodele de prelucrare, modul de acoperire cu măsurători pentru perioadele cu viituri și valorile caracteristice anuale;

- punctului „0 miră” (tabelul cu verificarea punctului „0 miră”);

- fenomenelor de iarnă (tipul fenomenelor de iarnă, perioadele de apariție și variația temporală a grosimii gheții).

4. Fișierul „Viituri.xls”, pentru redarea hidrografelor viiturilor reprezentative din an și a cantităților de precipitații și/sau grosimii stratului de zăpadă care le determină/favorizează producerea.

5. Fișierul „Profil.xls”, pentru reprezentarea grafică a profilului/ profilurilor transversal(e) realizate în secțiunile de monitorizare a parametrilor hidrologici.

6. Fișierul „Reconstituire.xls” pentru reconstituirea debitelor medii lunare.

7. Fișierul „Fișe_temp_pp.xls” pentru redarea fișelor cu temperaturile aerului și apei medii zilnice și caracteristice, precipitațiile zilnice și lunare și cu echivalentul în apă al stratului de zăpadă.

9.3. Machetele-program, suport electronic pentru validarea datelor și asigurarea formatului unic al acestora din prelucrările hidrologice și studiile hidrometrice

În vederea redactării studiului hidrometric într-o formă unitară completă și corectă, colectivul Baze de Date din Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor a realizat mai multe programe ce constituie suportul electronic de validare și corectare a datelor hidrologice prelucrate de către personalul stațiilor hidrologice din cadrul Administrațiilor Bazinale de Apă.

Suportul electronic realizat este compus din 11 machete-program ce corespund regulilor de configurare în gestionarea datelor, permițând în același timp efectuarea operațiilor de control asupra integrității șirurilor de date.

Machetele-program au fost create pentru a fi rulate individual, adresându-se aproape tuturor prelucrărilor existente în studiul hidrometric.

Denumirea machetelor este sugestivă, făcând facilă identificarea lucrărilor ce trebuie selectate și pentru care vor fi utilizate rutinele de verificare. Totodată, în interiorul fiecărei machete există comentarii cu instrucțiuni și explicații detaliate, care pot fi accesate poziționând cursorul *mouse*-ului pe celulele care prezintă un triunghi de culoare roșie în colțul din dreapta sus.

Criteriile stabilite în machete pentru semnalarea erorilor sunt în concordanță cu instrucțiunile metodologice în vigoare.

Denumirile celor 11 machete-program sunt:

1. MACHETA_NIVELURI.xls
2. MACHETA_DEBITE_LICHIDE.xls
3. MACHETA_DEBITE_SOLIDE.xls
4. MACHETA_CENTRALIZATOR.xls
5. MACHETA_PRECIPITAȚII.xls
6. MACHETA_TEMPERATURĂ_AER.xls
7. MACHETA_TEMPERATURĂ_APĂ.xls
8. MACHETA_DECADALĂ_AER.xls
9. MACHETA_DECADALĂ_APĂ.xls
10. MACHETA_FENOMENE_IARNĂ.xls
11. MACHETA_GROSIME_GHEAȚĂ.xls

Machetele-program sunt realizate să ruleze în programul Microsoft Office 2003 (sau în versiuni mai recente) și permit efectuarea următoarelor operații:

- introducerea datelor într-o manieră unitară;
- semnalarea posibilelor erori;
- validarea datelor simultan cu semnalarea erorii;
- corectarea datelor validate de către specialiști;
- transferul și stocarea datelor automat în fișiere EXCEL în cadrul Machetei.

Utilizatorilor le este recomandat ca la introducerea datelor în machete să respecte următoarele condiții:

- separatorul pentru zecimale este „.” (punctul);
- structura matricei tabeli „sursă date” trebuie să fie identică cu matricea machetei-program (numărul și ordinea liniilor și coloanelor trebuie să fie aceleași).

De asemenea, este necesară respectarea ordinii operațiilor în machetă, după cum urmează:



1. Introducerea datelor în machetă în mod:

- manual (prin introducerea fiecărei valori în machetă);
- automat (prin preluarea tabelului cu date din alt fișier EXCEL cu comanda *Copy* din tabelul „sursă date” și aducerea în machetă prin intermediul unui buton de comandă).

2. Validarea datelor introduse în machetă. Aceasta se execută automat pe baza unor criterii hidrologice prestabilite, programul semnalând posibilele erori prin schimbarea culorii celulei respective. În acest caz, specialistul hidrolog este cel care va decide asupra executării corecției valorii semnalate.

3. Stocarea datelor. Această operație permite utilizatorului stocarea datelor validate în interiorul machetei prin transfer automat.

