

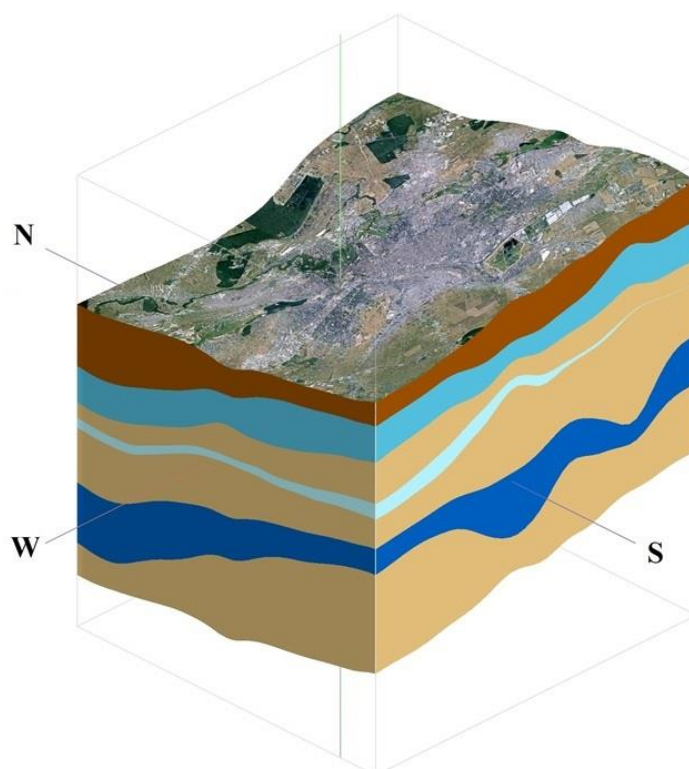


UNIVERSITATEA BUCUREȘTI
FACULTATEA DE GEOLOGIE ȘI GEOFIZICĂ



MANAGEMENTUL SISTEMULUI ACVIFER DE MICĂ ȘI MEDIE ADÂNCIME DIN ZONA MUNICIPIULUI BUCUREȘTI

Rezumatul Tezei de Doctorat



Coordonator științific:
Prof. Dr. Ing. Daniel SCRĂDEANU

Doctorand:
Ing. Dumitru NEAGU

București 2017

CUPRINS

INTRODUCERE.....	3
1. DATE GENERALE.....	3
2. CADRUL NATURAL AL AMPLASAMENTULUI	4
2.1. LOCALIZARE, POPULAȚIE	4
2.2. ALIMENTAREA CU APĂ DIN SURSE DE SUPRAFAȚĂ	5
2.3. ALIMENTAREA CU APĂ DIN SUBTERAN	5
2.4. TRANSPORTUL APEI PRIN APEDUCTE	6
2.5. ASPECTE GEOMORFOLOGICE	7
2.6. ELEMENTE HIDROLOGICE	9
3. CARACTERIZAREA GEOLOGICĂ ȘI HIDROGEOLOGICĂ A STRUCTURII DE MICĂ ȘI MEDIE ADÂNCIME	10
3.1. CARACTERIZAREA GEOLOGICĂ	10
3.2. CARACTERIZAREA HIDROGEOLOGICĂ.....	12
4. CARACTERIZAREA HIDROCHIMICĂ A ACVIFERELOR DE MICĂ ȘI MEDIE ADÂNCIME	15
4.1. ACVIFERUL DIN PIETRIȘURILE DE COLENTINA.....	16
4.2. ACVIFERUL DIN NISIPURILE DE MOSTIȘTEA.....	18
5. MODELUL CONCEPTUAL AL SISTEMULUI ACVIFER DE MICA SI MEDIE ADÂNCIME. 21	
5.1. MODEL SPAȚIAL-SCHEMATIZAREA SPAȚIALĂ A SISTEMULUI ACVIFER DE MICĂ ȘI MEDIE ADÂNCIME	21
5.2. MODELUL PARAMETRIC	24
5.3. MODELE ENERGETICE	24
5.3.1. Schematizarea hidrodinamică a sistemului acvifer de mică și medie adâncime.....	25
5.3.2. Condiții pe frontiere. Zone de alimentare, solicitări hidrodinamice, transfer hidric vertical	25
5.3.3. Surse cu potential ridicat de poluare a apelor subterane.....	26
6. EVALUAREA PRIN MODELARE NUMERICĂ A CURGERII APEI SUBTERANE ÎN SISTEMELE ACVIFERE DE MICĂ ȘI MEDIE ADÂNCIME.....	27
6.1. MODELUL NUMERIC AL SISTEMULUI ACVIFER DE MICĂ ȘI MEDIE ADÂNCIME ..28	
6.1.1. Modelul spațial	28
6.1.2. Modelul parametric.....	29
6.1.3. Condiții pe frontiere.....	30
6.1.4. Calibrarea modelului sistemului acvifer	30
7. PLANUL DE MANAGEMENT AL SISTEMULUI ACVIFER DE MICĂ ȘI MEDIE ADÂNCIME	32
7.1. PROIECTAREA SURSELOR DE EXPLOATARE ALE APEI SUBTERANE	32
7.2. SIMULARE DE TRANSPORT POLUANT MISCIBIL.....	35
7.3. DELIMITAREA PERIMETRELOR DE PROTECȚIE HIDROGEOLOGICĂ PENTRU SURSELE DE APA SUBTERANĂ	36
8. MODALITĂȚI DE UTILIZARE A MODELELOR MATEMATICE ÎN MANAGEMENTUL APELOR SUBTERANE.....	36
9. MĂSURI DE PREVENIRE ȘI LIMITARE A PROCESULUI DE POLUARE A APELOR SUBTERANE	37
10. CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE	37
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ	39
LUCRĂRI NEPUBLICATE	40

INTRODUCERE

Lucrarea de față reprezintă sinteza unei activități practice și științifice desfășurată de-a lungul unui interval de timp de peste 30 de ani. La baza acestei lucrări au stat multe ore de documentare, de urmărire și conducere a lucrărilor din teren și de studiu și cercetare. Deplasările de pe teren, efectuate pe diverse șantiere în care se executau lucrări de foraj pentru alimentări cu apă, pompări experimentale în forajele din cadrul Rețelei Hidrogeologice Naționale sau în forajele pentru lucrările de epuizament au condus la obținerea datelor de specialitate ce au fundamentat atât modelul stratigrafic 3D, cât și modelul matematic al proceselor de curgere și transport din hidrostructura de mică și medie adâncime de pe teritoriul Municipiului București.

Teza este structurată în 9 capitole și cuprinde 62 figuri în text, 11 tabele în text, 23 anexe grafice și 9 anexe tabelare. În primul capitol este definit conceptul de management al unui sistem acvifer și obiectivele principale ale lucrării. Capitolul al doilea prezintă o analiză și descriere a factorilor esențiali care contribuie la formarea rezervelor și resurselor de apă subterană. De asemenea sunt prezentate sistemele de alimentare cu apă a populației (surse de ape subterane, apeducte etc). În capitolul al treilea sunt prezentate elementele geologice și structurale ale hidrostructurii de mică și medie adâncime. Capitolul al patrulea prezintă caracterizarea geologică și hidrogeologică a structurii de mică și medie adâncime. Sunt caracterizate în mod individual acviferele din Pietrișurile de Colentina, din Nisipurile intermediare și din Nisipurile de Mostiștea. Caracterizarea hidrochimică a hidrostructurii este realizată în capitolul cinci. Sunt prezentate principalele faciesuri hidrochimice ale apelor subterane. În capitolul al șaselea este definit modelul conceptual al hidrostructurii, fiind prezentate cele 3 tipuri de schematizări: spațială, parametrică și hidrodinamică. De asemenea sunt prezentate valorile parametrilor hidrogeologici, K, T și principalele surse posibile de poluare a apei subterane. În capitolul al șaptelea este prezentat modelul numeric al curgerii apei subterane, calibrarea lui și elementele principale ale bilanțului hidric. Capitolul al optulea cuprinde elementele principale utilizate în modelul numeric pentru proiectarea surselor de exploatare apă subterană. Sunt prezentate rezultatele unor simulări de pompare cu debite de 50 și 100 l/sec pe trei fronturi de captare Clinceni, Pipera și zona nordică a Municipiului București. De asemenea acest capitol prezintă modelul matematic de transport poluanți prin mediul acvifer cu simularea contaminării cu un poluant miscibil și rezultatele simulării pentru delimitarea perimetrelor de protecție hidrogeologică pentru 200-220 foraje. Tot în acest capitol mai sunt prezentate măsurile de prevenire și limitare a procesului de poluare a apelor subterane și principalele norme legislative elaborate de Comunitatea Europeană pentru exploatarea rațională a apei în condiții de protecție și conservare a structurilor acvifere. În capitolul al noulea sunt prezentate concluziile și principalele contribuții personale aduse de doctorand în lucrare.

1. DATE GENERALE

Managementul resurselor de apă subterană reprezintă adoptarea tuturor măsurilor de exploatare rațională a apei în condiții de protecție și exploatare durabilă a structurilor acvifere. Elementele manageriale se referă la depistarea pârgھیilor decizionale astfel încât acestea să fie fundamentate științific, pe baza unui grad de cunoaștere cât mai detaliat al resursei, cum ar fi condițiile de generare, configurația rezervorului, modul de curgere, gradul de protecție și risc, măsurile de protecție, comportamentul hidrodinamic, variațiile calitative, condițiile de exploatare, regenerare și evaluarea corectă a rezervelor și resurselor de apă subterană (Palcu et al., 2012).

Managementul apelor subterane poate fi divizat în:

- managementul cantitativ care implică probleme privind cunoașterea și gradul de asigurare a resurselor de apă, protecția cantitativă și modalitățile de regenerare a acestora;
- managementul calității care implică satisfacerea necesităților de calitate ale apelor subterane, protecția și modalitățile de stopare a efectelor negative ale poluării acestora.

În România resursele de ape subterane estimate la 9.7×10^9 m³/an (sursa: I.N.H.G.A.) sunt considerate obiectiv strategic doar în teorie (Legea apelor 107/1996) dar concret acest tip de obiectiv se păstrează numai în cazuri limită sau în cazul alertărilor semnalate de către foruri și organisme internaționale.

De aceea această lucrare apare într-un moment extrem de oportun, propunând aplicarea unui management eficient asupra sistemului acvifer de mică și medie adâncime din zona municipiului București. Astfel pot fi evitate pericolele potențiale de natură cantitativă (supraexploatare) și calitativă (poluări accidentale) ce pot genera criza apei.

Principalele obiective ale lucrării sunt:

- a) **Evaluarea rezervelor de apă subterană** s-a realizat prin definirea modelului conceptual al hidrostructurii de mică și medie adâncime.
- b) **Evaluarea hidrochimismului** apelor subterane a fost realizată astfel încât s-au obținut următoarele:
 - stabilirea tipurilor hidrochimice ale apei subterane
 - evaluarea caracterului de potabilitate, în conformitate cu prevederile actuale, respectiv Legea 458/2002, completată cu Legea 311/2004 și Directiva Cadru Apa 2000/60/EC.
- c) **Evaluarea consumurilor de apă, al volumelor de apă prelevate din subteran** (sursa: SGA, Apele Române) a fost realizată pentru identificarea elementelor ce au constituit date de intrare în modelul conceptual și ulterior în modelul numeric (debite exploatare, distribuția forajelor de exploatare).
- d) **Dimensionarea zonelor de protecție**, și a perimetrelor de protecție hidrogeologică a fost realizată în conformitate cu legislația specifică, HG 930/2005 și Ord. MMAP 1278/2011. Zonele de protecție sanitară au formă circulară cu raza de 10 m și centrul fixat pe amplasamentul forajului. Perimetrele de protecție hidrogeologice sunt dimensionate prin distanțe amonte și aval cu valori cuprinse între 200-2000 m.

2. CADRUL NATURAL AL AMPLASAMENTULUI

2.1. LOCALIZARE, POPULAȚIE

Municipiul București este plasat în partea centrală a Câmpiei Române, în mijlocul celui mai mare șes al României. Din punct de vedere geografic se situează la intersecția paralelei de 44°25'50", latitudine nordică cu meridianul de 26°4'50", longitudine estică.

Suprafața totală a zonei cercetată, delimitată de centura Bucureștiului este de 363 km² cuprinzând teritoriul administrativ al orașului (237,87 km²) și localitățile Chiajna și Chitila în VNV, Pantelimon, Dobroiești, Voluntari în ENE, Popești-Leordeni în SE.

Conform Institutului Național de Statistică, în anul 2015 populația Municipiului București era de 2.1 milioane care reprezintă 9.4% din populația României (12.57 milioane-mediul urban).

Din perspectiva Directivei Cadru Apă, Municipiul București se situează în zona sud-vestică a corpului de apă ROAG 11- „Nisipurile de Mostiștea” (Figura 1).

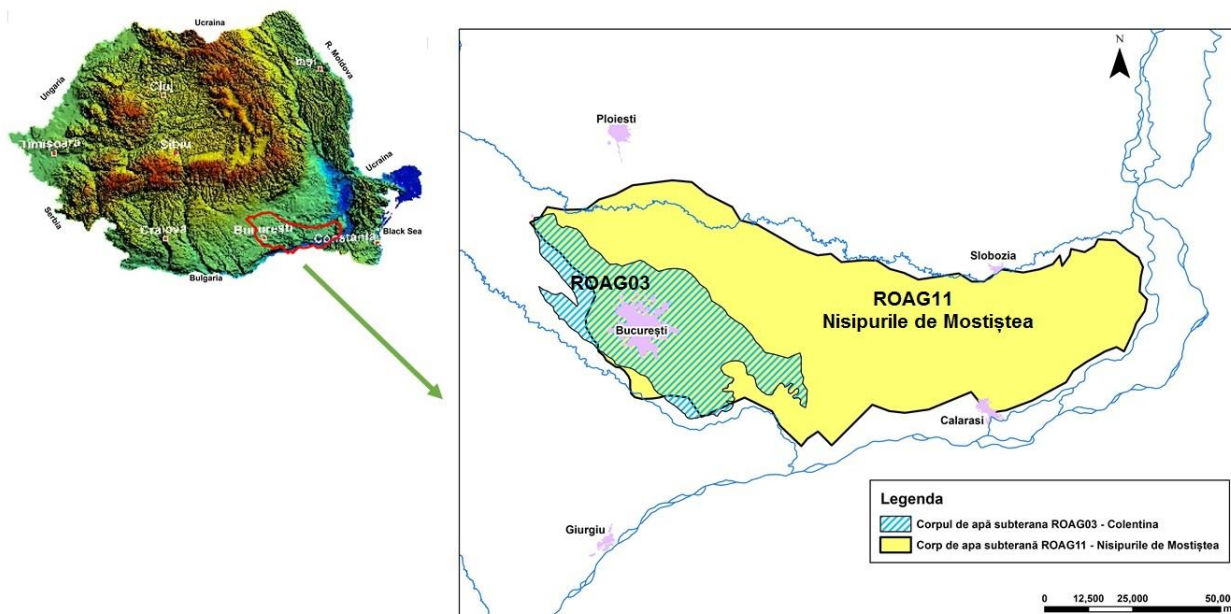


Figura 1 – Localizarea municipiului București în interiorul corpurilor de apă ROAG03 (Colentina) și ROAG11 (Nisipurile de Mostiștea)

O dată cu dezvoltarea orașul București a crescut cererea pentru apă provenită din sursele de suprafață (râul Dâmbovița, lacuri) și din frontul de captare Ulmi, realizat în perioada 1900-1910. Dacă în 1890 cerința de apă pentru locuitorii capitalei era de 1500 l/sec, în anul 2013 aceasta a crescut ajungând la 12600 l/sec (sursa: AN „Apele Române”).

2.2. ALIMENTAREA CU APĂ DIN SURSE DE SUPRAFAȚĂ

Apa brută utilizată pentru producerea apei potabile distribuită în București este captată din râurile Argeș și Dâmbovița fiind tratată în 3 uzine de potabilizare: Roșu, Arcuda și Crivina-Ogrezeni.

a) Uzina Roșu se situează în zona de nord-vest a Capitalei. Apa brută necesară pentru potabilizare în uzina Roșu provine din râul Argeș. Capacitatea de tratare a uzinei este de cca. 300000 m³/zi (max. 520000 m³/zi).

b) Uzina Arcuda este alimentată cu apă brută din râul Dâmbovița. Capacitatea de tratare a apei brute este de 650000 m³/zi.

c) Uzina Crivina-Ogrezeni (2006) are capacitatea de tratare a apei brute este 260000 m³/zi. Alimentarea cu apă brută se realizează din râul Argeș prin priza de apă de la Crivina.

Conform “Raportului anual privind Starea Mediului în România pe anul 2014” (MPPM-ANAR), în anul 2013, cererea de apă provenită din sursă de suprafață a fost de 364934.6x10³ m³ fiind solicitată pentru: populație -182303.6x10³ m³, industrie - 159007.6x10³ m³ și agricultură - 23623.4 x10³ m³. În același raport se evidențiază că prelevările de apă de suprafață au fost mai mici cu circa 20 % față de cerința.

2.3. ALIMENTAREA CU APĂ DIN SUBTERAN

În perioada 2011-2014, în cadrul Administrației Bazinale de Apă Argeș-Vedea, Sistemul de Gospodărirea Apelor Ilfov-București, existau inventariate un număr de 1449 foraje

de mică, medie și mare adâncime dintre care în funcțiune 997 foraje (Tabelul 1). Volumele de apă preluate din subteran în perioada 2011-2014 este prezentată în tabelul nr.1.

An	Foraje	Foraje în exploatare	Foraje în conservare	Foraje casate	Volum apă exploatat (m ³)	Debit exploatat (l/sec)
2011	-	530	-	-	1753x10 ³	55.59
2012	550	395	140	15	1530x10 ³	48.51
2013	569	414	151	4	1869x10 ³	59.26
2014	706	419	280	7	1430x10 ³	45.34

Tabelul 1 – Foraje exploatare acvifere Colentina-Mostiștea, volume de apă exploatate (sursa: Administrația Bazinală de Apă Argeș-Vedea)

Începând din anul 2010, operatorul de apă “Apa Nova” București a renunțat la sursa subterană Ulmi, jud. Giurgiu (debit de cca. 550 l/sec.) constituită dintr-un front de captare (lungime 6.3 km) alcătuit din 228 foraje de mică adâncime și 20 foraje de mare adâncime (acviferul Frățești).

2.4. TRANSPORTUL APEI PRIN APEDUCTE

Transportul apei potabile și industriale de la principalele surse de apă de suprafață Arcuda (650000 m³/zi), Crivina-Ogrezeni (260000 m³/zi) și Clinceni-Bragadiru, către stațiile de pompare și apoi către 20 rezervoarele cu o capacitate de înmagazinare 360000 m³/zi (Fig. 2).