BIBLIOGRAFIE

- Antohei Ș. (1971), *Măsurarea debitelor de apă foarte mici în podului de gheața până aproape de fund*.
- Anton V., Popoviciu M., Fiteri I. (1978), *Hidraulică și mașini hidraulice*, Edit. Didactică și Pedagogică, București.
- Bobeci Al. (1980), *Aplicarea practică a corecției de verticalitate la sondaje executate cu greutate de lezare și cablu*.
- Bolunduț V., Marin M. (1971), *Cercetarea măsurătorilor de debite de apă simplificate de suprafață*.
- Chiriac V., Filotti A., Teodorescu I. (1976), *Lacuri de acumulare*, Edit. Ceres, București.
- Corbuș C. (2010), Programul CAVIS pentru determinarea caracteristicilor undelor de viitură singulare. *INHGA - Conferința Științifică Jubiliară – „Hidrologia și gospodărirea apelor - Provocări 2025 pentru dezvoltarea durabilă a resurselor de apă”*, 28-30 septembrie, București, pag. 116-123, ISBN 978-973-0-09172-4).
- Deaconescu C., Anghelina D., Bârsan A., Ionasec A., Vieru I., Meteș Z. (1979), *Topografie și desen tehnic*, Edit. Didactică și Pedagogică, București.
- Diaconu C. (1968), *Îndrumări metodologice cu privire la desfășurarea activității de determinare a debitelor solide în suspensie*, ISCH.
- Diaconu C. (1971), *Probleme de curgere de aluviuni a râurilor României*, Studii de Hidrologie, XXXI.
- Diaconu C. (1984), *Îndrumări metodologice pentru efectuarea măsurătorilor de debite pe cursurile de apă cu regim torențial*.
- Diaconu C. (1986), *Precizări metodologice în urma analizei materialelor hidrometrice din 1985*, I.M.H., București.
- Diaconu C. (1988), *Râurile - de la inundații la secetă*, Edit. Tehnică, București.
- Diaconu C. (1999), *Hidrometrie aplicată*, Edit. H.G.A., București.
- Diaconu C., Blaga O., Lăzarescu D. (1978), *Hidraulică și Hidrologie*, Edit. Didactică și Pedagogică, București.
- Diaconu C., Dumitrescu V. (1970), *Prime rezultate privind procesul de topire a zăpezii pe parcele impermeabile în teren deschis și împădurit*, I.M.H., București.
- Diaconu C., Lăzarescu D. (1970), *Hidrometrie*, Edit. Didactică și Pedagogică, București.
- Diaconu C., Șerban P. (1994), *Sinteze și regionalizări hidrologice*, Edit. Tehnică, București.
- Diaconu C., Șerban P., Pașoi I. (1980), *Îndrumări metodologice și tehnice pentru reconstituirea scurgerii naturale a râurilor*, I.M.H., București.
- Drobot R., Șerban P. (1999), *Aplicații de Hidrologie și Gospodărirea Apelor*, Edit. H.G.A., București.
- Giurconiu M., Mirel I., Păcurariu M., Popa G. (1977), *Diagrame, nomograme și tabele pentru calculul lucrărilor hidroedilitare*, Edit. Facla, Timișoara.
- Hâncu S. (1976), *Regularizarea albiilor râurilor*, Editura Ceres.
- Jonas T., Marty C., Magnusson J. (2009), Estimating the snow water equivalent from snow depth measurements in the Swiss Alps, *Journal of Hydrology*, Vol. 378, Elsevier.
- Kiselev P.G. (1988), *Îndreptar pentru calcule hidraulice*, coord. Hâncu S., Edit. Tehnică.
- Lateș M., Zaharescu E. (1972), *Apărarea malurilor și protejarea taluzurilor*, Edit. Ceres.
- Lazăr M. (1971), *Influența vegetației asupra regimului nivelurilor*.
- Loghin V. (1996), *Degradarea reliefului și a solului*, Edit. Universității din București.