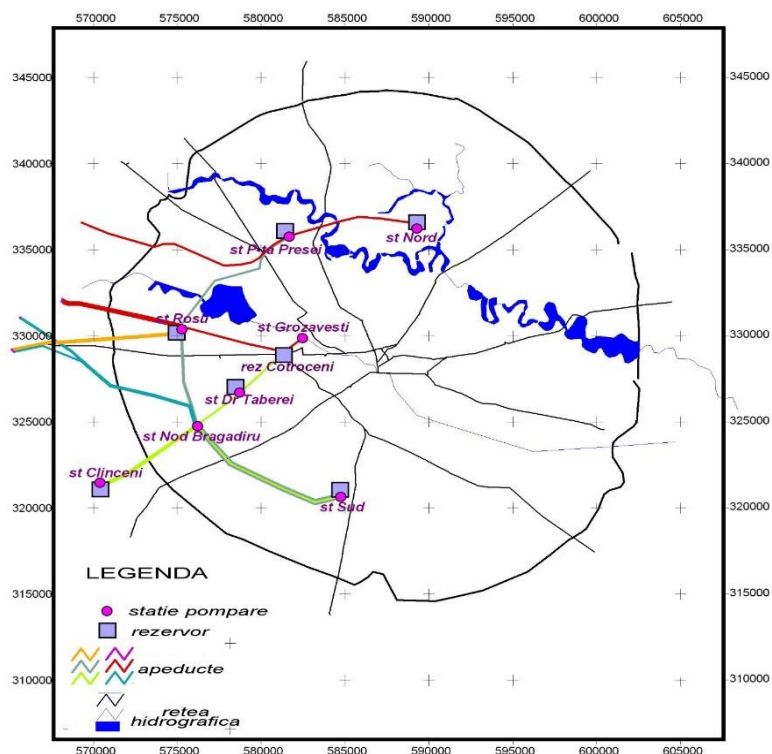


Figura 2 – Distribuția apeductelor și a principalelor stații de pompare a apei amplasate în zona Municipiului București.

În interiorul Municipiului București, în anul 2011 apa potabilă și industrială a fost distribuită prin cca. 2090 km de artere speciale (sursa: Apa Nova București):

- 590 km artere cu diametru de 250-1000 mm;
- 1500 km artere cu diametru de 100-200 mm

2.5. ASPECTE GEOMORFOLOGICE

Din punct de vedere geomorfologic Municipiul București se situează pe câmpia cu același nume „Câmpia Bucureștiului”.

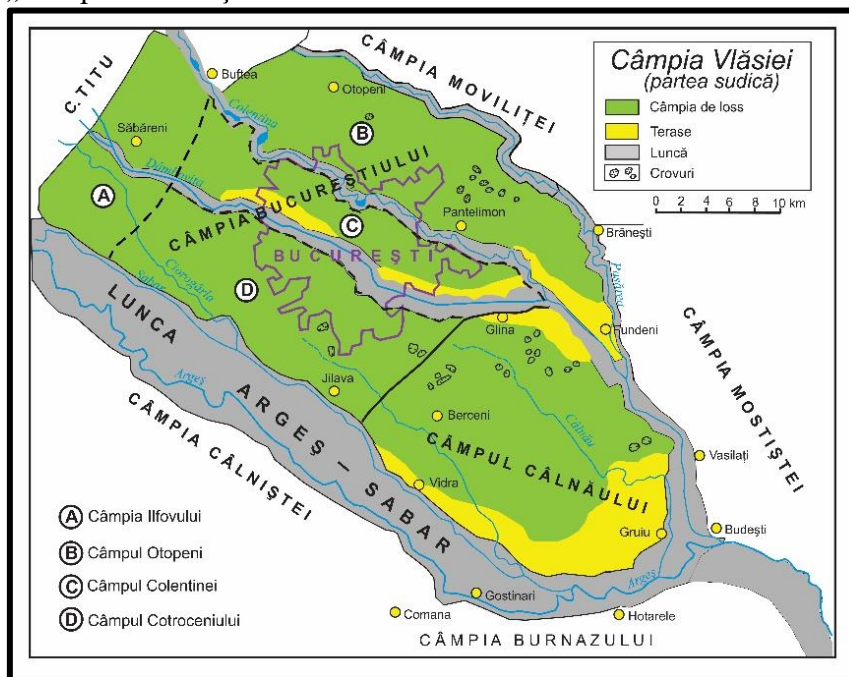


Figura 3 – Câmpia Vlăsiei, partea sudică (Badea, L., Buza, M., Sandu, M., Sima, M., Micu, M., Jurchescu, M., 2011)

Câmpia Bucureștiului reprezintă acea parte a Vlăsiei care stă sub influența directă sau imediată a capitalei; ea își conturează unele aspecte fizico-geografice deosebite față de subunitățile vecine (Figura 3). În vest, limita sa merge până la malul luncii Argeș –Sabar, în est până la valea Pasărea, în nord până la câmpia de subsidență Titu, iar la sud are o limită tranzitorie către câmpia mai fragmentată și mai înclinată a Călnăului (trecînd, aproximativ, puțin la nord de limita sudică a Sectorului agricol Ilfov).

Câmpia Ilfovului, denumită astfel după pârâul cu același nume, se află în arealul Buftea și reprezintă fișia de tranziție către câmpia subsidentă Titu. Se extinde mai mult în județele Dîmbovița și Giurgiu. Specific este faptul că râurile sînt foarte puțin adâncite în câmpie, albiile sunt adesea mlăștinoase, pânza freatică este la mică adâncime (3 -5 m), astfel că în perioadele cu ploi abundente apare exces de umiditate.

Câmpul Otopeni – Cernica este delimitat de văile Pasărea și Colentina. Ca altitudine, coboară de la 105 m în nord-vest la 60 m în sud-est, cu o pantă în jur de 1,1‰ (Figura 4). Domină altitudinile de peste 80 m (60%). Văiugile au secționat câmpul principal în trei câmpuri secundare: Câmpul Otopeni (în vest), mai neted și străbătut doar de unul din izvoarele văii Pasărea, abia insinuată în relief și uneori mlăștinoasă; câmpul Pipera, cu valea Saulei, lată de 100-150 m; Câmpul Pantelimon – Cernica, cu valea Tinganului, ce curge aproape pe centrul său și unde se găsește cea mai mare fragmentare a câmpului, inclusiv prin crovuri.

Câmpul Colentinei este situat între văile Colentina și Dâmbovița, în nord-vest trecînd lent în Câmpia Ilfovului; ocupă cam 32% din Câmpia Bucureștiului. Coboară de la 100 m în pădurea Râioasa la sub 60-65 m la Cățelu și Căldăraru (Figura 4).

Câmpul Cotroceni – Berceni (Figura 4) este extins între Dâmbovița și Sabar; la nord-vest trece lent în Câmpia Ilfovului, iar la sud în cea a Călnăului. În vest este intersectat de râul Ciorogîrla (la Bragadiru). Partea ce aparține municipiului reprezintă cam 26% din Cîmpia Bucureștiului și are altitudini de 95 m în nord-vest și 70m în sud și est.

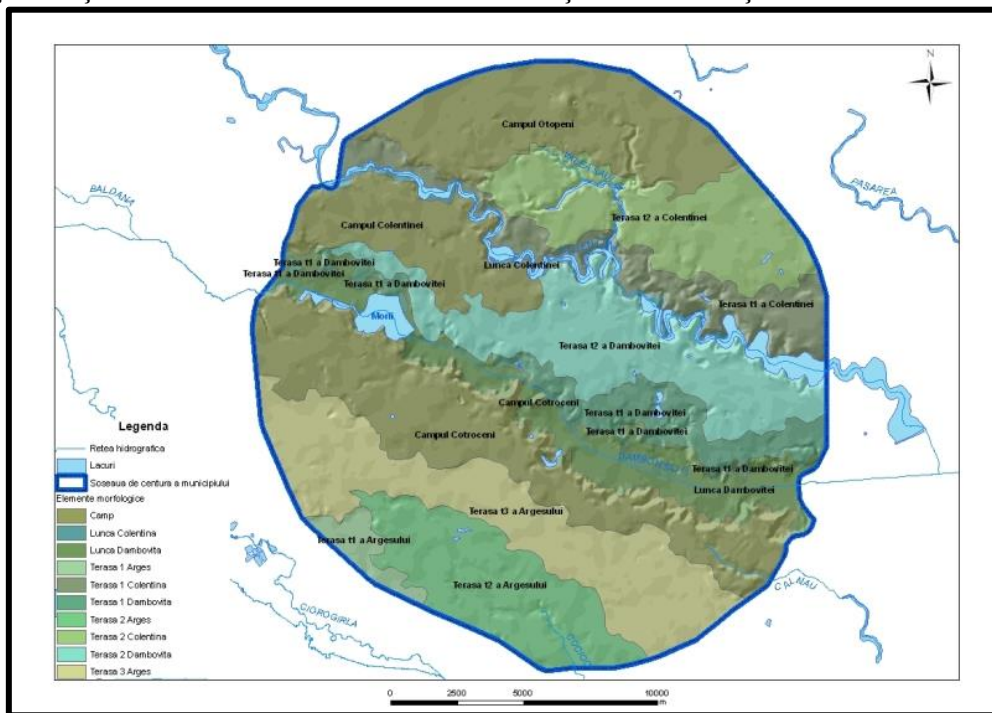


Figura 4 – Harta geomorfologică a municipiului București (Lăcătușu et al., 2008)

Pătura de loess este groasă (circa 10 m), fapt pentru care câmpul prezintă crovuri mai mari pe treapta înaltă, mai mici, pe treapta joasă, dar multe însă s-au îngemănat în văiugi, care își au obârșia în sudul acestei subunități (Cîlnăul și Slotea).

Terasa “t2” a râului Colentina – trecerea de la Câmpul Otopeni la terasa de 10-12 m (t2) este marcată de existența pe terasă a unor microdepresiuni alungite V-E, paralele cu limita dintre cele două elemente morfologice (Figura 4). Taluzul natural dintre cele două elemente de relief, având 1,5-2,0 m înălțime, se găsește la cote de 91-90 m pe șoseaua București-Ploiești și la 86-85 m în localitatea Pipera.

Terasa “t1” a râului Colentina, cu altitudinea relativă de 7-8 m, se extinde pe partea sa stângă, pe o lățime medie de circa 1500 m. Podul terasei prezintă cote de 90 m la Străulești, 87 m în punctul toponimic Green Lake din sudul cartierului Vatra Nouă, 83 m în cartierul Aviației, 78 m în Fundeni și 75 m în orașul Pantelimon.

Terasa “t2” a râului Dâmbovița, cu altitudinea relativă de 7-8 m, se dezvoltă la sud și la est de Câmpul propriu-zis. Râul Dâmbovița a clădit conul aluvial prezent în subasamentul Câmpului și apoi la terasat, tăind acest nivel morfologic, inferior prin altitudine. Podul terasei are altitudini de la 82 m la Gara Basarab, 75 m la Uzinele Faur S.A. și 70 m la Fabrica de Oxigen Cățelu.

Terasa “t1” a râului Dâmbovița, cu altitudinea relativă de 3-5 m, este prezentă în cartierele Giulești Sârbi, Vitan, Dudești și Cățelu, și are o lățime medie de 750-2000 m. Altitudinea absolută a reliefului la nivelul podului variază de la 88 m pe Calea Giulești din cartierul Giulești-Sârbi la 63 m în extremitatea estică a bulevardului Theodor Pallady.

2.6. ELEMENTE HIDROLOGICE

Sub aspect hidrologic, Municipiul București este situat la confluența râurilor Dâmboviței și Colentina, aparținând bazinului Argeș, iar pentru județul Ilfov trebuie amintite, în plus, râurile Ialomița și într-o mică măsură Mostiștea. În fapt, pentru apa necesară Municipiului București, cât și pentru actualele probleme legate de canalizarea, drenarea fostelor zone mlăștinoase, crearea de lacuri și apărarea contra inundațiilor se poate vorbi de un sistem hidrologic și hidrotehnic format din Argeș, Dâmbovița, Colentina și Ialomița.

a) Râurile

Principalele râuri care drenează teritoriul Municipiului București și al județului Ilfov aparțin rețelei alohtone, cu obârșia în zone mai înalte. Din această categorie fac parte: Colentina, Ialomița, Dâmbovița.

Râul Colentina ($S = 526 \text{ km}^2$; $L = 98 \text{ km}$) a fost un mic afluent de tip "mostiște" al Argeșului, cu numeroase zone lacustre acoperite cu stuf. În cel de al treilea deceniu al secolului trecut a fost elaborat planul de amenajare al râului și a început crearea unei serii de lacuri artificiale în lungul lui.

Valea Colentinei atinge o lățime de 1 – 1,5 km și are un coeficient de sinuozitate mai ridicat la Străulești sau la Herăstrau. Înclinarea sa ușoară, în profil longitudinal favorizează crearea de-a lungul ei a unei salbe de lacuri precum: Străulești, Mogoșoaia, Băneasa, Herăstrău, Floreasca, Tei, Fundeni, Cernica, Pantelimon.

Debitul mediu anual al râului Colentina, înregistrat amonte față de București, la stația Colacu, județul Dâmbovița este de $0.579 \text{ m}^3/\text{s}$.

Râul Dâmbovița intră în județul Ilfov în apropiere de stația hidrologică Dragomirești Vale ($S = 1\,391 \text{ km}^2$; $L = 182 \text{ km}$) cu un *debit mediu multianual* de $0.568 \text{ m}^3/\text{s}$.

După ce străbate Municipiului București pe o direcție generală de curgere NV – SE, părăsește Municipiul în amonte de confluența cu râul Colentina, totalizând o suprafață de bazin de $2\,245 \text{ km}^2$ și o lungime de 217 km. Afluenții principali sunt: *Colentina* ($S = 636 \text{ km}^2$; $L = 80 \text{ km}$) și *Păsărea* ($S = 237 \text{ km}^2$; $L = 42 \text{ km}$), primul având izvoarele, iar cel de al doilea vărsarea în afara județului Ilfov.

b) Lucrări de amenajare a cursului râului Dâmbovița

În zona capitalei râul Dâmbovița străbate circa 20 km în regim amenajat. Lucrărilor hidrotehnice de amenajare ale râului Dâmbovița au început în iulie 1985 și au fost finalizate în luna august 1986. Prin bararea cursului râului la Ciurel, a luat ființă lacul Morii cu o suprafață de 246 ha al cărui scop principal a fost de protecție a municipiului împotriva inundațiilor. Volumul lacului este de $14.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ putând prelua o viitură de $1.6 \times 10^6 \text{ m}^3$. Lacul permite realizarea unei zone de agrement în cartierul Crângași.

De la barajul Ciurel și pâna la ieșirea din București, râul Dâmbovița este canalizat pe o caseta betonată deschisă (17 km), cu lățime de 25-33 m și înălțime ce poate varia între 2.0-3.5 m. Între barajul de la lacul Morii și Târgul auto Vitan, sub caseta betonată a râului Dâmbovița au fost construite 2 casete cu lățime de 3.3 m și înălțime 2.45 m al căror scop este de preluare a apelor menajere.

c) Lacurile

Municipiul București este tranzitat pe direcție NV-SE de râurile Colentina și Dâmbovița ale căror cursuri, în decursul timpului au suferit modernizări majore în urma cărora au rezultat

numeroase lacuri cu diverse suprafețe. Lacurile au fost create pentru agrement sau sport dar și pentru evacuarea, în condiții de siguranță a debitelor tranzitate prin salba de lacuri de pe văile râurilor Colentina și Dâmbovița.

Suprafața totală a lacurilor situate în zona administrativă a Capitalei este de cca. 1060 ha reprezentând 4.4 % din suprafața orașului (237,87 km²).

Lucrările de amenajare a lacurilor pe râul Colentina au început în anul 1936. Prin bararea cursului râului Colentina și asanarea albiei mlăștinoase au fost create lacurile: Mogoșoaia (S=120 ha), Străulești (S=44 ha), Grivița (S=76 ha), Băneasa (S=40 ha), Herastrău (S= 77 ha), Floreasca (S=70 ha), Tei (80 ha), Pantelimon (S=260 ha). Lucrările hidrotehnice desfășurate pentru bararea cursului râului Colentina au avut ca scop principal scăderea nivelului normal de retenție de la 91.85 m MN, la intrarea râului în Capitală (lacul Mogoșoaia) până la 61.0 m MN, la ieșirea din capitală (lacul Pantelimon).

În zona administrativă a Capitalei exista o serie de lacuri interne rezultate în urma lucrărilor de asanare a unor vechi meandre ale râului Dâmbovița sau a unor zone mlăștinoase. Printre aceste lacuri pot fi amintite: Titan (S=26.0 ha), Tineretului (S=13.5 ha), Carol (S=2.0 ha), Drumul Taberii (S=1.8 ha), Național (S=0.8 ha), Circului (S=0.75 ha).

3. CARACTERIZAREA GEOLOGICĂ ȘI HIDROGEOLOGICĂ A STRUCTURII DE MICĂ ȘI MEDIE ADÂNCIME

În cadrul Institutului Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor, în perioada 1970-1972, pentru realizarea diverselor baze de date s-a întocmit o clasificare a forajelor hidrogeologice de exploatare sau cele care fac parte din Reteaua Hidrogeologică Națională (RHN). Criteriul de clasificare l-a constituit adâncimea forajelor. Astfel, forajele hidrogeologice au fost grupate în foraje de mică adâncime (0-20 m), foraje de medie adâncime (0-50 m) și foraje de adâncime (peste 50 m). Criteriul de adâncime împreună cu criteriul legat de vârsta geologică a depozitelor poros-permeabile a fost aplicat pentru clasificarea stratelor sau sistemelor de strate care înmagazinează ape subterane.

În conformitate cu cele 2 criterii de clasificare (adâncime, vârstă geologică), în zona Municipiului București cele 3 strate acvifere/structuri principale au fost clasificate în:

- *sistemul (structura) de mică și medie adâncime* (pleistocen superior) din care fac parte:
 - Pietrișurile de Colentina
 - Nisipurile de Mostiștea
 - Nisipurile intermediare
- *sistemul (structura) de adâncime* din care fac parte cele 3 orizonturi A,B,C ale acviferului Frătești (Pleistocen inferior).

3.1. CARACTERIZAREA GEOLOGICĂ

În Pleistocenul superior au fost depuse mai multe orizonturi de nisipuri și pietrișuri. În bază a fost depus un orizont de nisipuri fine galbui-cenusii cu intercalații grezoase cunoscut sub denumirea de “Nisipurile de Mostiștea”. Aceste nisipuri suportă o serie de depozite atribuite “Nisipurilor intermediare” și “Pietrișurilor de Colentina”. Toate aceste depozite sau secvențe de material poros-permeabil au fost depuse în interfluviul Argeș-Dâmbovița.

Peste “Nisipurile intermediare”, în limitele vechiului curs al Argeșului s-a depus orizontul de pietrișuri și nisipuri denumit “Pietrișurile de Colentina” (Litanu, 1952).

a) Stratul de nisipuri și pietrișuri al luncii Dâmboviței

Stratul de nisipuri și pietrișuri al luncii Dâmboviței și uneori al Colentinei se dezvoltă aproape de suprafața terenului sub argile prăfoase sau prafuri nisipoase reprezentând depunerile cele mai recente ale râului Dâmbovița, până la adâncimi cuprinse între 6-16 m. Vârsta geologică fost stabilită ca fiind Holocen inferior-Holocen superior. Grosimile acestui strat variază între 2 și 11 m. Este constituit din nisipuri fine și mijlocii, uneori prăfoase care trec spre bază la nisipuri mijlocii și grosiere și pietrișuri uneori argiloase, de origine aluvială (Figura 5).

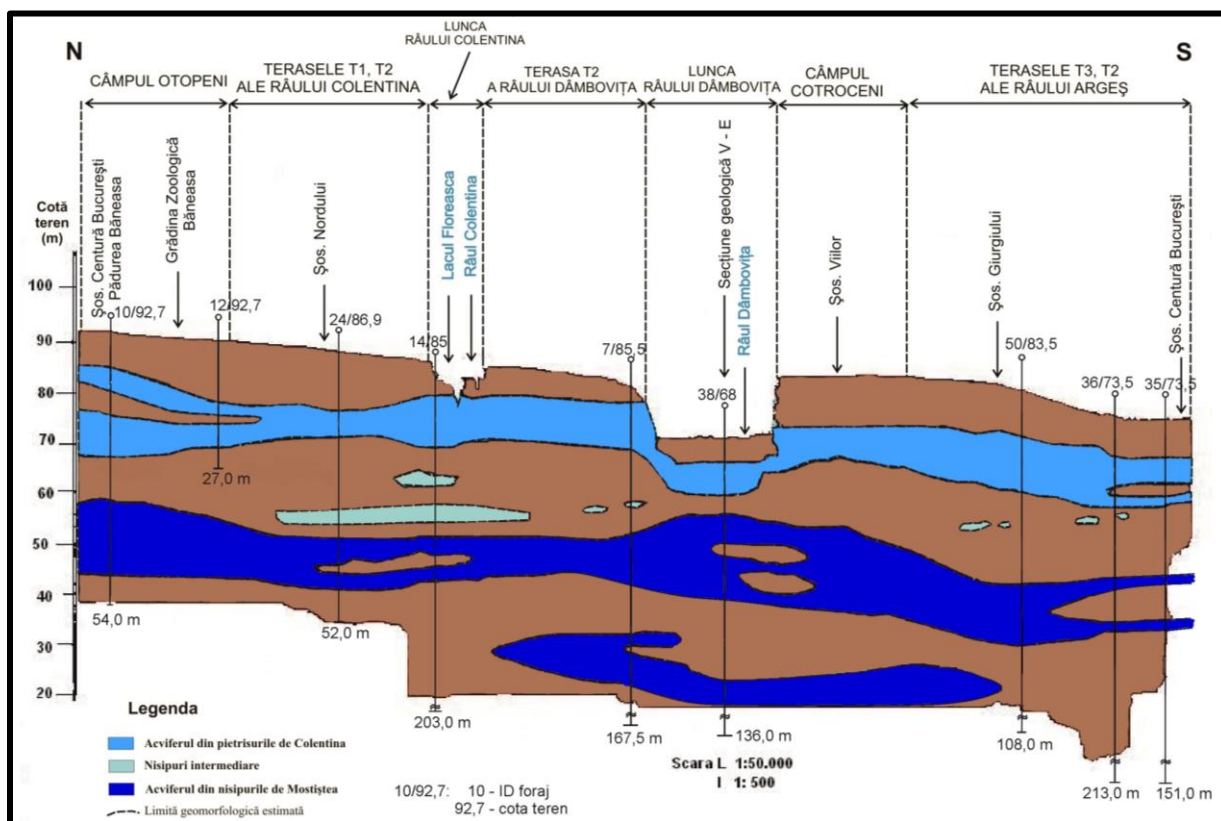


Figura 5 – Secțiune Geologică N – S, zona București

b) Stratul pietrișurilor și nisipurilor de Colentina

Stratul Pietrișurilor și Nisipurilor de Colentina are o dezvoltare continuă în subsolul Municipiului București, cu excepția zonei de luncă a Dâmboviței unde a fost în general erodat. Spre deosebire de Dâmbovița, râul Colentina nu a avut o acțiune erozivă atât de puternică încât să provoace dispariția totală a acestui strat în zona sa de luncă (Figura 5).

Depozitele din acoperișul stratului sunt constituite din argile prăfoase sau nisipoase, uneori loessoide și din argile, cu grosimi de la 2-3 m până la 15-17 m, frecvent între 4-10 m. În baza stratului se află argilă, iar uneori nisipurile depozitelor intermediare.

Structura depozitelor și întinderea mare indică prezența unui con de dejecție, în care pietrișurile au fost împrăștiate de apele în divagare pe întinsul câmpiei, de la NV spre SE.

Stratul se dezvoltă până la adâncimea de 10-25 m, frecvent 10-18 m, cele mai mari adâncimi fiind în partea de SV a Municipiului.

Stratul prezintă grosimi maxime de 16-23 m în zona centrală a Municipiului București, cele mai mici grosimi regăsindu-se în zona vestică (1-2 m), zonele nord-vestică (< 3m) și sub salba de lacuri de pe râul Colentina, respectiv lacurile Fundeni, Pantelimon unde grosimile sale pot ajunge la 1-0,5 m.

c) Stratul de nisipuri aparținând depozitelor intermediare

Acest strat apare conturat oarecum în zona mijlocie a depozitelor numite în literatura de specialitate “intermediare”, cuprinse între stratul Pietrișurilor de Colentina și stratul Nisipurilor de Mostiștea, formate în principal din argile în cea mai mare parte și argile nisipoase sau prafoase, cafenii în benzi cu nuanțe verzui și negricioase prezentând în general un aspect neuniform și o granulozitate frecvent variabilă. Originea acestor depozite este aluvio-lacustră, cu un regim de ape puțin adânci.

Stratul de nisipuri are o dezvoltare lenticulară, cu lentile extinse pe o suprafață mare, așa încât se poate vorbi de prezența unui strat discontinuu.

d) Stratul Nisipurilor de Mostiștea

Nisipurile de Mostiștea (Pleistocen superior) reprezintă cel mai important strat acvifer de mică adâncime din subsolul Municipiului București. Are o dezvoltare continuă în întreg domeniul cercetat.

Este situat sub depozitele complexului intermediar, acoperișul fiind situat la adâncimi cuprinse între 13-45 m, cele mai mici adâncimi întâlnindu-se în zona de luncă a Dâmboviței iar cele mai mari în partea de sud-est a Municipiului. În mod frecvent, adâncimea la care se întâlnește este de 30-35 m. Prezintă grosimi de 3-20 m, frecvent 5-10 m. Cele mai mari grosimi (15-25 m) ale stratului Nisipurilor de Mostiștea se găsesc în centrul, nord-vestul municipiului și în zona Lacului Morii.

Stratul Nisipurilor de Mostiștea sunt constituite aproape exclusiv din nisipuri cu foarte rare intercalatii argiloase, de culoare gălbuie verzuie la partea superioară și cenușie-verzuie la partea inferioară. Are o granulozitate destul de omogenă în intervalul 0,05-1,0 mm, predominând nisipurile fine. Se observă o descreștere a diametrului granulelor spre partea superioara, materialul devenind mai fin.

3.2. CARACTERIZAREA HIDROGEOLOGICĂ

În figura 5 au fost prezentate principalele elemente care delimiteaza părțile superioare (acoperiș) și părțile inferioare (culcuș) ale acviferelor din Pietrișurile de Colentina, Nisipurilor de Mostiștea și ale Nisipurilor intermediare. Pe baza tuturor acestor date geologice și geofizice au fost realizate hărțile structurale care pun în evidența toate elementele de identificare ale structurilor geologice, elemente utilizabile în proiectarea viitoarelor captări de apă subterană din hidrostructura de mică și medie adâncime.

Pentru determinarea situației piezometrice a stratelor de mică adâncime, s-au efectuat măsurători ale adâncimilor nivelurilor piezometrice în foraje de exploatare care captează numai stratul de Mostiștea și în foraje și puțuri domestice care captează numai stratul de Colentina cu acoperirea întregii suprafețe a Municipiului, precum și măsurători în foraje care captează numai stratul intermediar.

a) Acviferul din Pietrișurile de Colentina

Acviferul din Pietrișurile Colentina poartă numele de la stratul omonim constituit din nisipuri și pietrișuri care reprezintă suportul litologic al acestui acvifer (Figura 5).

Suprafața piezometrică a stratului de Colentina redată în figura 6 corespunde perioadei 2011-2012. A fost construită pe baza măsurătorilor efectuate în forajele de exploatare și puțuri domestice, în forajele de monitorizare ale Rețelei hidrogeologice și în foraje de observație ale SC “Metrou” S.A. București.

Curgerea apei subterane în stratul acvifer din Pietrișurile de Colentina este orientată NV-SE, de la cotele 87 m la 52 m.

Conductivitatea hidraulică, K prezintă valori cuprinse între 5-200 m/zi, iar transmisivitatea, T este cuprinsă între 100 și 1000 m^2/zi .

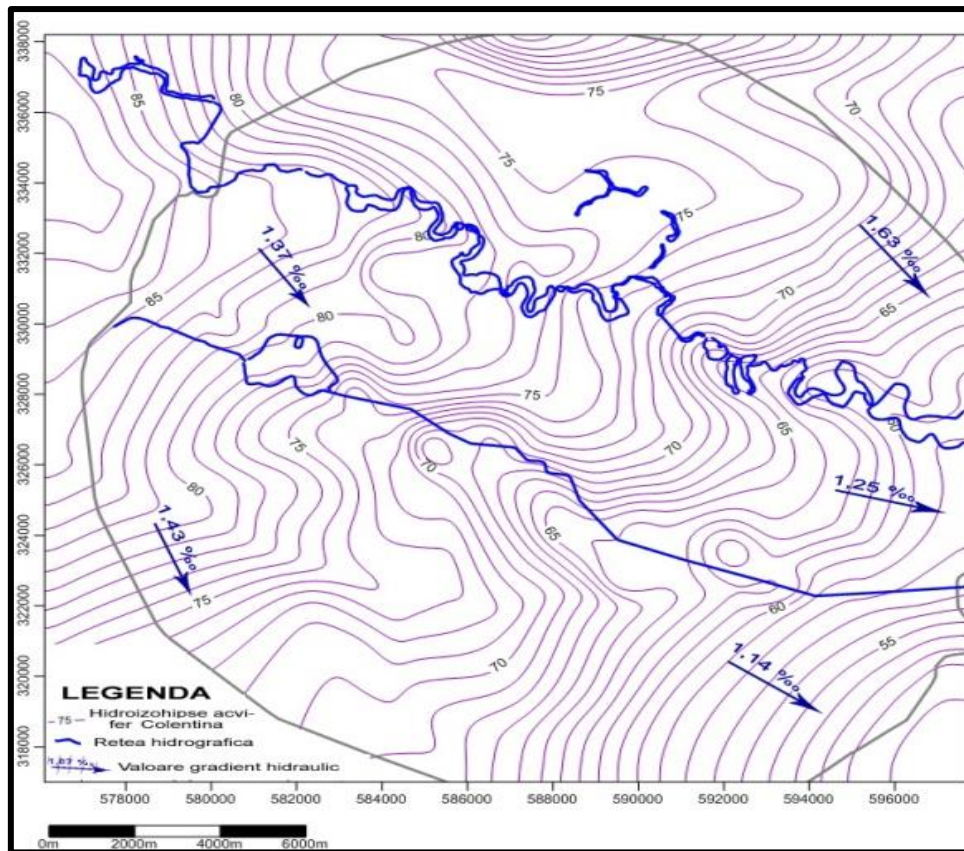


Figura 6 – Variația suprafeței piezometrice a acviferului din pietrișurile de Colentina, zona București

În zona luncii râului Colentina acviferul freatic este drenat puternic de către râu. Acest fenomen se explica prin existența depozitelor de luncă care sunt în legatură hidraulică cu acviferul freatic.

b) Acviferul din Nisipurile de Mostiștea

Cu ourență în cadrul “Nisipurilor de Mostiștea”, această hidrostructură reprezintă una dintre cele mai importante resurse de apă subterană de mică și medie adâncime. Ca strat poros-permeabil “Nisipurile de Mostiștea” prezintă o dezvoltare continuă în întreg arealul Municipiului București.

Acviferul din Nisipurile de Mostiștea este situat sub depozitele complexului intermediar, acoperișul fiind situat la cote de 26 m în zona sud-estică și 65 m în zona nord-vestică a Municipiului București.

Culcușul acviferului din Nisipurile de Mostiștea este deșus peste argilele și marnele complexului marnos-argilos (Formațiunea de Coconi), cuprinse între acviferul de Mostiștea și orizonturile acvifere A, B, C din alcătuirea “Stratelor de Frățești”. Adâncimea culcușului se situează între 28-52 m, cel mai frecvent între 35-42 m.

În mod asemănător cu acviferul din Pietrișurile de Colentina această structură hidrogeologică prezintă o înclinare NV-SE, de la izobata de 55 m, la cea de 20 m (culcuș) și de la izobata de 64 m la cea de 26 m (acoperiș). Panta medie de afundare a acviferului este de cca 1,5 ‰.

În cazul acviferului din Nisipurile de Mostiștea, harta suprafeței piezometrice a fost elaborată pe baza măsurătorilor efectuate în perioada 2011-2012.

Pentru elaborarea acesteia au fost utilizate 23 valori ale nivelului piezometric (Figura 7), măsurate în perioada 2011 în foraje care exploatau numai acest acvifer.

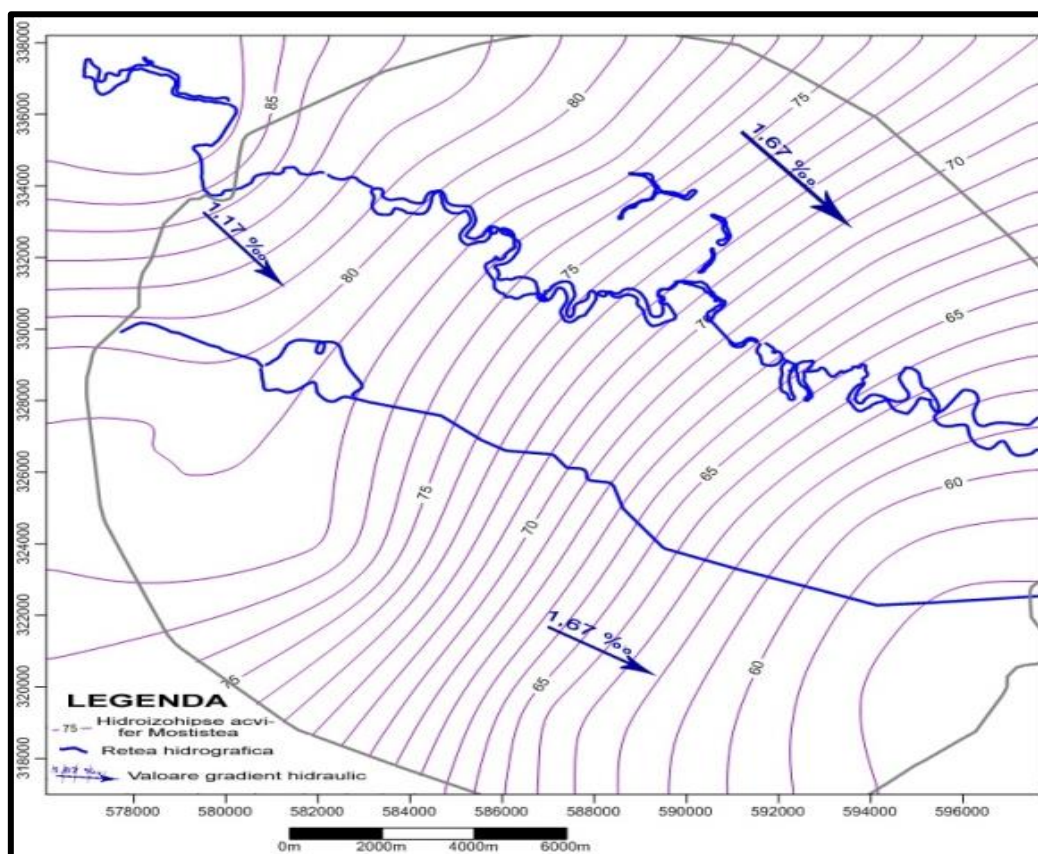


Figura 7 - Variația suprafeței piezometrice a acviferului din Nisipurile de Mostiștea

Curgerea este ușor sub presiune. Direcția generală de curgere este NV-SE, între izopiezele de 86 m și 58 m. Panta hidrolică este de cca. 1,2-1,7 ‰.

Parametrii hidrolici prezintă valori cuprinse între 1.5-10 m/zi, pentru conductivitatea hidrolică (K) și în intervalul 15-40 m²/zi pentru transmisivitate (T).

Din analiza suprafețelor piezometrice caracteristice stratelor acvifere din Pietrișurile Colentina și Nisipurile de Mostiștea se constată că nivelurile piezometrice prezintă cote absolute asemănătoare pentru zonele vestică, nord-vestică, sud-vestică și nord-estică, diferențele dintre ele fiind de max. 1,0 – 1,5 m.

c) Strat-acvifer aparținând depozitelor intermediare

Analizarea depozitelor de pietrișuri și nisipuri care sunt denumite în literatura de specialitate “intermediare” a fost realizată pentru înțelegerea schimbului de apă între acviferele din Pietrișurile de Colentina și Nisipurile de Mostiștea prin fenomenul de drenanță ascendentă.

Acvifer Colentina							
Municipiul București	Adâncime acoperiș (m)	Adâncime culcuș (m)	Grosime (m)	Litologie	Adâncime nivel piezometru (m)	Parametrii hidrogeologici	
						Conductivitate hidraulică K (m/zi)	Transmisivitate T (m²/zi)
Zona nordică	10,0-15,0	20,0-25,0	10,0-15,0	Nisip+pietriș gălbui	10.0 – 15.0	5.0 – 70.0	100 -700
Zona estică	5,0-15,0	12,0-20,0	5,0-7,0	Pietriș + nisip gălbui	12.0 – 15.0	115.0 – 200.0	800 – 1000
Zona sudică	5,0-15,0	15,0-20,0	5,0-10,0	Pietriș + nisip	5.0 – 8.0	50.0 – 160.0	500 - 800
Zona vestică	10,0-12,5	15,0-20,0	5,0-7,5	Pietriș + nisip gălbui	6.0 – 10.0	15.0 – 120.0	100 - 600
Acvifer Mostiștea							
Zona nordică	37,5-40,0	45,0 -50,0	5,0-7,5	Nisip fin cenușiu	12.0 – 15.0	2.0 – 5.0	15 - 25
Zona estică	25,0-27,5	40,0-42,5	12,5-15,0	Nisip fin cenușiu	12.0 – 14.0	1.5 – 2.5	20 - 30
Zona sudică	32,0-35,0	40,0-42,0	5,0 -8,0	Nisip fin cenușiu	8.0 – 10.0	4.5 – 10.0	35 - 40
Zona vestică	37,0-40,0	50,0-55,0	10,0 -12,0	Nisip fin cenușiu	10.0 – 12.0	> 4.0	> 40

Tabelul 2 – Date sintetice cu privire la caracteristicile structurale și hidrogeologice ale acviferelor Colentina și Mostiștea

Depozitele de nisipuri au o dezvoltare lenticulară, cu lentile extinse pe o suprafață mare, așa încât se poate vorbi de prezența unui strat poros-permeabil discontinuu. Grosimea acestor depozite prezintă valori variabile mergând de la 1-2 m până la 10-12 m, frecvent fiind 3-5 m. În zona de vest a Municipiului București aceste depozite au importanța cea mai mare, fiind de obicei captate. În această parte, grosimea lor este egală sau chiar mai mare decât a Pietrișurilor de Colentina sau a Nisipurilor de Mostiștea.