- Macridin Z., Pănescu C. (1971), *Determinarea debitelor de apă cu ajutorul construcțiilor hidrotehnice în sistemul Timiș-Bega.*
- Măruța Al., Cârlig A. (1981), *Îndrumar tehnic pentru măsurarea debitelor de apă*, CNA, București.
- Mucica N., Măgdălina I., Matei V. (1977), *Exploatarea sistemelor de îmbunătățiri funciare*, Edit. Didactică și Pedagogică.
- Mustață L. (1980), *Erori provenite din neefectuarea de observații suplimentare asupra nivelurilor pentru cazul viiturii din iulie 1975.*
- Nicolau C., Marinovici D., Măgdălina I. (1980), *Hidrometria în exploatarea sistemelor de irigații*, Edit. Ceres.
- Nolin A. (2010), Recent advances in remote sensing of seasonal snow, *Journal of Glaciology*, Vol. 56, nr. 200.
- Pașoi I., Garbea C., Vlad I., Fedoreac I. (1980), *Modalități de determinare a debitelor turbinate necesare în activitatea de reconstituire a regimului natural al scurgerii la UHE cu lac de acumulare ce funcționează în zona de vârf a graficului de sarcină.*
- Pâslărușu I., Rotaru N., Teodorescu M. (1981), *Alimentări cu apă*, Ed. III, Edit. Tehnică.
- Rădoane M., Rădoane N. (2007), *Geomorfologie aplicată*, Edit. Universității Suceava.
- Roșca D. (1989), *Îndrumări metodologice pentru calculul debitelor de aluviuni în regim natural și modificat*, I.N.M.H., București.
- Salomonson V. V., Appel I. (2004), Estimating fractional snow cover from MODIS using the normalized difference snow index, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 89, Elsevier.
- Savin C. (1996), *Dicționar Științific Poliglot*, Edit. Tipored, București.
- Simons D. B., Senturk F. (1976), *Sediment transport technology*, Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado.
- Șendrea D. (1971), *Modificări ale albiei în timpul fenomenelor de îngheț și implicațiile acestora în problemele de prelucrare hidrometrică.*
- Șerban P., Stănescu V. Al., Roman P. (1989), *Hidrologie dinamică*, Edit. Tehnică.
- Șerban P., Pașoi I. (1984), *Erorile care apar la determinarea debitelor afluențe într-un lac de acumulare.*
- Tudorache M. (1971), *Considerații asupra utilizării cheilor limnimetrice multianuale ale debitelor maxime la posturile hidrometrice.*
- *** (1965), *Instrucțiuni pentru rețeaua hidrometrică de bază, Vol. III: Instrucțiuni pentru stațiile hidrologice, Partea I – râuri*, CSA, ID: 21-65, București.
- *** (1963), *Instrucțiuni pentru rețeaua hidrometrică de zapadă*, Vol. I-IV, ISCH.
- *** (1969, 1970), *Manualul inginerului hidrotehnician*, Vol. I și II, Edit. Tehnică.
- *** (1971), *Probleme de hidrometrie*, I.N.M.H., București.
- *** (1974), *Instrucțiuni pentru Stațiile Meteorologice – Efectuarea observațiilor meteorologice și prelucrarea lor în scopuri climatologice*, I.M.H., București.
- *** (1980), *Probleme de hidrometrie*, I.N.M.H., București.
- *** (1984), *Probleme de hidrometrie*, I.N.M.H., București.
- *** (1992), *Glosar Internațional de Hidrologie*, WMO-UNESCO.
- *** (2010), *Manual on Stream Gauging, Volume I - Fieldwork*, WMO-No. 1044.
- *** (2010), *Manual on Stream Gauging, Volume II - Comutation of Discharge*, WMO-No. 1044.
- *** (2012), *International Glossary of Hydrology*, WMO-No. 385, UNESCO.
- *** (2013), *Snow Measurement Guidelines for National Weather Service Surface Observing Programs*, National Weather Service: U.S. Department of Commerce National Oceanic and Atmospheric Administration