Pe baza tuturor datelor structurale, a suprafețelor piezometrice caracteristice acviferelor Colentina și Mostiștea a fost întocmit tabelul 4.1 în care au fost sintetizate principalele caracteristici structurale și hidrogeologice pentru zonele nordică, estică, sudică și vestică ale Municipiului București.

4. CARACTERIZAREA HIDROCHIMICĂ A ACVIFERELOR DE MICĂ ȘI MEDIE ADÂNCIME

Din literatura de specialitate și din practica hidrogeologică este cunoscut faptul că suportul mineral prin care circulă apa constituie factorul principal care determină chimismului acesteia.

În situația Bucureștiului, acviferelor de mică și medie adâncime sunt supuse unei presiuni antropogenice intense. Acest impact se manifestă atât pe componenta cantitativă cât și pe cea calitativă. Mai mult, construcția defectuasă a puțurilor de exploatare (erori tehnice, punerea în comunicare a acviferelor diferite) favorizează transferul apei subterane dintr-un acvifer într-altul, contaminând pe astfel de căi apă subterană.

Obiectivele acestei analize sunt următoarele:

- stabilirea tipurilor hidrochimice ale apei
- evaluarea caracterului de potabilitate, în conformitate cu prevederile actuale, respectiv Legea 458/2002, completate cu Legea 311/2004 și Directiva Cadru Apa 2000/60/EC.

Astfel, au fost identificate valori de concentrații care provin de la:

- un număr total de foraje de monitoring al acviferului din Pietrișurile de Colentina: 40 foraje (apartinând RHN) cu înregistrări discontinue pe perioada 1964-2006;
 - un număr total de foraje care exploatează acviferul din Nisipurile de Mostiștea (cu înregistrări la momentul intrării în funcțiune, în perioada 1964-2006): 768 în zona municipiului și 334 în județul Ilfov;
1. Pregătirea fișierelor de intrare pentru prelucrarea prin intermediul softurilor *AQUACHEM 3.70* și *ARCGIS 9.3.*;
 2. Crearea diagramelor Piper (*AQUACHEM 3.70*), cu ajutorul cărora se obține clasificarea apelor subterane freatice după tipul de cationi și anioni majori;
 3. Crearea diagramelor Schoeller (*AQUACHEM 3.70*) prin care se compară faciesurile chimice ale apelor subterane pe baza principalilor constituenți stabilindu-se raporturile între aceștia.
 4. Crearea hărților de distribuție spațială a concentrațiilor de calciu, bicarbonaților și a concentrațiilor procentuale pentru Ca, Na, Mg, HCO₃, Cl și SO₄ (ArcGis 9.3.);
 5. Interpretarea rezultatelor obținute.

4.1. ACVIFERUL DIN PIETRIȘURILE DE COLENTINA

Valorile ionului bicarbonat, HCO₃, au fost determinate în intervalul de concentrații 107-903 mg/l. Cele mai reduse concentrații se găsesc în zona Domnești și parțial Pipera, Miliari. Conținutul cel mai ridicat a fost înregistrat în zonele Bragadiru și Băneasa (Figura 8).

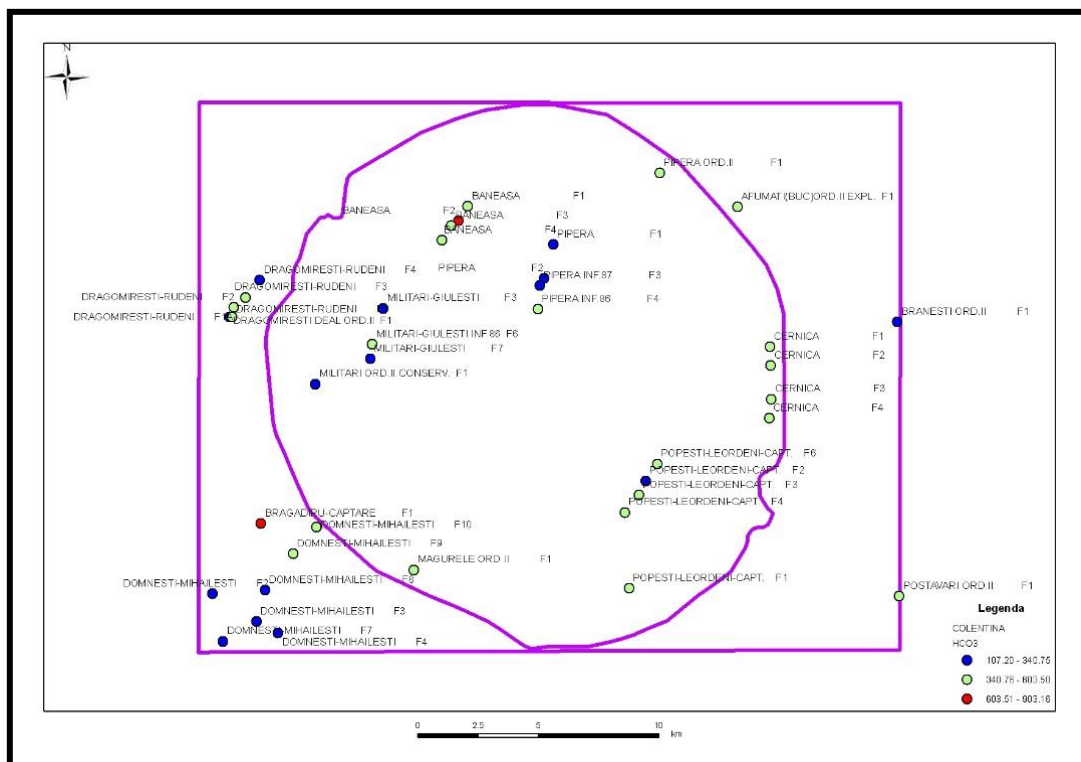


Figura 8 – Distribuția spațială a anionului bicarbonat (Acviferul din Pietrișurile de Colentina)

Distribuția spațială a principalilor cationi și anioni (Ca, Na, Mg, HCO₃, Cl și SO₄ – Figura 9) indică ape de tip hidrogen carbonatate calcice. Anionul hidrogen carbonat are

concentrațiile cele mai mari pe întreaga suprafață, cu excepția unor zone cum sunt cele de la Domnești, Militari și Brănești. Dintre cationi, Ca are concentrația cea mai mare, fiind urmat de Na și într-o proporție mai mică de Mg. Între anioni, după dominanța bicarbonatului sulfatilor, se întâlnesc cu reprezentări semnificative. În zona Domnești sunt câteva probe cu concentrații mari în sodiu și clor, astfel încât există o zonă în aria Domnești – Mihăilești în care clorurile depășesc bicarbonații. Este posibil ca în această arie să fie o contaminare de tip salifer.

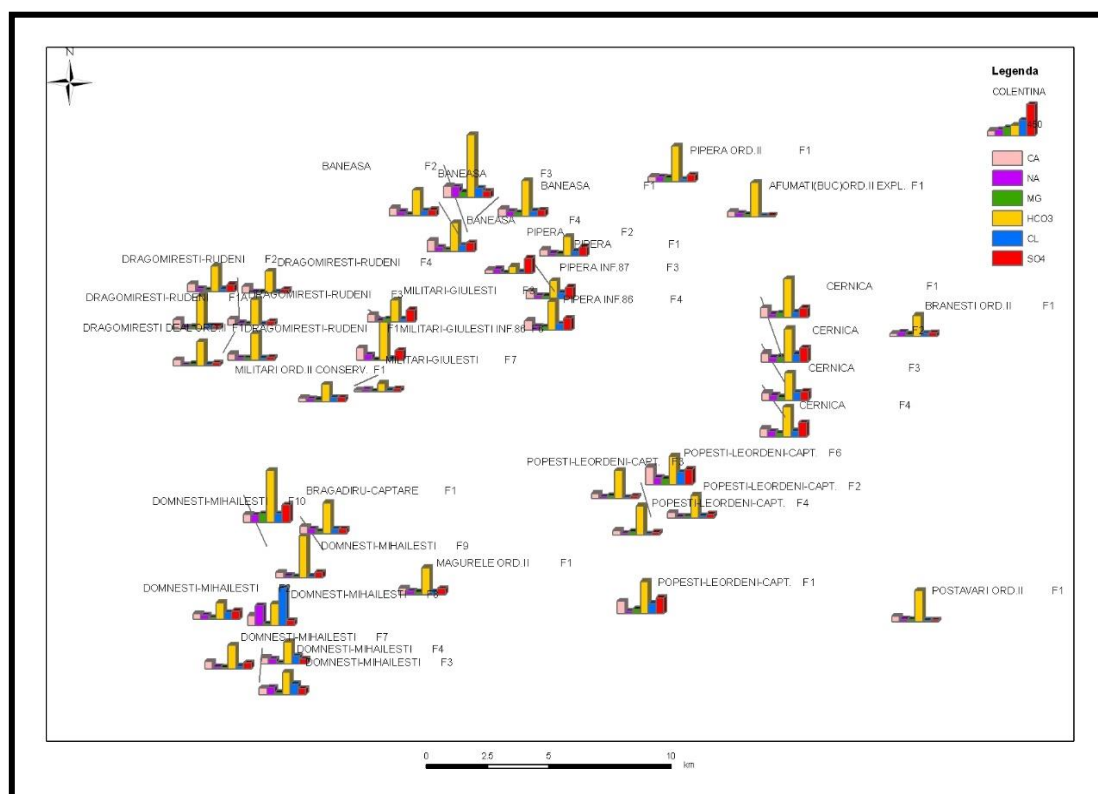


Figura 9 – Distribuția concentrațiilor procentuale ale principalilor anioni și cationi (Acviferul din Pietrișurile de Colentina)

Gruparea caracteristicilor hidrochimice este evident unitară pe diagramele de tip Piper și Schoeller (Figurile 10, 11), atât pentru probele provenite din locuri diverse cât și pentru cele prelevate în perioade diferite.

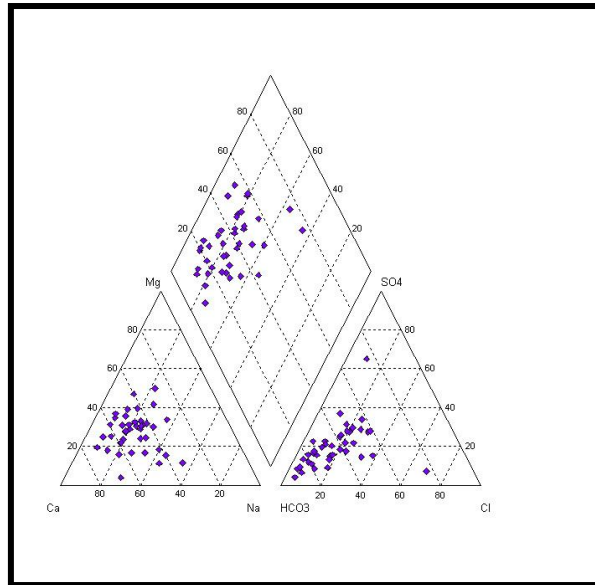


Figura 10 – Diagrama Piper (Acviferul din Pietrișurile de Colentina)

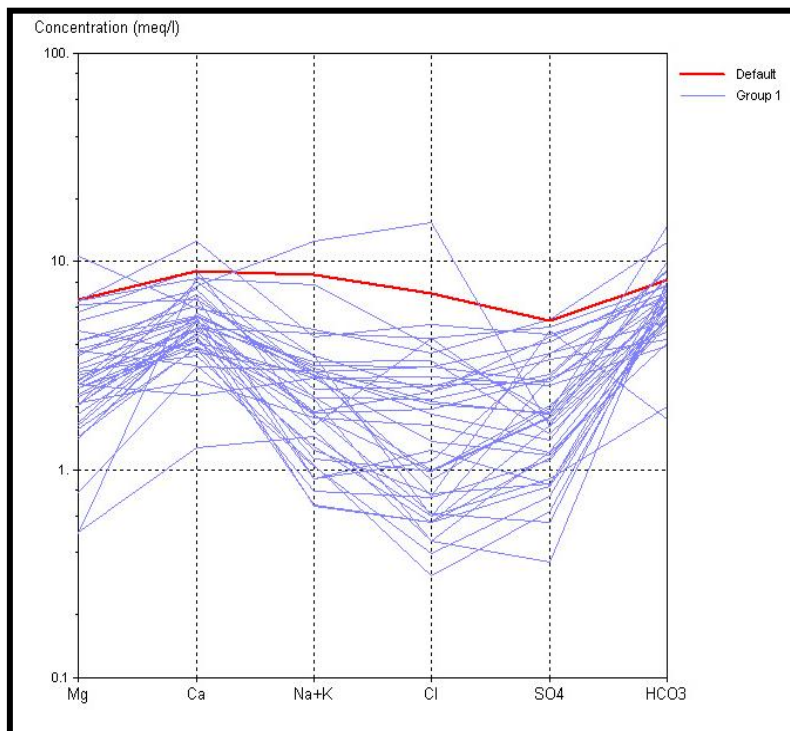


Figura 11 – Diagrama Shoeller (Acviferul din Pietrișurile de Colentina)

4.2. ACVIFERUL DIN NISIPURILE DE MOSTIȘTEA

Principalii ioni prezenți în apa acviferului din Nisipurile de Mostiștea sunt reprezentați de cationul calciu, (Ca) și bicarbonați, (HCO₃). Faciesurile hidrochimice reprezentative sunt încadrate asociațiilor Ca-HCO₃, MG-HCO₃ și Na-HCO₃.

În zona Municipiului București, concentrațiile cele mai ridicate în calciu se regăsesc în partea centrală și nordică.

Caracteristica apelor subterane de tip bicarbonat magneziano-calcic (Figura 12) se extinde în partea nordică a ariei metropolitane și numai în mod excepțional acest tip de apă poate fi întâlnit în zona sectorului 4.

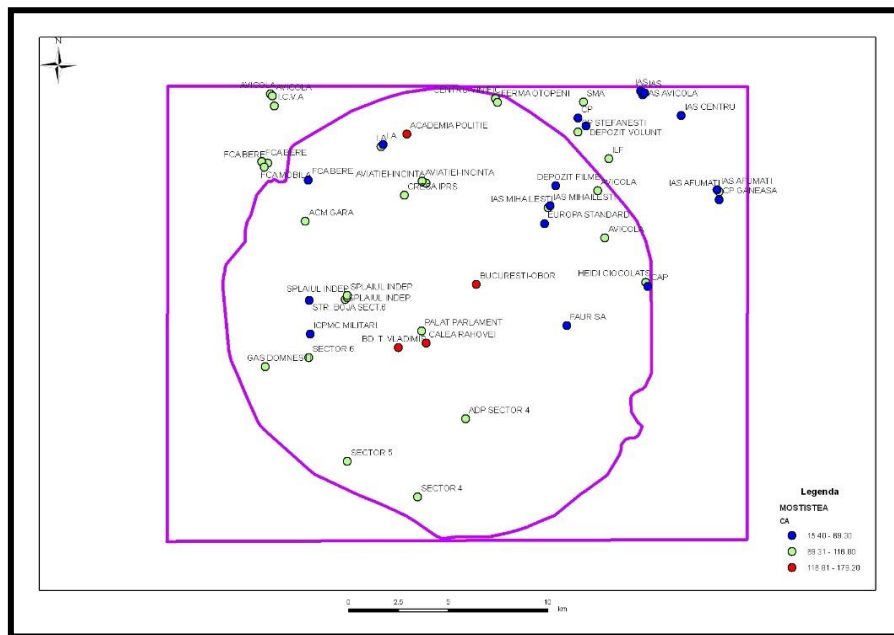


Figura 12 – Distribuția spațială a cationului calciu (Acviferul din Nisipurile de Mostiștea)

Analiza faciesurilor hidrochimice (Figura 13) scoate în evidență faptul că apele bicarbonatate calcice se întâlnesc într-un procent de 50 %, iar în mod secundar se întâlnesc cationii de sodiu și magneziu.

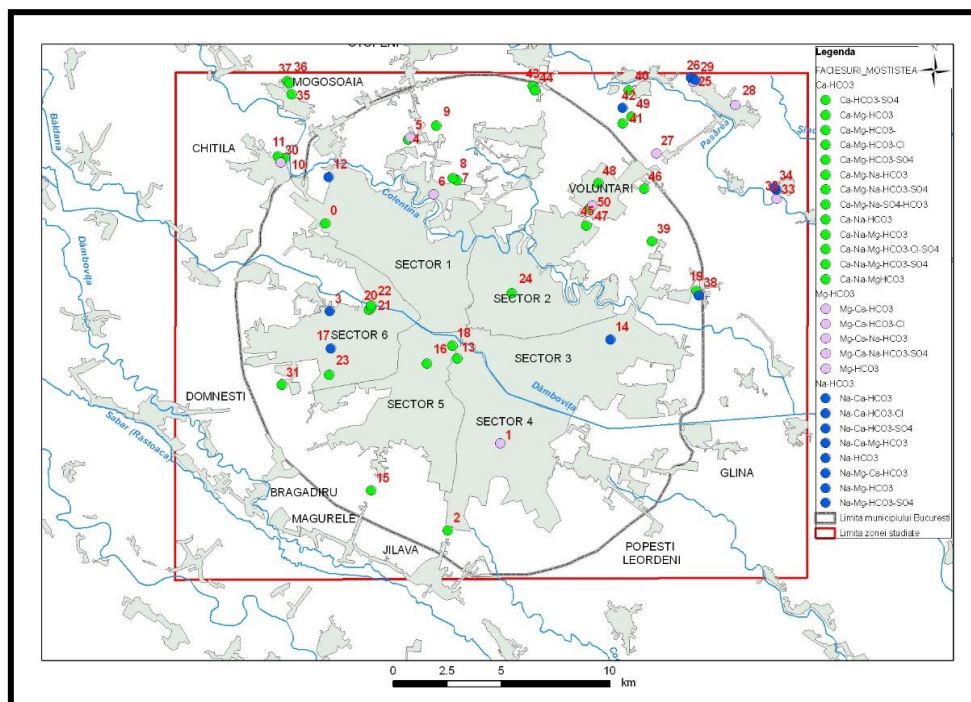


Figura 13 – Distribuția spațială a faciesurilor hidrochimice (Acviferul din Nisipurile de Mostiștea)

Potrivit structurii acvifere din Nisipurile de Mostiștea apa subterană prezintă uniformitatea faciesurilor chimice (Figurile 14, 15). Principalii constituenți indică gruparea analizelor în zona apelor bicarbonatate calcice și într-un procent mult mai redus a celor de tip bicarbonatat sodic și magnezian.