ANEXE

ANEXA 1

Notarea parametrilor și a elementelor hidrologice și hidrografice

Nr. crt.	Denumirea elementelor	Notația	Unitatea de măsură	Precizia de notare	Exemple
1	Suprafața bazinului de recepție	F	km ²	Peste 100 km ² în km ² întregi. Sub 100 km ² cu 3 cifre semnificative	100; 108; 1729; 10468; 99,5; 18,5; 6,50; 3,25; 0,320; 0,155
2	Altitudinea medie a bazinului de recepție	H _{med}	m	În metri întregi	342; 1512
3	Suprafața lacului	S	km ²	Idem punctul1	Idem punctul 1
4	Lungimea cursului de apă	L	km	Peste 100 km în km întregi. Sub 100 km cu 3 cifre semnificative	183; 1070; 0,273; 12,7
5	Coordonatele geografice	Longitudine și latitudine	grade și minute	În grade și minute întregi	22°56'
6	Cotă reper/bornă	-	m	În metri cu precizia de 0,001 m	126,345 mMN
7	Altitudinea planului „zero miră”	-	m	În metri cu precizia de 0,001 m	128,632 mMN
8	Poziția planului „zero miră”	-	cm	În centrimetri întregi	12; -44; +100; +448
9	Nivelul apei față de planul „zero miră”	H	cm	În centrimetri întregi	3; 46; 164; 1084
10	Temperatura apei	Tapă	°C	În grade cu precizia de 0,1°	0,4; 2,3; 16,7
11	Temperatura aerului	Taer	°C	În grade cu precizia de 0,1°	-6,5; 0,1; 3,4; 24,7
12	Grosimea gheții, a năboiului și a zăpezii	Gr.gheață, Gr.năboi, Gr.zăp	cm	În centimetri întregi cu rotunjiri la zeci de centrimetri când grosimea este mai mare de 100 cm	9; 96; 250; 520
13	Debitul de apă	Q	m ³ /s	3 cifre semnificative*	0,001; 0,048; 0,148; 5,04; 12,3; 66,4; 564; 1630; 12400
14	Suprafața secțiunii de apă	Ω	m ²	3 cifre semnificative	0,0425; 0,486; 2,74; 64,4; 484; 2210
15	Viteza curentului de apă	v	m/s	3 cifre semnificative	0,003; 0,062; 0,634; 2,37
16	Lățimea râului și perimetrul udat	B și P	m	3 cifre semnificative însă nu mai precis de 0,01 m	0,85; 1,87; 46,8; 735; 1040
17	Adâncimea și raza hidraulică	h și R	m	3 cifre semnificative, dar nu mai precis de 0,01 m dacă h ≤ 4,99 și nu mai precis de 0,1 m dacă h > 5,0 m	0,06; 0,56; 3,28; 12,4
18	Panta suprafeței apei	I	‰	2 cifre semnificative, dar nu mai precis de 0,001‰	0,001; 0,015; 0,58; 1,3
19	Debitul de aluviuni în suspensie și debitul de aluviuni târâte	R și G	kg/s	3 cifre semnificative	0,001; 0,029; 8,39; 64,4; 518
20	Turbiditatea	ρ	g/m ³	3 cifre semnificative	0,085; 7,65; 99,5; 245; 1430
21	Evaporația de la suprafața apei din lacuri	Z	mm	În mm întregi și zecimi de mm dacă Z < 1000 mm și în mm întregi dacă Z ≤ 1000 mm	0,2; 1,3; 10,4; 165,4; 1242

* Dacă debitele de apă sunt mai mici de 0,001 m³/s, dar pot fi măsurate corect, se înscriu valorile respective (ex.: 0,0008 m³/s); dacă debitele de apă nu se pot măsura, dar se observă cu certitudine curgere în albie, se va menționa Q < 0,001 m³/s

ANEXA 2

Coeficienții de rugozitate n pentru cursuri naturale de apă (a) și pentru canale și conducte (b)

(a)

Nr. crt.	Tipuri de cursuri de apă și descrierea lor	Coeficient de rugozitate n		
		minim	mediu	maxim
A.1. Albii minore (lățimea oglinzii apei la nivelul de inundație până la 30.5 m)				
a. Râuri de câmpie				
	1 Albii fără vegetație, drepte, la nivel maxim fără brațe și excavații	0.025	0.030	0.033
	2 La fel ca mai sus, dar cu pietrișuri și vegetație	0.030	0.035	0.040
	3 Albii fără vegetație, cu meandre, depuneri aluvionare (insule), cu unele excavații	0.033	0.040	0.045
	4 Albii cu vegetație rară și pietriș	0.035	0.045	0.050
	5 Albii cu pante mici și secțiuni inactice la nivel mai scăzut al apei	0.040	0.048	0.055
	6 Albii cu vegetație rară și pietriș abundent	0.045	0.050	0.060
	7 Albii cu scurgere leneșă, cu vegetație și excavații	0.050	0.070	0.080
	8 Albii cu vegetație abundentă și zone de revărsare a apei	0.075	0.100	0.150
b. Râuri de munte fără vegetație, maluri abrupte, pomi și tufișuri de-a lungul malurilor, inundabile la niveluri ridicate ale apei				
	1 Patul albiei: pietrișuri, pietre rotunjite și bolovani rari	0.030	0.040	0.050
	2 Patul albiei: pietre rotunjite și bolovani mari și deși	0.040	0.050	0.070
A.2. Albii majore				
a. Pășune, fără tufișuri				
	1 Iarbă scundă	0.025	0.030	0.035
	2 Iarbă înaltă	0.030	0.035	0.050
b. Suprafețe cultivate				
	1 Suprafețe arate, neînsămânțate	0.020	0.030	0.040
	2 Suprafețe cu culturi agricole mature însămânțate în rânduri	0.025	0.035	0.045
	3 Culturi agricole mature însămânțate risipit (nu pe rânduri)	0.030	0.040	0.050
c. Suprafețe cu tufișuri				
	1 Tufișuri izolate, iarbă mare și deasă	0.035	0.050	0.070
	2 Tufișuri izolate și copaci rari iarna	0.035	0.050	0.060
	3 Tufișuri izolate și copaci rari vara	0.040	0.060	0.080
	4 Tufișuri dese, iarna	0.045	0.070	0.110
	5 Tufișuri dese, vara	0.070	0.100	0.160
d. Suprafețe cu copaci				
	1 Sâlcii dese (zăvoi), vara	0.110	0.150	0.200
	2 Teren liber cu copaci tăiați	0.030	0.040	0.050
	3 La fel ca mai sus, dar cu creșterea lăstarilor	0.050	0.060	0.080
	4 Copaci drepti, unii tăiați sau căzuți, cu vegetație ierboasă pitică în apă, nivelul apei nedepășind coroana copacului	0.080	0.100	0.120
	5 La fel ca mai sus dar cu nivelul apei depășind nivelul ramurilor	0.100	0.120	0.160
A.3. Albii majore (lățimea suprafeței apei la nivelul de inundație depășește 30.5 m; valoarea "n" este mai mică decât pentru albiile minore cu descriere asemănătoare, deoarece malurile oferă mai mică rezistență efectivă)				
	a. Secțiune regulată fără bolovani sau tufișuri	0.025	...	0.060
	b. Secțiune neregulată, accidentată	0.035	...	0.100