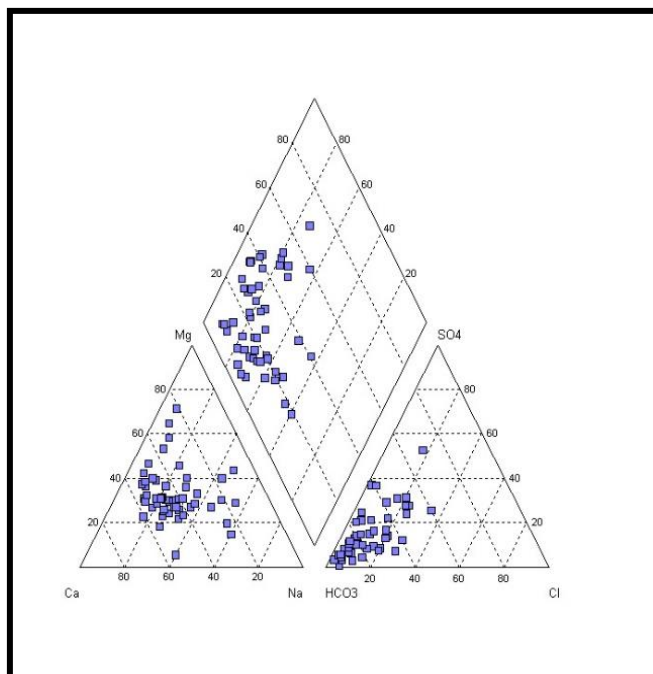


Figura 14 – Diagrama Piper (Acviferul din Nisipurile de Mostiștea)

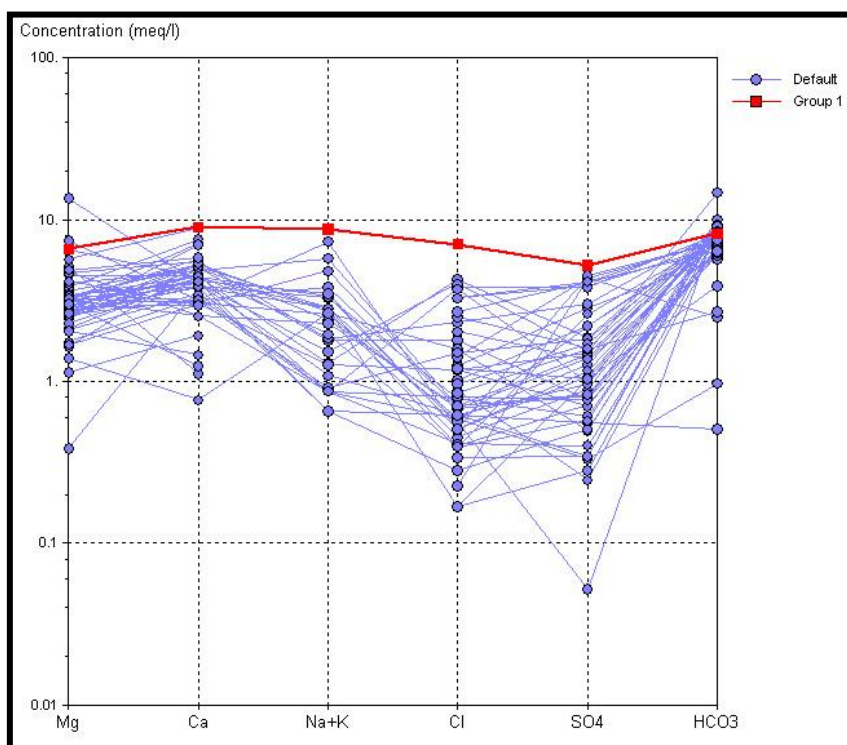


Figura 15 – Diagrama Shoeller (Acviferul din Nisipurile de Mostiștea)

5. MODELUL CONCEPTUAL AL SISTEMULUI ACVIFER DE MICA SI MEDIE ADÂNCIME

Sistemele acvifere supuse modelării sunt în realitate extrem de complexe cu o mare variabilitate a parametrilor caracteristici. Fără procedura de simplificare, definirea caracteristicilor de bază, sintetizarea și armonizarea modelului cu natura complexă nu se poate aborda modelarea numerică.

Caracterul aplicativ al lucrării, descifrarea complexității condițiilor hidrogeologice și abordarea detaliată a cunoașterii structurii geologice a impus o schematizare cât mai fidelă a hidrostructurilor de mică și medie adâncime din subsolul Municipiului București. În mod sintetic cele trei etape pot fi definite:

- **schematizarea spațială** – configurarea geometrică a structurilor geologice prin care curge apa subterană;
- **schematizarea parametrică** – simplificarea distribuției spațiale a caracteristicilor hidrofizice ce descriu proprietățile acvifere ale terenurilor (porozitatea, conductivitatea hidraulică, transmisivitatea, recharge, conductanța râu-acvifer);
- **schematizarea hidrodinamică** – precizarea condițiilor hidrodinamice atât pe frontierele domeniului modelat cât și în interiorul acestuia.

Schematizarea parametrică reprezintă imaginea distribuției spațiale a parametrilor hidrogeologici. Distribuția lor spațială este reprezentată, în general, sub formă de hărți rezultate în urma prelucrării valorilor determinate în diferite puncte (foraje, determinări de laborator a probelor prelevate, etc.).

Potrivit experienței acumulate, în alcătuirea modelului conceptual o importanță deosebită au datele achiziționate..

Masuratorile de nivel piezometric au fost executate sistematic în foraje distribuite pe zone ale orașului (carouri prestabilite), în perioade de timp foarte bine stabilite. Întodeauna observațiile de nivel piezometric s-au realizat în aceleași puncte prestabilite și distribuite uniform în interiorul spațiului delimitat de soseaua de centura a orașului.

5.1. MODEL SPAȚIAL-SCHEMATIZAREA SPAȚIALĂ A SISTEMULUI ACVIFER DE MICĂ ȘI MEDIE ADÂNCIME

Schematizarea spațială trebuie să țină cont de extinderea în suprafață și adâncime a depozitelor poroase ce pot înmagazina apa subterană.

Această operațiune se realizează după analiza întregului volum de date de cunoaștere rezultat atât din cercetările geologice, lucrări geotehnice, investigațiile geofizice cât și din lucrări hidrogeologice sau de exploatare a apei subterane. În urma sintetizării informațiilor obținute au rezultat secțiuni hidrogeologice schematice și hărți structurale reprezentative. Fidelitatea redării spațiului în care are loc curgerea apelor subterane depinde de acuratețea datelor care au stat la baza întocmirii hărților structurale.

În urma sintezei avansate s-au delimitat în mod schematic (Figura 16) principalele elemente definitorii ale acviferelor din Pietrișurile de Colentina, Nisipurile intermediare și Nisipurile de Mostiștea.

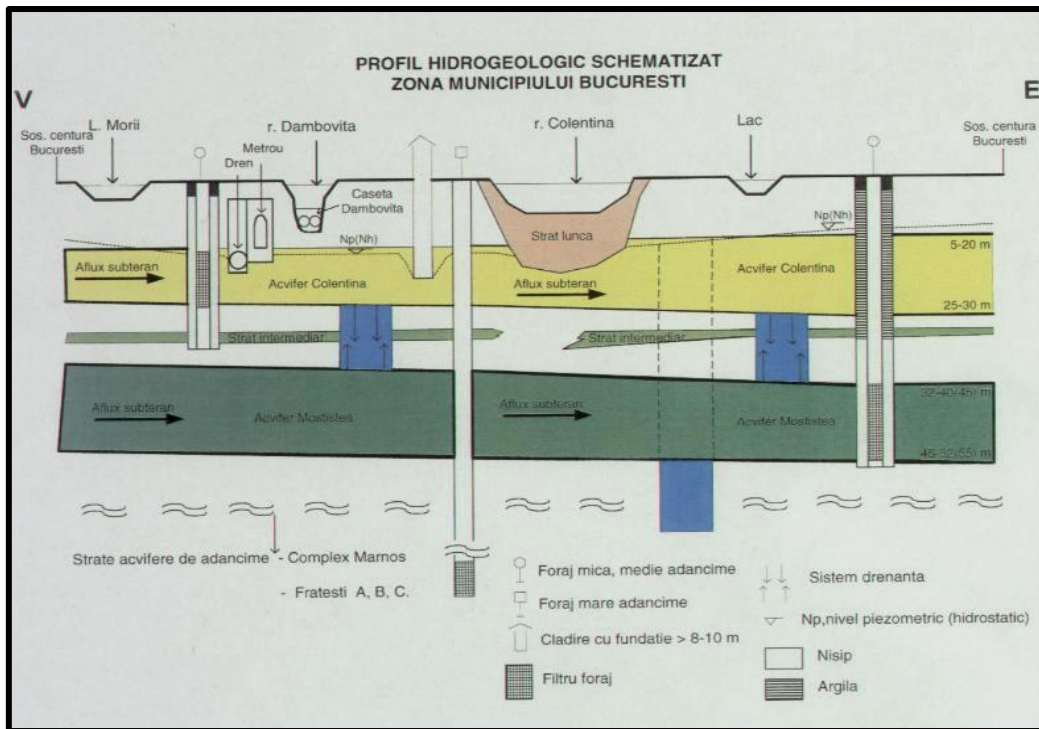


Figura 16 – Modelul schematizării hidrodinamice pentru acviferele din Nisipurile de Mostiștea și Pietrișurile de Colentina

Întregul volum de informații analizat și validat a fost atașat bazelor de date, în care sunt specificate descrierile litologice, caracteristicile hidrogeologice și datele despre chimismul apelor. Informațiile structurate au fost incluse în tabele specifice pe baza cărora s-au construit o parte dintre componentele modelului conceptual cum ar fi secțiunile schematice (Figurile 17, 18) și elementele cartografice de tipul hărților geologice, a celor structurale, de variație a grosimii, etc.

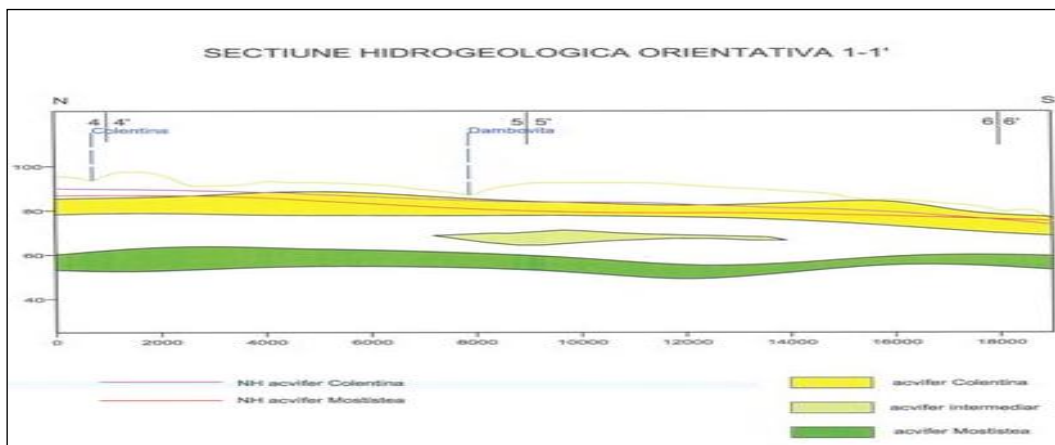


Figura 17 – Secțiune hidrogeologică schematică (N – S)

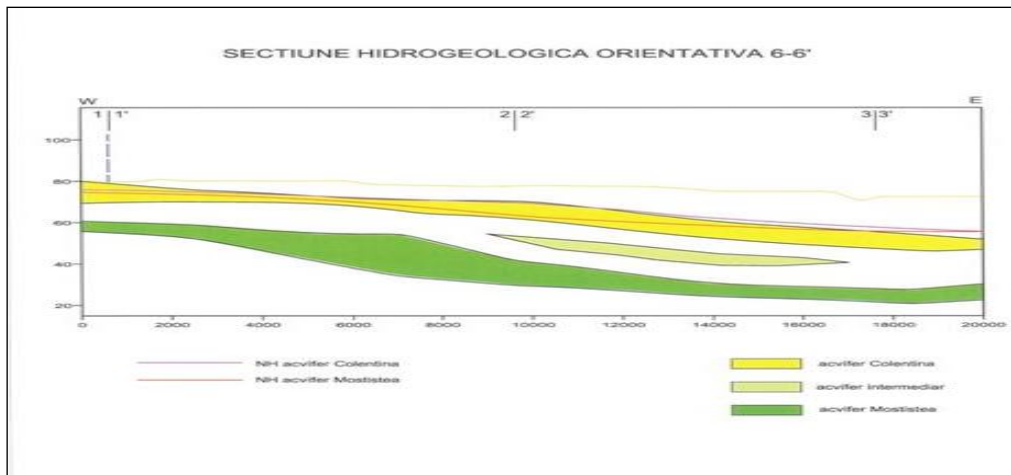


Figura 18 – Secțiune hidrogeologică schematică (W - S)

Modelul stratigrafic 3D al hidrostructurii de mică și medie adâncime (Figura 19) a fost realizat cu programul Rockworks 15, utilizând informațiile din 60 de foraje. Pe baza acestora s-au delimitat în plan vertical acviferul din Pietrișurile de Colentina, acviferul intermediar, acviferul din Nisipurile de Mostiștea și stratele impermeabile dintre acestea.

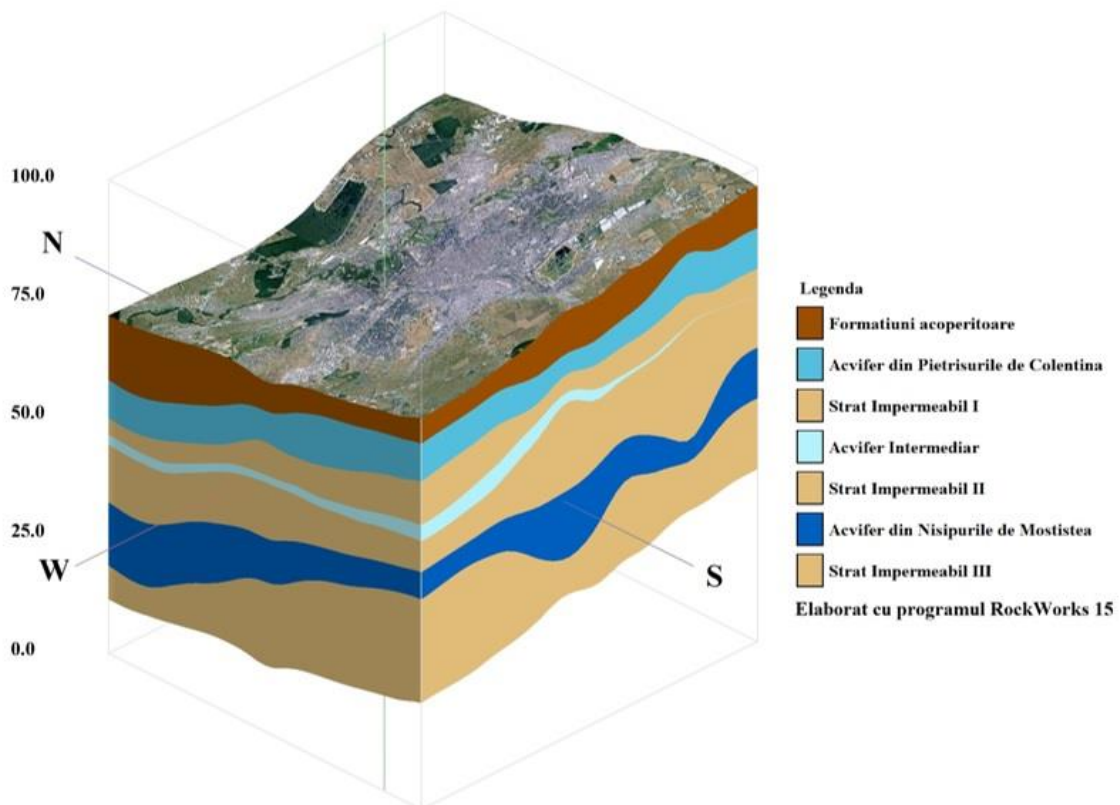


Figura 19 – Modelul stratigrafic 3D al corpurilor permeabile și impermeabile în care a fost generată hidrostructura de mică și medie adâncime din zona Municipiului București

5.2. MODELUL PARAMETRIC

Modelul parametric include toate elementele care influențează curgerea și transportul de masă prin mediile poroase.

În cazul acviferului din Pietrișurile de Colentina, prelucrarea datelor de pompare a scos în evidență că transmisivitatea variază de la 275 până la 974 m²/zi, în timp ce în situația unor solicitării hidrodinamice pe foraje singulare cum este cazul pomparei forajului F65 C – Râmnicu Sărat – Danubiu conductivitatea hidraulică este de 51.13 m / zi pentru transmisivitatea de 153.4 m²/zi. În cazul pomparei cu observații de nivel în piezometre rezultatele prelucrării datelor indică variația conductivității hidraulice de la valoarea de 37.45 m/zi (forajul F35 C – str. Vasile Milea) până la 117.99 m/zi (forajul F69 C – ANB Ferentari) pentru care transmisivitatea a oscilat între 187.24 și 353.98 m²/zi, iar coeficienții de înmagazinare eficace s-au înscris între 1.2×10^{-4} și 3.99×10^{-4} , iar coeficienții de difuzivitate hidraulică sunt de ordinul 1.56×10^{-6} și 8.89×10^{-5} m²/zi (Palcu et al., 2014).

În situația acviferului din Nisipurile de Mostiștea variabilitatea parametrilor calculați depinde atât de constituția litologică a rocilor magazin cât și de modul de prelucrare și acuratețea datelor de pompare. În urma testelor pe foraje singulare, din care 15 foraje s-au considerat reprezentative și care au adâncimi cuprinse între 55 și 60 m s-au determinat transmisivități cuprinse între 14 și 41 m²/zi. În situația testării în regim nestaționar a forajelor singulare cum este cazul testelor hidrodinamice realizate în cursul anului 2013 (Palcu et al., 2013) pentru acviferul din Nisipurile de Mostiștea s-au pus în evidență conductivități hidraulice cu valori care în cea mai mare parte de ordinul a 10 m/zi, dar sunt și situații în care valoarea acestora crește la 30 – 40 m/zi (29.06 – 32.24 m/zi, forajele P68 M și F 68 M ANB Ferentari și 41.83 m/zi, forajul F01 M – Constructorilor). Pe baza valorilor de transmisivități calculate fost realizate harta cu distribuția transmisivităților pentru acviferule din Pietrișurile de Colentina, respectiv Mostiștea (Figura 20).