(b)

Nr. crt.	Tipul de canal și descrierea	Coficient de rugozitate "n"		
		minim	mediu	maxim
A.	Conducte închise, parțial pline			
A.1	Metal			
a.	Oțel			
	1 Sudate și închise cu mufe	0.010	0.012	0.014
	2 Nituite și în spirală	0.013	0.016	0.017
b.	Din fier brut			
	1 Acoperite	0.010	0.013	0.014
	2 Neacoperite	0.011	0.014	0.016
c.	Din fier prelucrat			
	1 Negru	0.012	0.014	0.015
	2 Galvanizat	0.013	0.016	0.017
A.2	Alte materiale			
a.	Sticla	0.009	0.010	0.013
b.	Ciment			
	1 Neted (îngrijit)	0.010	0.011	0.013
	2 Mortar	0.011	0.013	0.015
c.	Beton			
	1 Tub de drenaj drept	0.010	0.011	0.013
	2 tub de drenaj cu coturi	0.011	0.013	0.014
	3 tub de drenaj finisat	0.011	0.012	0.014
	4 Tub colector cu deschizături	0.013	0.015	0.017
	5 Tub nefinisat cu cofraje de oțel	0.012	0.014	0.016
	6 Tub nefinisat cu cofraje de lemn neted	0.012	0.014	0.016
	7 Tub nefinisat cu cofraje de lemn rugos	0.015	0.017	0.020
d.	Lemn			
	1 Din șipci	0.010	0.012	0.014
	2 Din lemn tratat	0.015	0.017	0.020
B.	Canale construite în întregime sau parțial numai pe laterale			
B.1	Din metal			
a.	Cu suprafața netedă, oțel			
	1 Nevopsită	0.011	0.012	0.014
	2 Vopsită	0.012	0.013	0.017
b.	Corodată	0.021	0.025	0.030
B.2	Din alte materiale			
a.	Ciment			
	1 Neted, sclivisit	0.010	0.011	0.013
	2 Mortar	0.011	0.013	0.015
b.	Lemn			
	1 Lemn plan netratat	0.010	0.012	0.014
	2 Lemn rugos	0.011	0.013	0.015
	3 Lemn îmbrăcat cu carton gudronat	0.010	0.014	0.017
c.	Beton			
	1 Finisat cu mistria	0.011	0.013	0.015
	2 Finisat bine (cu apă)	0.013	0.015	0.016
	3 Finisat bine (cu pietriș de fund)	0.015	0.017	0.020
	4 Nefinisat	0.014	0.017	0.020
d.	Canale cu fund de beton finisat, cu părți laterale din :			
	1 Piatră îmbrăcată cu mortar	0.015	0.017	0.020
	2 Piatră îmbrăcată cu mortar din loc în loc	0.017	0.020	0.024
	3 zidărie din resturi de piatră cu beton și ipsos	0.016	0.020	0.024
	4 Idem dar fără ipsos	0.020	0.025	0.030
	5 Pietriș uscat sau prundiș	0.020	0.030	0.035