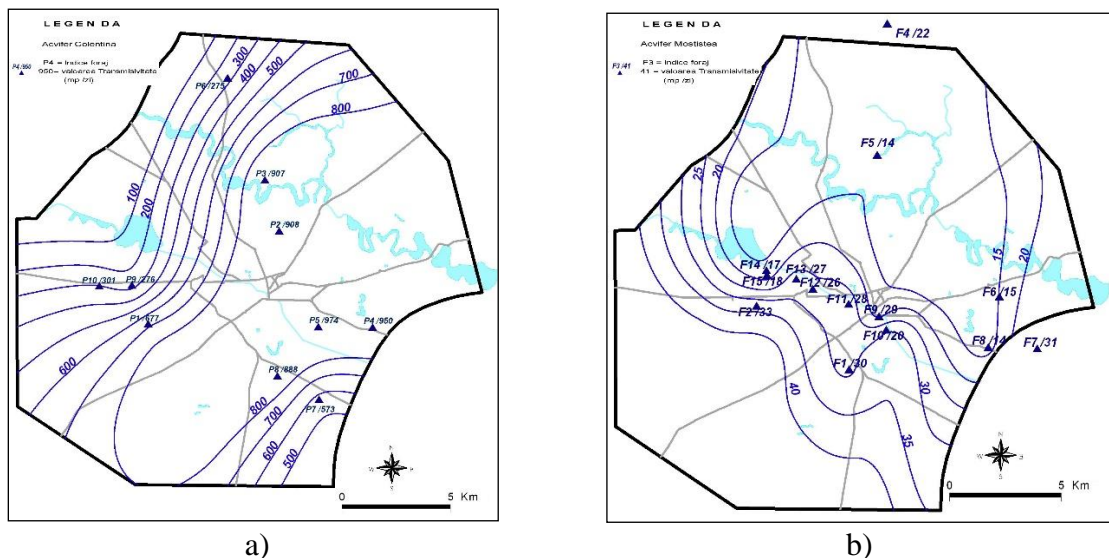


Figura 20 – Harta cu distribuția transmisivității pentru acviferul din Pietrișurile de Colentina (a), acviferul din Nisipurile de Mostiștea (b)

5.3. MODELE ENERGETICE

Modelele energetice de natură dispersională sunt focalizate pe transportul speciilor chimice miscibile în cuprinsul acviferelor studiate, fiind exemplificat prin modul de propagare în acvifere a unor specii chimice poluante nedefinite.

5.3.1. Schematizarea hidrodinamică a sistemului acvifer de mică și medie adâncime

Prin reprezentarea schematică a celor două structuri hidrogeologice s-a ținut seama de simplificarea modelelor spațiale, a celor porozimetrice și permeabile, a condițiilor DE curgere, a modului natural de încărcare și descărcare precum și a factorilor de stress hidrodinamic și calitativ ce pot afecta resursele de apă subterană.

În cazul acviferului cu poziție spațială superioară, simplificarea (Figura 16) a luat în considerare procesul de alimentare din precipitații și schimbul hidric cu apele de suprafață, sau cu acviferele aluvionare dezvoltate în zona acestora, modificarea regimului hidric din cauza amenajărilor hidrotehnice sau altor categorii de lucrări de anvergură (canalizarea și acumulările pe râul Dâmbovița, acumulările de pe râul Colentina, lucrările asociate metroului, rețeaua de canale, alte lucrări de construcții și excavații subterane, lucrări de drenare, de alimentare cu apă, etc.) precum și transferul hidric vertical ce se manifestă preponderent prin percolare fie din infiltrarea apei de precipitație, fie din acvifere intermediare în zone cu roci semipermeabile sau în arii cu lacune de sedimentare.

În cazul sistemului acvifer mai adânc, încărcarea și descărcarea se produce în afara ariei București și a împrejurimilor acestora, procesul de curgere fiind cu precădere influențat (Figura 16), fie de drenarea apei subterane prin anumite lucrări ce necesită detensionarea acestei structuri hidrogeologice, fie prin sisteme de foraje de alimentare cu apă în diferite scopuri. Dacă pentru acest acvifer alimentarea din precipitații sau din apă de suprafață nu poate fi luată în considerare în zona București, transferul hidric vertical în anumite condiții favorizante poate avea valori semnificative.

5.3.2. Condiții pe frontiere. Zone de alimentare, solicitări hidrodinamice, transfer hidric vertical

Modelul energetic al curgerii apelor subterane este influențat în mod direct de cunoașterea condițiilor de margine. Impunerea corectă a acestora este determinantă în evaluarea corectă a procesului curgerii.

Condițiile de tip Dirichlet sau cele de sarcină impuse se regăsesc cu precădere în cazul acviferului din Pietrișurile de Colentina prin conturarea ariilor de alimentare și descărcare, a impunerii de sarcini pe zonele în care între structura acviferă și apele de suprafață există interdependență sau în zonele în care sarcinile piezometrice sunt cunoscute cu valori sigure. În cazul acviferului din Nisipurile de Mostiștea condițiile de sarcină se impun după analiza hidrogeologică atentă, în așa fel încât procesul de curgere să nu fie modificat de alegerea subiectivă a acestor impunerii.

Condițiile de tip Neuman sunt impuse acolo unde se cunosc volumele de apă extrase prin lucrările de drenare. La nivelul Municipiului București sunt o multitudine de lucrări de drenare sau de alimentare cu apă care au solicitat sau solicită hidrodinamic cele două hidrostructuri.

Referitor la ariile de alimentare, sistemele acvifere sunt încărcate prin infiltrațiile pe capete de strat și prin zonele nesaturate. În cazul hidrostructurii de mică și medie adâncime, cele 2 acvifere sunt alimentate potrivit:

- a) transferului hidric lateral ;
- b) precipitațiilor atmosferice;
- c) schimbului cu apele de suprafață;
- d) prin drenanță prin roci semipermeabile sau ferestre litologice sau prin drenanță indusă (foraje care deschid eronat acvifere diferite, izolări nereușite, accidente tehnice, etc.).

- Reîncărcarea prin infiltrare directă cu 5% din volumul de apă rezultat din precipitații reprezintă cca. 13.9×10^6 m³/an sau un debit de ordinul a 448 l/sec.

Un rol important în alimentarea cu apă a acviferului din Pietrișurile de Colentina îl are schimbul de ape dintre acvifer și râurile Colentina și Dâmbovița. Analiza acestui schimb de ape s-a realizat delimitând câte 3 sectoare pe cele două râuri și calculând aporturile sau pierderile din sistemele hidrice de suprafață.

Transferul hidric vertical reprezintă o componentă importantă în procesul de încărcare sau de cedare a volumelor de apă din cele două structuri acvifere. În zona Municipiului București se produc următoarele tipuri de schimuri de apă prin transfer vertical:

- între apele de suprafață (lacuri, râul Colentina) și acviferul din Pietrișurile de Colentina;
- între acviferele de mică și cele medie adâncime;
- între acviferul superior din Stratele de Coconi (Complexul Marnos) și hidrostructura de mică și medie adâncime.

5.3.3. Surse cu potential ridicat de poluare a apelor subterane

De-a lungul timpului, asupra apei subterane din subsolul Municipiului București diversele surse de poluare au produs schimbări negative în ceea ce privește chimismul. Aceste surse de poluare (Figura 21) pot fi catalogate după cum urmează:

- **surse active**, reprezentate de depozitele de deșeuri menajere (nereciclate):
 - depozitul de deșeuri Glina, groapa “Ochiul Boului”;
 - depozitul de deșeuri Chiajna-Iridex;
 - depozitul de deșeuri Chitila;
 - construcțiile părăsite din apropierea inelului de centură a Bucureștiului (fostele forturi militare, etc);
 - groapa de gunoi menajer Voluntari;
 - groapa de gunoi menajer Vidra;
 - fose septice sau stații de epurare imperfecte amplasate în cartierele lipsite de canalizare central.

Cea mai importantă sursă de poluare a apelor subterane este reprezentată de sistemul învechit de canalizare amplasat în zonele de luncă ale râurilor Dâmbovița și Colentina unde grosimea depozitelor acoperitoare ale acviferului din Pietrișurile de Colentina este de 4-5.0 m (Figura 20).

- **surse inactive**, reprezentate de locațiile care în prezent sunt acoperite de construcții, parcuri, etc:
 - groapa lui Ouatu sau groapa lui Barbu, actual Parcul Copiilor;
 - depozitul Dudești-Pantelimon, actual Complexul Comercial Pantelimon;
 - groapa “Valea Plângerii”, actual Parcul Tineretului;
 - groapa muncitorească, actual Arena Națională;
 - locații în care se preparau materialele de construcții precum varul nestins-hidroxidul de calciu – $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sau cărămidile (zona Titan, Străulești, Tineretului etc);
 - locațiile în care au funcționat latrinele amplasate în zonele lipsite de canalizare;
 - locațiile vechilor cimitire amplasate în zona Municipiului, etc.

6.1. MODELUL NUMERIC AL SISTEMULUI ACVIFER DE MICĂ ȘI MEDIE ADÂNCIME

Modelul numeric al curgerii apei subterane pentru zona București, a fost construit cu ajutorul pachetului G.M.S. (Groundwater Modelling System), ce utilizează metoda diferențelor finite.

Modelul conceptual a fost elaborat pe baza întregului ansamblu de date disponibile, în urma unei selecții corespunzătoare, dar și prin consultarea mai multor lucrări științifice (Drobot, 1982, 1987; Bretotescu, 1996; Bălăeț, 2013).

Au fost utilizate descrierile litologice realizate la construcția forajelor de exploatare, a secțiunilor hidrogeologice prin aceste foraje, a altor hărți, secțiuni geologice și planuri de situație. De asemenea, au fost importante datele obținute în urma campaniilor de teren efectuate, când s-au efectuat măsurători ale nivelului piezometric atât pentru Pietrișurile de Colentina cât și pentru acviferul de medie adâncime (Nisipurile de Mostiștea), în urma cărora au fost actualizate și valorile conductivității hidraulice pentru acviferele menționate.

6.1.1. Modelul spațial

Pentru realizarea modelului spațial al hidrostructurii de mică și medie adâncime din zona Municipiului București a fost realizat, într-o primă etapă, modelul stratigrafic 3D (Figura 5) iar în etapa a doua au fost stabilite limitele de extindere ale modelului numeric atât în plan orizontal cât și în plan vertical și anume:

- Extinderea în plan orizontal:
 - suprafața modelată= 320,19 km²;
 - distanța între limitele amonte și aval= max. 18 km;
 - caroiajul de discretizare= 32 093 celule pătrate;
 - latura celulei= 100 m.
- Extindere în plan vertical

Modelul numeric construit este de tip multistrat (Figura 22) în care primul strat reprezintă acviferul din Pietrișurile de Colentina (cu grosimi cuprinse între 1.14 și 16.95 m) iar stratul 3 reprezintă acviferul din Nisipurile de Mostiștea (cu grosimi între 3.20 și 19.00 m).

Între aceste două strate acvifere a fost individualizat un strat intermediar numerotat ca stratul 2, ce are o grosime cuprinsă între 8.45 și 24.80 m.

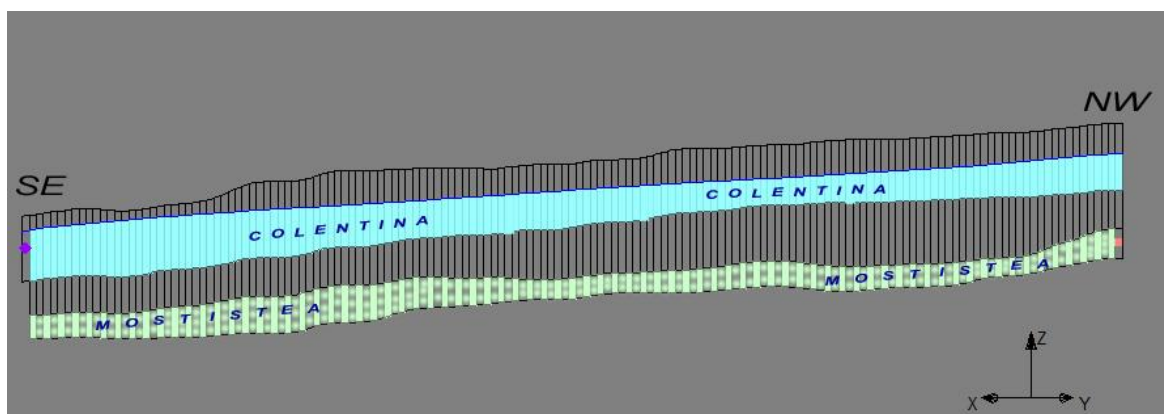


Figura 22 - Profil hidrogeologic SE-NW obținut prin model matematic

6.1.2. Modelul parametric

Zonarea conductivității hidraulice, K

În conformitate cu testele hidrodinamice efectuate în zona Municipiului București, au fost determinate valori ale conductivității hidraulice, K care au fost repartizate pe toată suprafața modelului matematic (Figurile 23, 24).

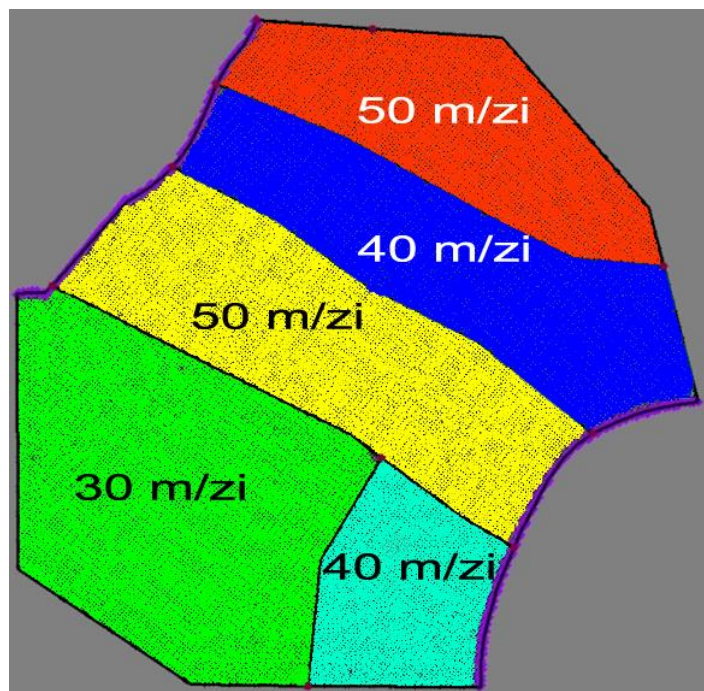


Figura 23 - Distribuția valorilor de conductivitate hidraulică, K pentru acviferul din Pietrișurile de Colentina

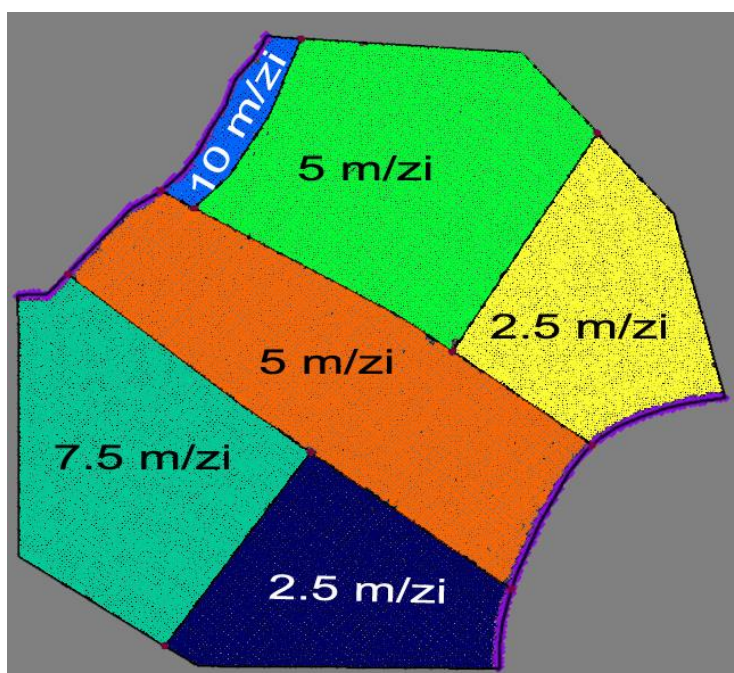


Figura 24 - Distribuția valorilor de conductivitate hidraulică, K, pentru acviferul din Nisipurile de Mostiștea

6.1.3. Condiții pe frontiere

Condițiile la limită definite pentru zona modelată:

- limitele amonte și aval ale modelului sunt de tip *Dirichlet - Cota Hidraulică Impusă*, fiind date de hidroizopiezele de 110,00 m (amonte) și 95 m (aval) pe direcția de curgere;
- condiții de tip *Cauchy - Debit Dependent de Potențial*, pe râurile Dambovița și Colentina, cotele impuse sunt cele reprezentând suprafața liberă a apei din râu;
- condiții de tip *Neumann – Debit Impus*, în interiorul zonei de studiu, în zona forajelor de exploatare;
- condiții de tip *Limită Impermeabilă* în partea de nord-est și în partea de sud-vest a modelului (limitele sunt trasate paralel cu direcția de curgere);
- în adâncime, limita domeniului este dată de culcușul acviferului de medie adâncime, Nisipurile de Mostiștea.

6.1.4. Calibrarea modelului sistemului acvifer

Calibrarea modelului de curgere s-a realizat prin ajustarea următorilor parametri hidrogeologici:

- conductivitatea hidraulică, K
- reîncarcarea naturală a acviferului din precipitații, Re
- valoarea Conductanței, C

Conductanța - C reprezintă estimarea schimbului de debit râu-acvifer, aceasta modificându-se în procesul de calibrare, până la obținerea unei concordanțe cât mai bune (0.5 m) între valorile piezometrice măsurate în teren și cele calculate în cadrul modelului (Figurile 25, 26).

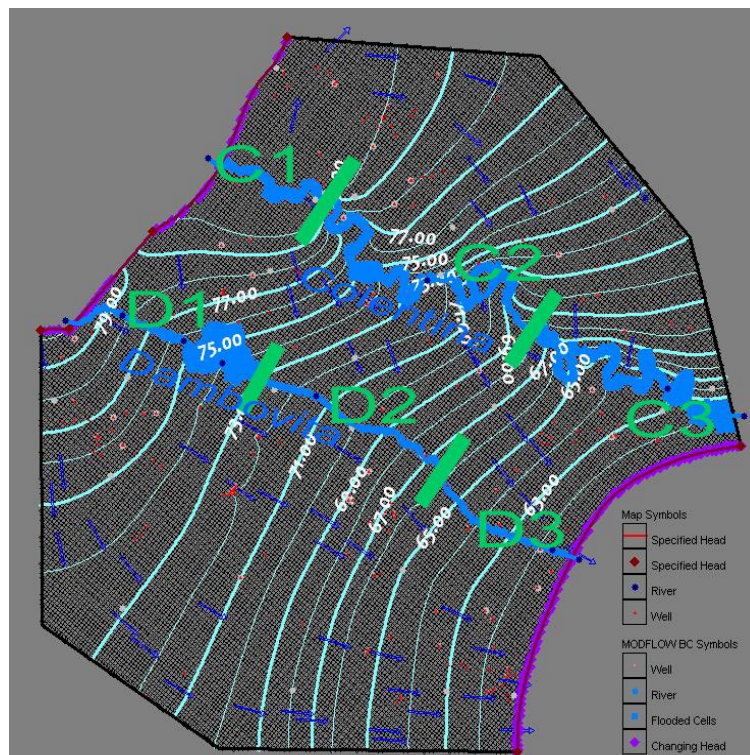


Figura 25 – Harta suprafeței piezometrice (acviferul din Pietrișurile de Colentina), rezultată în urma procesului de calibrare

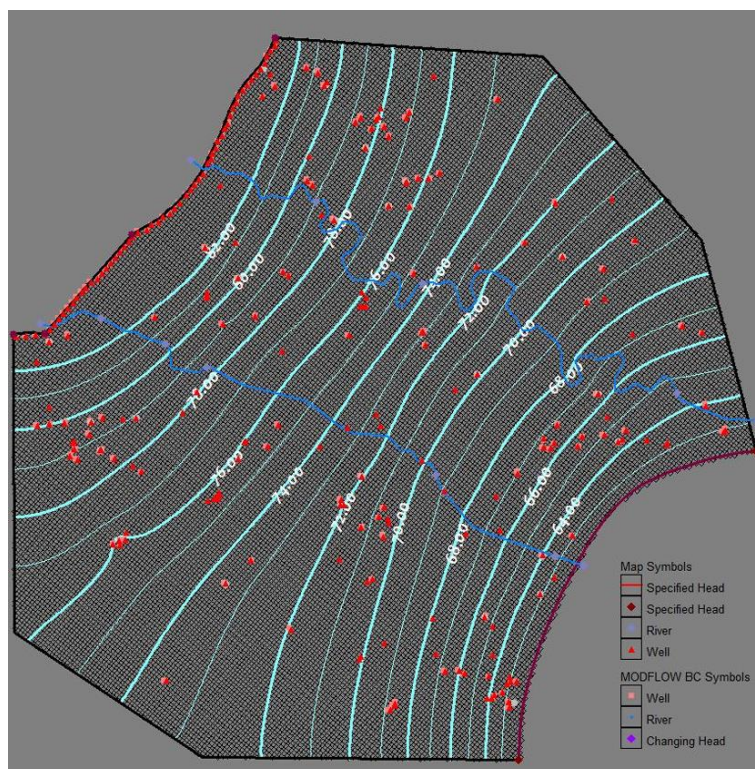


Figura 26 - Harta suprafeței piezometrice (acviferul din Nisipurile de Mostiștea) rezultată în urma procesului de calibrare

Unul din cele mai importante rezultate obținute utilizând modelul matematic de curgere, este calculul *bilanțului debitelor de intrare-ieșire* (Tabelul 3) realizat pentru complexul acvifer din Pietrișurile Colentina și din Nisipurile de Mostiștea:

BILANT SISTEM ACVIFER		Intrari	Iesiri	Intrari	Iesiri
		mc/s	mc/s	l/s	l/s
intrari /iesiri pe limita impusa (amonte /aval)	Colentina	0.078	-0.208	78.33	-208.00
	Intermediar	0.000	0.000	0.00	0.00
	Mostistea	0.007	-0.006	6.55	-6.12
	total	0.085	-0.214	84.98	-214.13
Drenanta verticala	Colentina (culcus)	0.06288	-0.10410	62.88	-104.10
	Intermediar (acoperis)	0.10410	-0.06288	104.10	-62.88
	Intermediar (culcus)	0.05487	-0.10721	54.87	-107.21
	Mostistea (acoperis)	0.10721	-0.05487	107.21	-54.87
schimb rau /acvifer			-0.261		-261.00
Foraje exploatare	Colentina		-0.025		-25.00
	Mostistea		-0.033		-33.17
	total		-0.058		-58.17
Recharge		0.448		448.32	
Total Source/Sink		0.533	-0.533	533.30	-533.30

Tabelul 3 - Bilanț model matematic

Potrivit datelor cunoscute, în momentul actual se exploatează un debit de circa 58 l/s, ceea ce reprezintă puțin sub 20% din totalul debitului tranzitat, în timp ce râurile Colentina și Dâmbovița (Dâmbovița mult mai puțin, cu precădere doar în zona Lacului Morii), au o relație de schimb dinamic cu acviferul din Pietrișurile de Colentina, preluând aproximativ 261.20 l/sec din debitul acestuia.

7. PLANUL DE MANAGEMENT AL SISTEMULUI ACVIFER DE MICĂ ȘI MEDIE ADÂNCIME

Într-un ansamblu general menit să asigure protecția calitativă și cantitativă a tuturor resurselor de apă de pe teritoriul Uniunii Europene, Directiva-cadru în domeniul Apelor 2000/60/CE privind stabilirea cadrului pentru o politică europeană în domeniul apelor a identificat obiective de mediu pentru apele subterane care să fie atinse în cicluri succesive de management al apelor pe bazine hidrografice pe baza unor *planuri de management și programe de măsuri obligatorii* pentru toate statele membre. Scopul acestor *planuri de management și programe de măsuri* este realizarea stării bune a tuturor apelor de pe teritoriul Uniunii Europene.

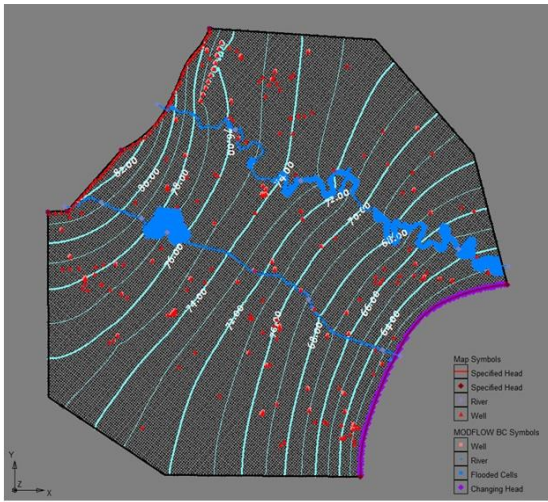
În zona București a fost descris corpul de apă subterană freatic, ROAG03 – Colentina, corpul de medie adâncime ROAG11 – Nisipurile de Mostiștea și corpul de apă de adâncime ROAG13 – București.

Planul de management al sistemului acvifer împreună cu programul de măsuri este cuprins în planurile de management mai largi ale districtelor hidrografice din România și ale programelor de măsuri aferente acestora.

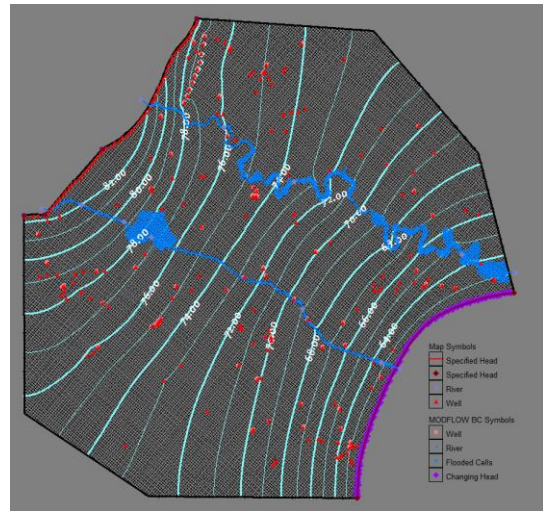
Planurile de management se fundamentează pe modele matematice de curgere a apei subterane, corect calibrate în care condițiile pe frontieră, intrările (reîncărcare din precipitații, schimb acvifer - râu) și ieșirile (debite exploatare, drenanță) au fost selectate pe baze științifice putând reda cu fidelitate, prin simulări succesive diverse situații impuse de solicitări în exploatarea apelor subterane (cartiere rezidențiale construite în zone izolate, societăți industriale cu consumuri majore de apă etc).

7.1. PROIECTAREA SURSELOR DE EXPLOATARE ALE APEI SUBTERANE

În cazul exploatării apei subterane din sistemul acvifer de mică și medie adâncime, pentru Municipiul București au fost efectuate 3 scenarii prin înființarea a 3 fronturi de captare. Unul dintre acestea este alcătuit din foraje care să exploateze acviferul din Pietrișurile de Colentina (zona nordică, Figura 27 a, b), iar două fronturi de captare sunt proiectate cu foraje care să exploateze acviferul din Nisipurile de Mostiștea (zonele Clinceni și Pipera, Figura 28 a,b, 29 a,b). Pentru fiecare front de captare s-au efectuat câte 2 simulări cu debite de 50 l/sec, respectiv, 100 l/sec (Tabelele 4, 5, 6).

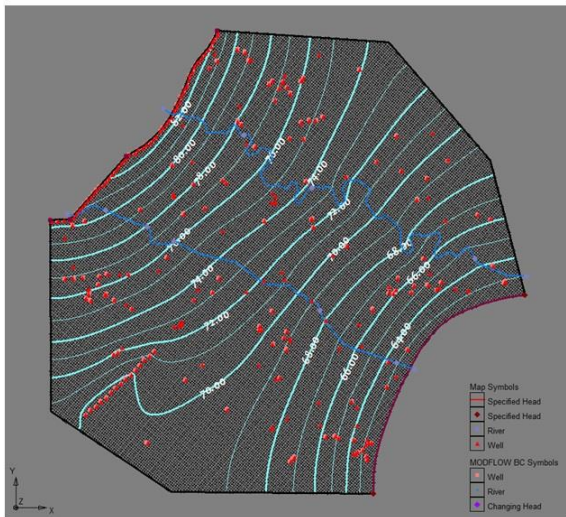


a) debit suplimentar de 50 l/sec

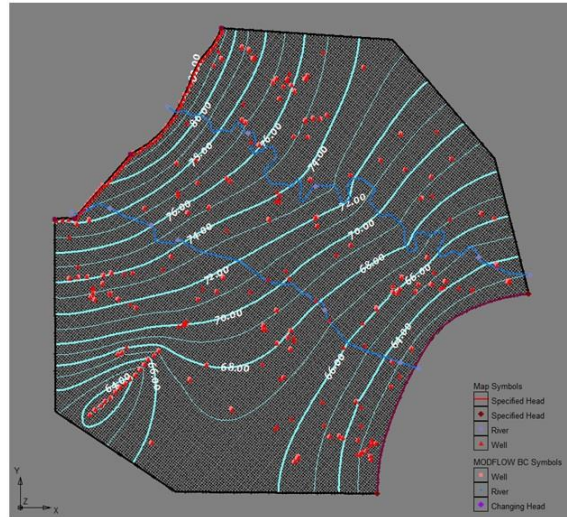


b) debit suplimentar de 100 l/sec

Figura 27 (a,b) – Simulare front nou captare, zona nordică (acvifer Colentina)

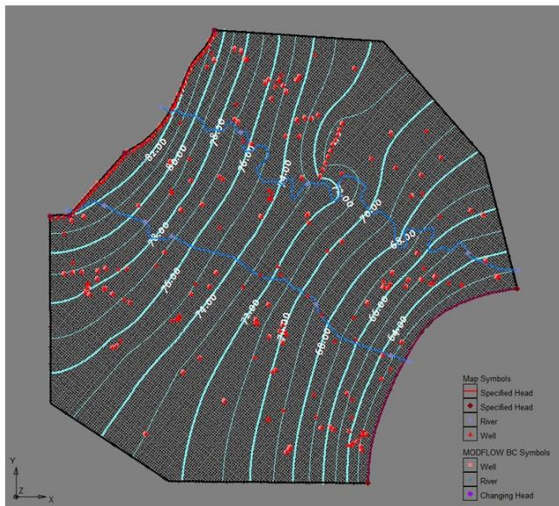


a) debit suplimentar de 50 l/sec

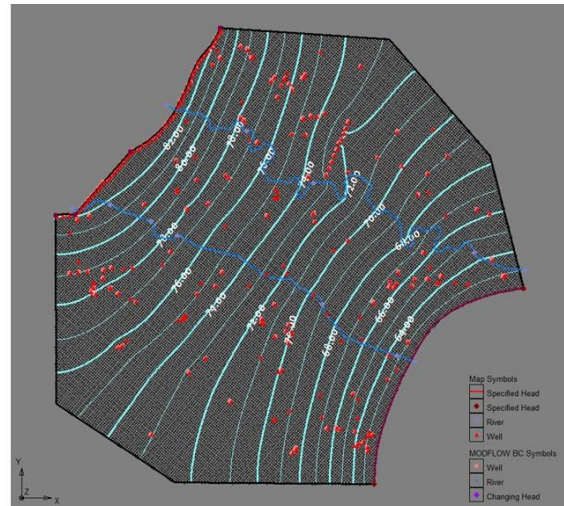


b) debit suplimentar de 100 l/sec

Figura 28(a,b) – Simulare front nou captare, zona Clinceni (acvifer Mostiștea)



a) debit suplimentar de 50 l/sec



b) debit suplimentar de 100 l/sec

Figura 29 (a,b) – Simulare front nou captare, zona Pipera (acvifer Mostiștea)

Simulare	Foraj la limita sudică a captării N_p / dh (m)	Foraj în zona centrală a captării N_p / dh (m)	Foraj la limita nordică a captării N_p / dh (m)
Situație actuală	80.69 / 0	80.49 / 0	80.46 / 0
sim + 50 l/sec	79.38 / 1.31	79.11 / 1.38	79.22 / 1.24
sim + 100 l/sec	78.11 / 2.58	77.74 / 2.75	77.99 / 2.47

Tabelul 4- Simulări front captare nou amplasat în zona nordică (acviferul din Pietrișurile de Colentina, Figura 27 a,b)

Simulare	Foraj la limita sudică a captării N_p / dh (m)	Foraj în zona centrală a captării N_p / dh (m)	Foraj la limita nordică a captării N_p / dh (m)
Situație actuală	72.28 / 0	72.27 / 0	72.33 / 0
sim + 50 l/sec	70.25 / 2.03	70.53 / 1.74	71.32 / 1.01
sim + 100 l/sec	67.29 / 4.99	67.88 / 4.39	69. / 3.36

Tabelul 5- Simulări front captare nou amplasat în zona Clinceni (acviferul din Nisipurile de Mostiștea, Figura 28 a,b)

Simulare	Foraj la limita sudică a captării N_p / dh (m)	Foraj în zona centrală a captării N_p / dh (m)	Foraj la limita nordică a captării N_p / dh (m)
Situație actuală	73.65 / 0	73.86 / 0	73.98 / 0
sim + 50 l/sec	72.85 / 0.80	72.14 / 1.72	72.36 / 1.62
sim + 100 l/sec	72.03 / 1.62	70.27 / 3.59	70.62 / 3.36

Tabelul 6 - Simulari front captare nou amplasat în zona Pipera (acviferul din Nisipurile de Mostiștea, Figura 29 a,b)

Modelul matematic de transport de poluanți în apa subterană (modelul energetic dispersional).

Modelul matematic de transport al poluanților prin mediul acvifer este un model cuplat ce ține seama atât de componenta convectivă, reprezentată de curgerea apei subterane, cât și de componenta conductivă reprezentată de difuzia moleculară cu tortuozitate a contaminanților potențiali.

În mod practic, au fost importate condițiile la limită și rezultatele obținute din modelul matematic de curgere al apei subterane cu ajutorul modulului MT3DMS. Acesta permite simularea proceselor de advecție, dispersie și a reacțiilor chimice.

Parametrii hidrodispersivi utilizați, obținuți după calibrarea modelului de curgere și transport, sunt următorii:

- porozitate efectivă = 20%
- dispersivitate longitudinală = 5 m
- raport $\alpha_L / \alpha_T = 0.1$.

7.2. SIMULARE DE TRANSPORT POLUANT MISCIBIL

În zona de vest a Municipiului București (zona Clinceni), cu ajutorul modelului matematic de curgere al apei subterane și utilizând parametrii hidrodispersivi rezultați din calibrare, a fost realizată o simulare de transport de poluant miscibil introdus în acviferul din Nisipurile de Mostiștea.

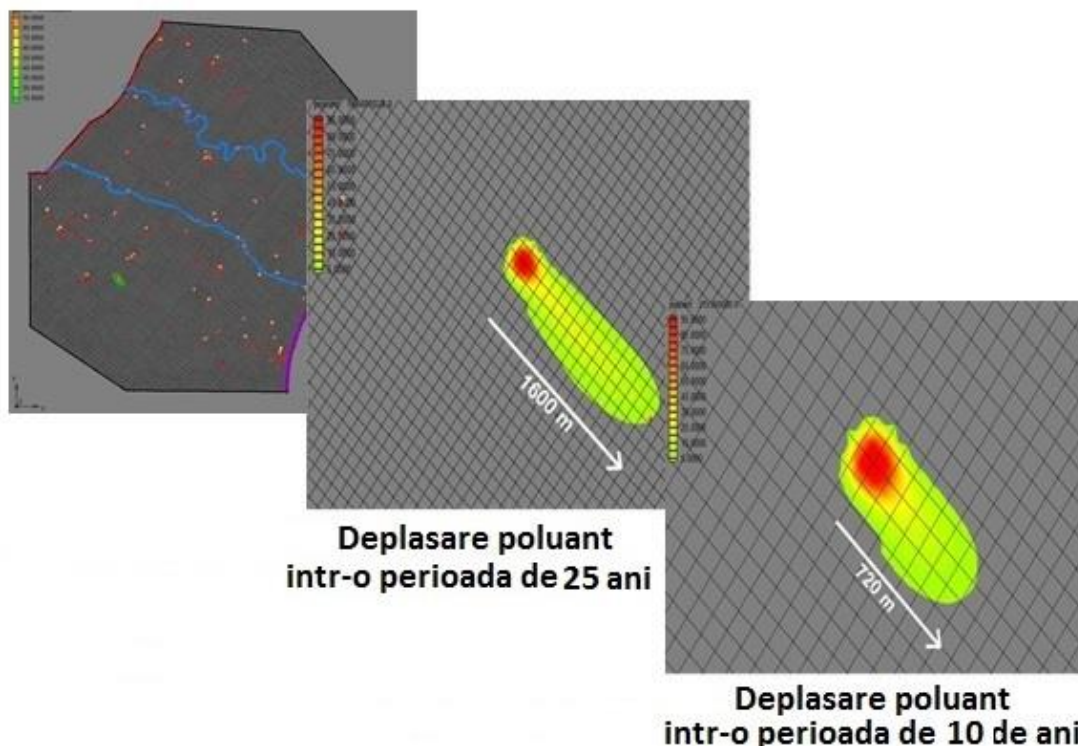


Figura 30 – Simulare deplasare poluant miscibil în acviferul din Nisipurile de Mostiștea

Potrivit rezultatelor obținute (Figura 30), un poluant care ajunge direct în acviferul din Nisipurile de Mostiștea ar putea parcurge o distanță de 720 m într-un timp de 10 ani și o distanță de circa 1600 m într-un timp de 25 ani.