(b) (continuare)

Nr. crt.	Tipul de canal și descrierea	Coficient de rugozitate "n"		
		minim	mediu	maxim
e.	Canale cu fund de pietriș, cu părți laterale din :			
	1 Beton cofrat	0.017	0.020	0.025
	2 Pietre de râu în mortar	0.020	0.023	0.026
	3 Pietriș, prundiș	0.023	0.033	0.036
f.	Canal din zidărie			
	1 Din pietriș cimentuit	0.017	0.025	0.030
	2 Pietriș, prundiș	0.023	0.032	0.035
g.	Canal din asfalt			
	1 Neted	0.013	0.013	-
	2 Rugos	0.016	0.016	-
h.	Canal cu căptușeală de vegetație	0.030	-	0.500
C.	Canal excavat, dragat			
a.	Canal drept, din pământ			
	1 Curat, recent excavat	0.016	0.018	0.020
	2 Curat, după fenomene de iarnă	0.018	0.022	0.025
	3 Pietriș, secțiune uniformă curată	0.022	0.025	0.030
	4 Cu iarbă scurtă și puține buruieni	0.022	0.027	0.033
b.	Canal sinuos, din pământ			
	1 Fără vegetație	0.023	0.025	0.030
	2 Cu iarbă mărunță și puține buruieni	0.025	0.030	0.033
	3 Buruieni dese sau plante acvatice	0.030	0.035	0.040
	4 Canal cu fund de pământ și părți laterale de balast (pietriș)	0.028	0.030	0.035
	5 Canal cu fund stâncos și maluri îmburuienate	0.025	0.035	0.040
	6 Canal cu fund pietros și maluri curate	0.030	0.040	0.050
c.	Canal excavat cu dragalina (dragat)			
	1 Fără vegetație	0.025	0.028	0.033
	2 Cu tufișuri rare pe maluri	0.035	0.050	0.060
d.	Canale neîntrerupte cu tufișuri și buruieni			
	1 Buruieni dese, înalte	0.050	0.080	0.120
	2 Canale cu fund curat și cu tufișuri laterale	0.040	0.050	0.080
	3 Canale cu fund curat și tufișuri pe părțile laterale la nivelul maxim (H_{max})	0.045	0.070	0.110
	4 Canale cu tufișuri dese pe părțile laterale la nivelul maxim (H_{max})	0.080	0.100	0.140

ANEXA 3

Fișe tehnice la folosințe și acumulări

A. Fișa tehnică a captării/restituției de apă/derivației bazinale

1. Date generale

Localitatea	Raul/acumularea din care se capteaza/restituie apa (cod)	Hm de la izvor	C/R	Tip A/I/P/R/D/H	An PIF	Suprafata irigata	Principalele culturi irigate	Qmax punctul de contact emisarul	C/R la de recirculare natural	Daca exista de posibilitate de a	Observatii

2. Conducte

Nr cf schemei	Q (m ³ /s)	Dimensiuni		Q max sau Q instalat (m ³ /s)	Material de construcție
		Ø sau b*h (m)	i (%)		

3. Statii pompare de ordinul I si II

Nr cf schemei	Tip pompe	Nr pompe	Q instalat/pompă (m ³ /s)

4. Bazine / Rezervoare

Nr cf schemei	Forma	Numar	Dimensiuni	Volum total per bazin/rezervor (m ³)	Mod actionare a-automat m-manual
			Ø sau b*h H (m)		

5. Dotare hidrometrica existenta

Nr	Tip aparat	Unde este amplasat

B. Fișa tehnică a acumulării

1. Date generale

Localitatea	Raul/cod cadastral	Beneficiar (denumire/adresa/tele fon/fax)	Perioada de execuție	Anul punerii în funcțiune	Observații

2. Elemente fizico-geografice ale bazinului de recepție în secțiunea barajului

Râul/cod cadastral	F(km ²)	Hm de la izvor	Altitudinea medie (m)	Grad împădurire*	Litologie dominantă*

* se completează dacă există informații

3. Date caracteristice ale acumulării

Tip	Grad regularizare	Zona influențată în aval	Elemente influențate (se marchează cu „X” debitele influențate)			Q _{max} admis în aval (m ³ /s)	Q _{min} admis în aval (m ³ /s)	Funcții	Lungime acumulare (Km)		Latime maximă (m)	Lungime la coronament (m)	Latime la coronament (m)	Tip baraj	Suprafața maximă (ha)
			Q _{min}	Q _{med}	Q _{max}				La NNR	La NME					

Abrevieri:

Tip: (se pot înscrie mai multe coduri)

- P- Permanentă
- Z -Zilnică
- N- Polder în albie (nepermanentă)
- S- Săptămânală
- L- Polder lateral
- SZ-Sezonieră

Grad regularizare:

- C- În cascadă
- A- Anuală
- I -Izolată
- M- Multianuală
- T- Tampon

De exemplu: PCL Acumulare permanentă situată în cascadă și cu polder lateral.

Funcții:

- E- Energie electrică
- G- Greutate
- I -Irigații
- A -În arc
- P- Piscicultură
- C- Cu contraforturi

Tip baraj:

- A- Alimentare cu apă potabilă/industrială
- E -Evidat
- V -Atenuare viituri
- M- Mobil (de tip stăvilă)
- P- Din pământ
- AN- Din anrocamente

Zonă influență în aval: se menționează ultima stație hidrometrică din aval la care se estimează că regimul natural este afectat de către acumulare (la ape medii și mici)

4. Niveluri și volume caracteristice:

Niveluri (MrMN):	
Volum corespunzător (10^6 m^3)	

Se menționează nivelurile:

Talveg
 Ax goliri de fund și semifund
 Creastă deversor
 Cotă inferioară prize (turbine, alimentări cu apă, debușări, derivații), coronament,
 Nivel minim de exploatare (NmE),
 Nivel normal de retenție (NNR),
 Nivel maxim de exploatare (NME).

Tip:

GF - Golire de fund/semifund
 GFV - Golire de fund echipată cu vană
 D - Deversor cu profil practic
 P - Deversor pâlnie
 CPR - Canal cu pantă rapidă
 DS - Deversor echipat cu stavile
 DF- Deversor fuzabil

5. Centrala hidroelectrică:

Categorie centrală	Turbine				Anul PIF	Observații
	Număr	Tip	Q instalat /turbina (m^3/s)	Cădere netă H_{net} (m)		

6. Descărcători de ape mari

Nr crt	Tip	Nr	Dimensiuni \varnothing sau $b \cdot h$ (m)	Cota ax/prag (mrMN)	Deschidere maxima „a” (m)	Q_{max} pentru		Amplasament	Obs
						1 evacuator	Total		

Categorie centrală:

B - în frontul barajului
 P -Cu aducțiune sub presiune
 R -Centrală cu acumulare prin pompaj
 L Cu aducțiune cu nivel liber
 S -Subterană

Tip turbine:

P- Pelton
 F- Francis
 K- Kaplan
 D -Deriaz (bulb)

7. Prize

Nr.crt	Amplasament	Tip	Numar	Dimensiuni Ø sau b*h (m)	Cota ax priza (mrMN)	Q _{instalat} (m ³ /s)	Observații

Tip:

C -Captare pentru apă potabilă/industrială sau irigații

DR -Debușare derivație

T -Priză tiroleză

8. Hidrometrie existentă

Nr.crt	Tip aparat/echipa ment de măsurare	Localizare aparat/echipa ment de măsurare	Element măsurat	Frecvența de măsurare

9. Chei limnimetrice ale evacuatorilor (exprimare tabelară)

10. Curbele caracteristice ale acumulării (W-H și S-H) exprimate nivel minim de exploatare (NmE)

Se anexează următoarele piese desenate:

1. Harta cu localizarea în bazinul hidrografic a amenajării hidrotehnice;
2. Schița barajului cu indicarea nivelurilor caracteristice;
3. Schema amenajării hidrotehnice;
4. Profil longitudinal prin talveg;
5. Harta cu acumularea cu indicarea profilelor în care se fac ridicări batimetrice pentru determinarea curbelor caracteristice și pentru urmărirea evoluției colmatării;
6. Cheile limnimetrice ale evacuatorilor (facultativ pentru debitele turbinate);
7. Schiță/hartă cu localizarea aparatelor/echipamentelor de măsurare ale elementelor hidrometrice, precum și cu indicarea tuturor obiectivelor (canal, conducte, rezervoare etc.)

ANEXA 4

A. B. A.:
S. H.:

Raul:
S. h.:
Anul:

DATE DE SINTEZA DEBITE DE APĂ

1. Niveluri (cm)

1.1. Cote caracteristice (mrMN)

Cota reper (mrMN)	Cota '0 mira' (mrMN)	Perioada de valabilitate	Cota reper (mrMN)	Cota '0 mira' (mrMN)	Perioada de valabilitate

1.2. Niveluri anuale (cm '0 mira')

Nivel minim masurat/ Data	Nivel mediu	Nivel maxim masurat/ Data	Perioade cu secare	Perioade cu inghet total	Perioade cu baltire
Nivel minim produs/ Data		Nivel maxim produs/ Data			

1.3. Niveluri maxime reconstituite (cm '0 mira'), datorita neinregistrarii directe

Data	Nivel produs	Mod reconstituire (cutie martor, urme etc.)	Data	Nivel produs	Mod reconstituire (cutie martor, urme etc.)