7.3. DELIMITAREA PERIMETRELOR DE PROTECȚIE HIDROGEOLOGICĂ PENTRU SURSELE DE APA SUBTERANĂ

Toate sursele de apă utilizate pentru alimentarea cu apă trebuie să aibă delimitate perimetre de protecție hidrogeologică. Utilizarea modelării numerice ca fundament în managementul resurselor de apă subterană se concretizează în această lucrare și prin dimensionarea perimetrelor de protecție hidrogeologică. În acest sens, prin intermediul simulării numerice a procesului de curgere, au fost calculate limitele perimetrelor de protecție hidrogeologică pentru toate forajele de exploatare luate în evidență.

Timpul de tranzit în curgerea apei subterane, pentru care s-a efectuat simulare a fost stabilit la 3650 de zile (10 ani) pentru orice substanță poluantă nedegradabilă sau greu degradabilă, care s-ar infiltra la limita acestei zone și ar ajunge în forajele de captare (Figura 31).

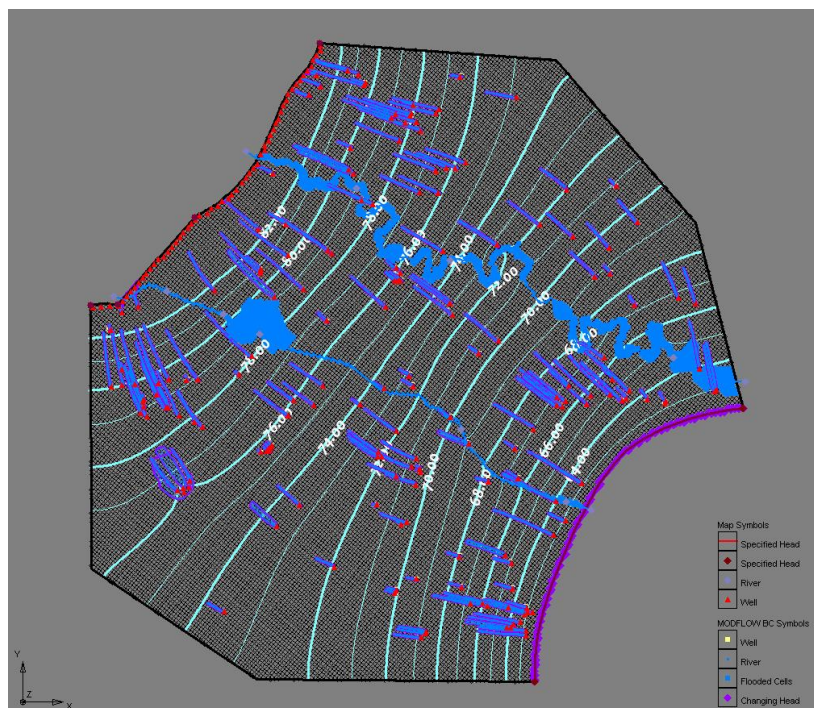


Figura 31– Perimetre de protecție hidrogeologică

Rezultatele simulării sunt conforme cu cele incluse în *Ordinul Ministrului Mediului și Pădurilor pentru aprobarea „Instrucțiunilor privind delimitarea zonelor de protecție sanitară și a perimetrului de protecție hidrogeologică,”* (Ordinul nr. 1278/2011). Pentru delimitarea zonelor de protecție sanitară și a perimetrelor hidrogeologice s-au inclus în calcul funcționarea unui număr aproximativ de 200-220 foraje care erau în exploatare

8. MODALITĂȚI DE UTILIZARE A MODELELOR MATEMATICE ÎN MANAGEMENTUL APELOR SUBTERANE

Modelul matematic elaborat constituie instrumentul fundamental prin care organismele specializate în managementul apelor subterane sau al apelor de suprafață (SGA-uri, Apele Romane) pot lua decizii importante cu privire la protecția și conservarea resurselor de apă subterană, la exploatarea acestora, la gestionarea poluării accidentale (zona Băneasa), precum și în cazul unor probleme referitoare la formarea profesională a specialiștilor, etc. În mod concret, modelul de curgere și transport elaborat scoate în evidență următoarele activități manageriale specifice:

- Proiectarea noilor captari de apa subterană sau optimizarea celor vechi, astfel încât să fie evitate fenomenele de supraexploatare;
- Gestionarea fenomenelor de poluare a apei subterane prin delimitarea penelor de poluant și calculul distanței și a timpilor de tranzit când acestea pot ajunge în zona de exploatare a resurselor de apă subterană;
- Modelarea numerică și conceptuală, schematizarea condițiilor hidrogeologice, evaluarea corectă a parametrilor hidraulici și de transport, a condițiilor de curgere, etc. asigură substratul adoptării unor decizii manageriale adecvate referitoare la utilizarea judicioasă a rezervelor și resurselor de apă subterană.

Proiectarea noilor captări care să funcționeze fără să perturbe dinamica apelor subterane se realizează prin simulări succesive într-un timp redus ale proceselor de curgere a apelor subterane și de transport a poluanților miscibili.

9. MĂSURI DE PREVENIRE ȘI LIMITARE A PROCESULUI DE POLUARE A APELOR SUBTERANE

În anul 2009, România a transpus în legislația națională Directiva 2006/118/CE privind protecția apelor subterane împotriva poluării și a deteriorării, prin adoptarea Hotărârii Guvernului nr. 53/2009 pentru aprobarea Planului național de protecție a apelor subterane împotriva poluării și deteriorării. Acest plan conține Măsuri de prevenire și limitare a introducerilor de poluanți în apele subterane propuse în Planul Național au în vedere:

- Protecția surselor de apă (foraje) și a acviferelor;
- Delimitarea și instituirea zonelor de protecție sanitară;
- Amplasarea forajelor de mica adâncime în afara zonelor în care depozitele acoperitoare ale acviferului din Pietrișurile de Colentina au grosimi mai mici de 4-5 m. Au fost identificate zonele în care aceste depozite alcătuite din leosuri, argile nisipoase nu asigură o bună protecție apei subterane (Figura 21);
- Amplasarea forajelor de mica adâncime la distanțe mai mari față de limita zonelor de protecție sanitară;
- Evitarea poziționării forajelor de alimentare cu apă în perimetrele fostelor sau actualelor depozite de gunoi menajer, deșeuri medicale, surse de poluare active și inactive (Figura 21), etc.;
- Cercetarea zonelor de amplasare a captărilor propuse în concordanță cu art. 11 (1) din Legea minelor 85/2003
- Determinarea perimetrelor de protecție hidrogeologică, conform Ordinul MMAP nr. 1278/2011.
- Evitarea amplasării captărilor de apă subterană în zonele cu risc de supraexploatare. În cazul fronturilor de captare alcătuite din mai mult de 3-4 foraje și cu debite prelevate mai mari de 5000 m³/zi, beneficiarii captării vor avea obligația amplasării unui sistem de monitorizare (cantitativă și calitativă) cu foraje amplasate atât în amont cât și în aval față de fronturile de captare, cât și la extremitățile captărilor.

10. CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

Ca rezultatele personale puse în evidență în lucrare pot fi enumerate:

- a) **Descifrarea structurii geologice** a zonei cuprinse în interiorul șoselei de centură. Hidrostructura de mică și medie adâncime cu cele trei strate poros permeabile, cu extindere continuă precum Pietrișurile de Colentina și Nisipurile de Mostiștea sau extinderea mult mai redusă în suprafață (Nisipurile intermediare) a fost pusă în evidență prin analizarea datelor de specialitate prezentate în literatura de specialitate, prin

descrierile probelor prelevate din foraje de către laboratorul tezei sau de către personalul de specialitate (sondori, maiștri, geologi).

- a1) hărți cu izohipse la acoperișul și culcușul Pietrișurilor de Colentina
- a2) hărți cu grosimile Pietrișurilor de Colentina
- a3) hărți cu izohipse la acoperișul și culcușul Nisipurilor de Mostiștea
- a4) hărți cu grosimile Nisipurilor de Mostiștea
- a5) hărți cu izohipse la acoperișul și culcușul Nisipurilor Intermediare
- a6) hărți cu grosimile și extinderea Nisipurilor Intermediare

Pentru elaborarea acestor hărți specifice acestor tipuri de depozite poros-permeabile au fost inventariate cel puțin 500-600 fișe litologice ale forajelor executate de diverși executați (SAFAR BUC., FORADEX, firme private, etc). De asemenea au fost consultate mai mult de 100 diagrame geofizice. Fiecare element caracteristic acestor depozite poros-permeabile (acoperiș, culcuș) poate fi pus în evidență prin cotele absolute ale izoliniilor.

a7) modelul stratigrafic 3D al hidrostructurii de mică și medie adâncime realizat cu programul Rockworks 15. Pentru realizarea modelului stratigrafic au fost utilizate coloanele litologice aferente a circa 60 foraje de mică și medie adâncime. Modelul stratigrafic a pus în evidență cele 3 strate acvifere: Colentina, intermediar, Mostiștea precum și stratele impermeabile dintre acestea.

b) **Descifrarea structurii hidrogeologice** a fost realizată prin cumulara cunoștințelor geologice, cu cele specifice hidrogeologiei.

- b1) harta cu variația suprafeței piezometrice a acviferului din Pietrișurile de Colentina
- b2) harta cu variația suprafeței piezometrice a acviferului din Nisipurile de Mostiștea
- b3) evaluarea parametrilor hidrogeologici a fost realizată prin analiza pompărilor experimentale efectuate în foraje din Rețeaua Hidrogeologică Națională sau în foraje utilizate pentru lucrări de epuizament.

c) **Evaluarea hidrochimismului** a fost realizată astfel încât s-au obținut următoarele rezultate:

- c1) identificarea tipurilor hidrochimice;
- c2) evaluarea caracterului de potabilitate în conformitate cu prevederile actuale, respectiv Legea 458/2002 completată cu legea 311/2004;
- c3) analiza distribuției concentrațiilor ionilor de calciu, sodiu, bicarbonat, clor, sulfați, magneziu indică prezența apei cu caracter bicarbonat-calcic în acviferele Colentina și Mostiștea.

d) **Identificarea și prezentarea principalelor surse posibile (active și inactive) de poluare** a apei subterane

e) **Evaluarea prin modelare numerică** a curgerii apei subterane

- e1) modelul conceptual al hidrostructurii cu cele 3 tipuri de schematizări: spațială, parametrică și hidrodinamică. Rezultatele unor simulări de pompare cu debite suplimentare de 50 și 100 l/sec pe trei fronturi de captare Clinceni, Pipera și zona nordică a municipiului București indică o capacitate de debitare bună a celor 2 acvifere, Colentina respectiv Mostiștea;
- e2) modelul matematic de transport de poluanți prin mediul acvifer cu simularea contaminării cu un poluant miscibil. Rezultatele simulării pentru delimitarea perimetrelor de protecție hidrogeologică pentru 200-220 foraje.

Prezentarea măsurilor de prevenire și limitare a procesului de poluare a apelor subterane, principalele norme legislative elaborate de Comunitatea Europeană pentru exploatarea rațională a apei în condiții de protecție și conservare a structurilor acvifere.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. **Bretotean, M., Reich, C., Neagu, D. (1987)**, *Stabilirea resurselor de apă și a schemelor optime de exploatare ale stratelor acvifere din zona municipiului Craiova*, Volum cu lucrările Simpozionului “Realizări și perspective în dezvoltarea alimentărilor cu apă, a protecției apei și mediului ambiant”, Secțiunea hidrogeologie, I.S.L.G.C., Sinaia;
2. **Neagu, D. (2000)**, *Evaluarea capacității de debitare a izvoarelor din zona Ciuhoiu, jud. Buzău*. Volum cu lucrările Sesiunii Anuale de Comunicări Științifice-INMH București;
3. **Neagu, D. (2001)**, *Variația resurselor disponibile ale acviferului de adâncime din Municipiul București în perioada 1950-1994*. Volum cu lucrările Sesiunii Anuale de Comunicări Științifice-INMH București;
4. **Neagu, D., Radu, E., Rotaru, A., Bretoteanu, M., (2002)**, *Aspecte structural-faciale ale depozitelor cuaternare din Câmpia de Vest, zona Tur-Someș-Crasna*. Volum cu lucrările Sesiunii Anuale de Comunicări Științifice-INMH București;
5. **Rotaru A., Radu E., Neagu D., Bretotean M. (2002)**, *Evaluarea rezervelor și resurselor de ape subterane ale structurilor acvifere de adâncime din zona Tur – Someș – Crasna*, Sesiunea Anuală de Comunicări științifice I.N.M.H., București, 3-6 iunie 2002; publicată pe CD „Sesiunea Științifică Anuală – Culegere de lucrări”, ISBN 973 – 0 – 02675 – 9;
6. **Neagu D., Radu E. (2002)**, *Zone de protecție sanitară și dezvoltare urbană. Studiu de caz: municipiul Bacău*, Sesiunea Anuală de Comunicări științifice I.N.M.H., București, 3-6 iunie 2002, publicată pe CD „Sesiunea Științifică Anuală – Culegere de lucrări”, ISBN 973 – 0 – 02675 – 9;
7. **Neagu D., Radu E. (2003)**, *Determinarea zonelor de protecție sanitară ale captării de ape subterane Gherăești, jud. Bacău – implicații și efecte*, Simpoziul Național al Asociației Hidrogeologilor din România (A.H.R.) „Protecția și conservarea apelor subterane din România”, București, 20-21 noiembrie 2003, publicată în revista „Hidrogeologia”, editată de A.H.R., ISSN 1220 – 5559, vol 6, nr.1/2004, pag. 75 – 79, București;
8. **Radu E., Smidt E., Adler Mary-Jeanne., Balaet R., Macaleț R., Neagu D., Nanu F., Groza I. (2012)** - Proiectul România – Olanda - Management of Aquifer Recharge and Energy Storage (MARES) – rezultate și perspective / Project Romania – Holland - Management of Aquifer Recharge and Energy Storage (MARES) – results and perspectives, Conferința științifică Internațională a I.N.H.G.A. “*Hazarduri hidrologice și managementul riscurilor asociate*”, București, 8 – 10 octombrie 2012 / I.N.H.G.A. - International Scientific Conference “*Hydrological Hazards and Associated Risks Management*”, Bucharest, October 8-10, 2012, Volumul cu rezumate, p.59 – 60;
9. **Radu E., Pandele. A., Minciuna M., Neagu D., Stanescu G., Radu C.**, Proiectul „*Managementul acviferelor locale pentru stocaj termic ca tehnologie curată pentru clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero n-ZEB*” – MATES, Conferința Științifică Anuală a I.N.H.G.A., 2 – 3 noiembrie 2015, București, Volumul Rezumate, p.59;
10. **Radu E., Smidt E., Adler Mary-Jeanne., Macaleț R., Neagu D. (2013)**, *Condițiile hidrogeologice necesare alimentării artificiale a acviferelor și a stocării energiei termice în acvifere. Oferta cercetării științifice pentru transfer tehnologic în agricultură, industria alimentară și silvicultură*, Ministerul Agriculturii și Dezvoltării

LUCRĂRI NEPUBLICATE

1. **Bretotean M., Neagu D. (1985)**, *Stabilirea resurselor de apă și a schemelor optime de exploatare a complexului acvifer de mică adâncime din zona municipiului București*, Arh. I.N.H.G.A.-I.N.M.H., București;
2. **Neagu D. (1992)**, *Stabilirea gradului de exploatare actuală și resursele disponibile ale acviferelor de adâncime din Municipiul București*, Arh. I.N.H.G.A.-I.N.M.H., București;
3. **Neagu D., Rotaru A. (1999)**, *Studiu hidrogeologic privind resursele de apă potabilă ale județului Satu Mare – etapa II-a*, Arh. I.N.H.G.A.-I.N.M.H., București;
4. **Rotaru A., Ciocănar M., Neagu D. (1999)**, *Studiu hidrogeologic preliminar pentru identificarea soluțiilor posibile de alimentare cu apă din subteran a com. Nereju, jud. Vrancea*, Arh. I.N.H.G.A.-I.N.M.H., București;
5. **Neagu D., Rotaru, A. (2000)**, *Studiu hidrogeologic privind resursele de apă potabilă ale județului Satu Mare – etapa II-a*, Arh. I.N.H.G.A.-I.N.M.H., București;
6. **Neagu D., Rotaru, A., (2000)**, *Studiu hidrogeologic privind instituirea zonelor de protecție sanitară pentru sursele de apă subterană aferente loc. Breaza, jud. Prahova*, Arh. I.N.H.G.A.-I.N.M.H., București;
7. **Neagu D., Rotaru A., Radu E. (2001)**, *Studiu hidrogeologic privind resursele de apă potabilă ale județului Satu Mare – etapa finală*, Arh. I.N.H.G.A.-I.N.M.H., București;
8. **Rotaru A., Neagu D. (2001)**, *Determinarea mărimii zonelor de protecție sanitară și hidrogeologică la forajele R. A. AQUATIM, care alimentează cu apă din subteran municipiul Timișoara*, Arh. I.N.H.G.A.-I.N.M.H., București;
9. **Rotaru A., Radu E., Neagu D. (2001)**, *Studiu hidrogeologic de sinteză privind evaluarea resurselor și rezervelor de ape subterane ale structurilor acvifere de adâncime de pe teritoriul României și stabilirea programului de cercetare a acestora în continuare. Etapa 2001 – Câmpia de Vest, zona Tisa – Crasna*, Arh. I.N.H.G.A.-I.N.M.H., București;
10. **Neagu, D., Radu, E., (2002)**, *Zone de protecție sanitară și dezvoltare urbană, studiul de caz Municipiul Bacău. Volum cu lucrările Sesiunii Anuale de Comunicări Științifice-INMH București*;
11. **Neagu D., Rotaru A. (2004)**, *Studiu privind influența sondei de exploatare 2 OZANA asupra fronturilor de captare din zona Timișești și Lunca și măsurile necesare pentru protecția acviferului*, Arh. I.N.H.G.A.-I.N.M.H., București;
12. **Tomescu G., Neagu D., Stoichiță D., (2005)**, *Modelarea matematică a condițiilor hidrodinamice și hidrochimice regionale ale sistemelor acvifere din bazinele hidrografice Argeș-Dâmbovița-Ialomița*, (Program ARDI), Arh. I.N.H.G.A.-I.N.M.H., București;
13. **Munteanu T., Dumitrașcu G., Neagu D. (2012)**, *Acviferul carbonifer inferior din zona Boș, județul Hunedoara*, Simpozionul științific „Grigore Cobălcescu”, 27.10.2012, Universitatea „Al. I. Cuza”, Iași;
14. **Munteanu T., Neagu D., Dumitrașcu G. (2013)**, *Considerații hidrogeologice privind zona Sângeorz-Băi, județul Bistrița-Năsăud*, Simpozionul științific „Grigore Cobălcescu”, 26.10.2013, Universitatea „Al. I. Cuza”, Iași;
15. **Neagu D., Vasile Th. (2016)**, *Poluarea cu tricloretilena în zona Pipera – Voluntari, jud. Ilfov, Conferința de Hidrogeologie “Certitudini și incertitudini în cercetarea și utilizarea resurselor de apă subterană”*, 15-17.09.2016, Palatul Culturii Iași.