2. Pante si profile *

Nr. crt.	Data	H (cm '0 mira')	Debit corespunzator din CL (m ³ /s)	Distanta L (m) pe care s-a ridicat panta	Panta I (‰)	Data ridicarii profilului
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

* pantele se completeaza daca nu exista mire de panta

A. B. A.:
S. H.:

Raul:
S. h.:

3. Debite de apa (m³/s)

3.1. Numar de masuratori

Nr. masuratori Q				Nr. masuratori Q efectuate cu:				Nr. masuratori de
Total	In profilul:			Morisca	Micro-morisca	Flotori	Alt aparat	
	Mira	Pod	Alt					

3.2. Situatii de extrapolare

Data	Q max/min masurat	Q max/min extrapolat	Data	Q max/min masurat	Q max/min extrapolat	Data	Q max/min masurat	Q max/min extrapolat

3.3. Debite de apa caracteristice

Valori inregistrate					Valori lunare anuale reconstituite			Raport pentru valori lunare Qrec/ Q mas		
Med an	Max an	Data	Min an	Data	Med an	Max an	Min an	Sistematic	Expeditionar	Metrie beneficiar

3.4. Metode de prelucrare

Perioada					
Metoda					

4. Masuratori cu abateri > 10% sau eliminate

Numar masuratoare			
Cauza probabila			
Numar masuratoare			
Cauza probabila			

5. Afectarea curgerii

Este afectata curgerea?			Se reconstituie Q lunar?	Nr. folosinte si acumulari utilizate pentru reconstituire			Nr. folosinte utilizate pentru reconstituire, controlate		
Medie lunara	Medie zilnica	Maxima		Total	Acumulari	Folosinte	Sistematic	Expeditionar	Metrie beneficiar

6. Observatii suplimentare (mutari mire, cauze intreruperi activitate, explicatii colmatari/eroziuni puternice, aprecieri asupra calitatii datelor de la folosintele si acumulările utilizate pentru reconstituirea curgerii naturale etc.)

Intocmit:
Semnatura:

Sef statie hidrologica:
Semnatura:

ANEXA 5

A. B. A.:
S. H.:

Raul:
S. h.:

DATE DE SINTEZA DEBITE DE ALUVIUNI IN SUSPENSIE

1. Scurgerea solida este afectata de:

-
-

2. Numar de masuratori si metode de prelucrare

Nr. masuratori de aluviuni în suspensie (R)			Nr. masuratori de aluviuni târâte (G)	Perioada / Metode prelucrare R*								Metode prelucrare G*	
Simple	Simplificate	Complete											

* I – interpolare; D – metoda directa; Id – metoda indirecta

3. Legatura $\rho_m \times \rho_u$

3.1. Exprimarea matematica $\rho_m = \rho_u$

3.2. $\rho_{max\ mas} =$

3.3. $\rho_{min\ mas} =$

3.4. Aprecieri calitative ale legaturii $\rho_m \cdot \rho_u$

3.5. Abscisele de recoltare a probelor simple: mal stang _____; mal drept _____

4. Mod de acoperire cu masuratori R la viituri

Nr. viituri	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Perioada										
Nr. masuratorilor complete										
Nr. masuratorilor simplificate										
Nr. masuratorilor simple										
Q_{max} înregistrat										
Q_{max} la masuratorile complete										
Q_{max} la masuratorile simplificate										
Q_{max} la masuratorile simple										
Ecart masurat prin masuratori complete / ecart de debite lichide produs (Q)										

5. Valori caracteristice anuale

Q_{lim} (m ³ /s)	R (kg/s)					ρ (kg/m ³)					G _{an} (kg/s) WG
	R _{max} Data	R _{min} Data	\bar{R}_{an}	$\bar{R}_{lunar\ max}$	$\bar{R}_{lunar\ min}$	$\bar{\rho}_{max}$ Data	$\bar{\rho}_{min}$ Data	$\bar{\rho}_{an}$	$\bar{\rho}_{lunar\ max}$	$\bar{\rho}_{lunar\ min}$	

Intocmit:
Semnatura:

Sef statie hidrologica:
Semnatura: