

**UNIVERSITATEA „AUREL VLAICU” DIN ARAD
ȘCOALA DOCTORALĂ INTERDISCIPLINARĂ
DOMENIUL: INGINERIA MEDIULUI**



**REZUMAT
TEZĂ DE DOCTORAT**

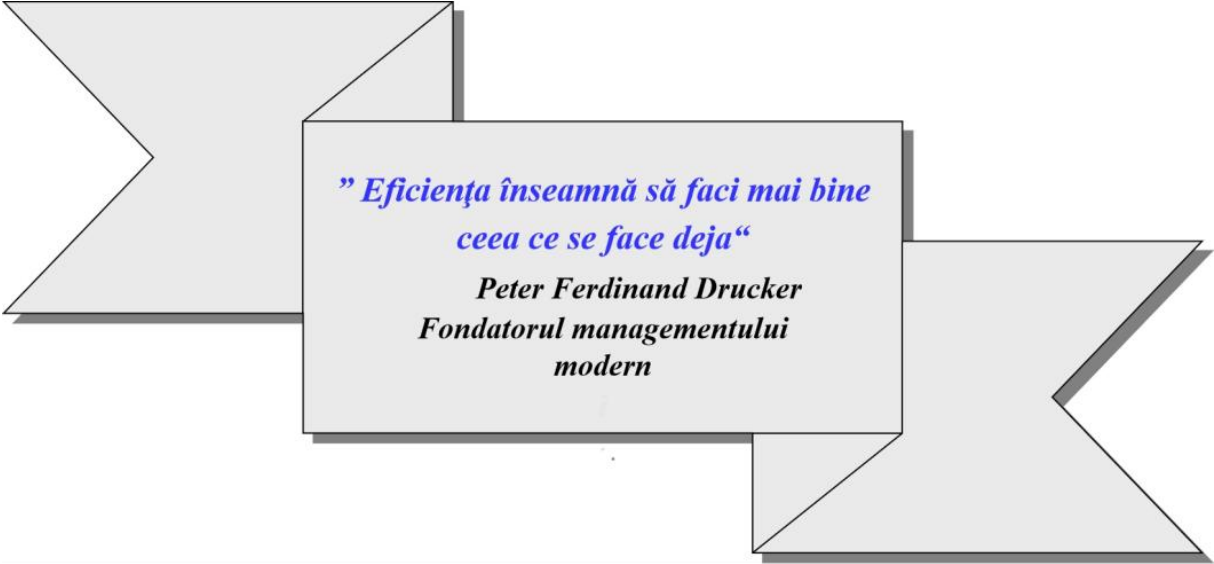
**Impactul activității
CET HIDROCARBURI ARAD asupra
calității apelor freatice și a solului**

Ramona-Carmen HĂRTĂU

**COORDONATOR ȘTIINȚIFIC:
Prof. univ. dr. habil. chim.
Florentina-Daniela MUNTEANU**

ARAD
2024

MOTTO



***”Eficiența înseamnă să faci mai bine
ceea ce se face deja“***

***Peter Ferdinand Drucker
Fondatorul managementului
modern***

CUPRINS

INTRODUCERE	4
OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT	6
CAPITOLUL 1. STADIUL CUNOAȘTERII PRIVIND CALITATEA APELOR FREATICE	8
CAPITOLUL 2. STADIUL CUNOAȘTERII PRIVIND METALELE GRELE ÎN SOL	13
2.1. Impactul contaminării cu metale grele în sol	17
2.1.1. Impactul asupra activității microbiene și enzimatică a solului	17
2.1.2. Impactul asupra plantelor	17
2.1.3. Impactul asupra animalelor	17
2.1.4. Impactul asupra oamenilor	18
CAPITOLUL 3. CET HIDROCARBURI ARAD (S.C. CENTRALA ELECTRICĂ DE TERMOFICARE HIDROCARBURI S.A. ARAD)	19
3.1. Amplasament	19
3.2. Obiect de activitate	19
3.3. Investiții	20
CAPITOLUL 4. CONTRIBUȚII PERSONALE	21
4.1. Evaluarea calității apelor freatice pe amplasamentul CET H	21
4.1.1. Introducere	21
4.1.3. Materiale și metode	22
4.1.3.1. Materiale	22
4.1.3.2. Metode	23
4.1.4. Legislație	23
4.1.5. Aria de studiu	27
4.1.6. Rețeaua hidrografică	27
4.1.6.1. Conul Aluvionar al Mureșului	27
4.1.7. Surse de poluare a apelor în județul Arad	27
4.1.8. Corpul de apă subterană de adâncime ROMU22	28
4.1.8.1. Evaluarea stării chimice a corpului de apă ROMU 22	28
4.1.10. Metodologia aplicată pentru evaluarea impactului asupra mediului	28
4.1.11. Rezultate și discuții	29
4.1.12. Concluzii privind calitatea apelor freatice pe amplasament	35
4.2. Evaluarea concentrațiilor de metale grele în sol pe amplasamentul CET H	37
4.2.1. Introducere	37
4.2.3. Materiale și metode	37

TEZĂ DE DOCTORAT
HĂRȚĂU RAMONA - CARMEN

4.2.3.1. Materiale	37
4.2.3.2. Metode	38
4.2.4. Legislație	39
4.2.5. Aria de studiu	41
4.2.7. Metodologia aplicată	41
4.2.7.1. Evaluarea individuală pentru metalele grele și a stării generale de poluare	41
4.2.10. Concluzii privind concentrațiile de metale grele în sol pe amplasament	49
CAPITOLUL 5. CONCLUZII GENERALE ȘI PERSPECTIVE	50
5.1. Concluzii generale	50
5.2. Perspective	51
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ	57 70

INTRODUCERE

La nivel industrial, cererea de energie electrică și termică este acoperită, în mare măsură, de centralele termice convenționale bazate pe arderea combustibililor fosili, cărbune hidrocarburi, petrol și gaze naturale [1].

Producția industrială de energie în centralele electrice de termoficare generează importante emisii de poluanți specifici activității, care pot să contribuie la fenomenul de poluare, la nivel zonal și global [5].

Activitatea centralelor este supusă unor cerințe stricte legate de calitatea mediului, prin legislația națională și europeană în domeniul protecției mediului, iar la ora actuală se confruntă cu o mare provocare pentru a îndeplini aceste cerințe în paralel cu menținerea unei eficiențe ridicate a proceselor de ardere, respectiv a reducerii duratei de viață a componentelor tehnologice critice [3, 6].

Emisiile provenite din activitatea sectorului energetic afectează în mod direct calitatea aerului, a solului, a subsolului și a corpurilor de apă, metalele grele reprezentând o categorie importantă de poluanți. În cazul centralelor termoelectrice, emisiile de metale grele provin de la instalațiile de ardere, sub formă de pulberi, care afectează solul prin depunere și acumulare, atât pe amplasament cât și în vecinătăți, uneori la distanțe mari [7].

Efectul nociv al metalelor grele se manifestă la concentrații ridicate în compoziția aerului din zona sursei emițătoare cu depunere și asimilare în corpurile de apă și în lanțul trofic. Compușii metalelor grele participă la transportul global de substanțe, sub formă de aerosoli în atmosfera superioară având dimensiuni micro și nanometrice, în absența unui prag minim de identificare care să poată demonstra că aceste substanțe nu reprezintă un pericol pentru sănătatea oamenilor [8].

Toxicitatea înaltă, acumularea și lipsa de biodegradabilitate, determină ca poluarea cu metale grele să aibă un impact semnificativ asupra vieții, afectând grav procesele ecosistemice și sănătatea umană, metalele grele fiind agenți cancerigeni recunoscuți cu acțiune genotoxică pentru ființele vii [8, 9].

Solul este supus contaminării, de regulă ca o consecință a activităților antropice, în special a celor industriale, care au un impact major, cum este și în cazul terenurilor din jurul centralelor, un impact deosebit prezentând poluanții persistenți, cum sunt metalele grele [9].

Metalele prezente în natură care au o densitate mai mare de 5g/cm^3 sunt considerate metale grele. Acestea sunt de obicei asociate cu toxicitatea și poluarea, însă unele dintre ele, cum ar fi metalele esențiale, sunt vitale pentru organismele vii în concentrații mici [10]. Persistența metalelor grele perioade lungi în sol contribuie la procesul de geoacumulare, respectiv de bioacumulare, solul reprezentând interfața sistemului ecologic de conexiuni pentru biosferă [11].

Solul reprezintă un sistem complex, cu implicații fundamentale, având capacitatea de a stoca o cantitate de carbon organic de patru ori mai mare decât fauna și vegetația, fapt ce îi conferă atributul de cel mai mare depozit de carbon terestru, cu o capacitate de 2500 gigatone, și un rol major în modificările atribuite climei [13].

Calitatea apelor freatice este influențată direct de activitățile specifice procesului tehnologic industrial desfășurat la nivelul solului, prin impactul poluanților specifici generați sub formă de diverse emisii, care includ și descărcări de ape uzate în receptori.

Monitorizarea calității apelor freatice constituie o activitate specifică desfășurată în mod sistematic și periodic, conform programelor existente la nivel zonal și național, în scopul obținerii datelor fundamentale pentru o apreciere adecvată a modului de evoluție a calității rezervelor naturale de apă. Aceste acțiuni implică în paralel și monitorizarea calității solului, având în vedere specificul activităților desfășurate. [14]

La nivelul centralelor există cerințe stabilite de autorizația de mediu, respectiv de autorizația de gospodărire a apelor, în concordanță cu legislația națională și europeană [4].

De asemenea, există planuri de prevenire a poluărilor accidentale, pentru evaluarea regulată a tuturor factorilor de risc pentru mediu, cu precădere în punctele critice [2]. Arealul industrial din zona centralelor termoelectrice necesită o monitorizare atentă a solului și a apelor freatice, pentru ca în cazul unor poluări accidentale să se poată lua urgent toate măsurile posibile pentru stoparea, respectiv limitarea și remedierea poluării.

Poluarea freaticului este în general, un fenomen aproape ireversibil iar depoluarea, un proces extrem de anevoios, chiar imposibil, cu consecințe nefaste asupra utilizării în scopuri potabile. Migrația poluanților din acviferul freatic în rezervele mai adânci de apă subterană este un proces care se desfășoară natural și din păcate facil, la contactul efluenților, când are loc preluarea acestora prin absorbție și dizolvare [14]. Din cauza poluării constant accentuate, capacitatea de autoepurare a rezervelor de apă afectate se poate diminua considerabil. Ecosistemul acvatic este în multe cazuri grav afectat, cu consecințe majore pentru organismele vii.

OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT

Teza de doctorat a avut ca obiectiv principal realizarea unui studiu privind evaluarea impactului unor factori de mediu pe amplasamentul S.C. CET HIDROCARBURI S.A. ARAD, (CET H ARAD) prin aplicarea *Metodei Indicelui general de poluare*, acest studiu urmărind să includă evoluția parametrilor de calitate pentru apele freatice și a concentrațiilor de metale grele din sol. Au fost monitorizați indicatorii de calitate autorizați pentru ape freatice și pentru metale grele în sol, conform prevederilor existente în autorizațiile de funcționare ale CET H ARAD. Perioada vizată a fost cuprinsă între anii 2010-2020, pentru ape freatice, respectiv între anii 2011-2020, pentru metale grele în sol.

Cercetarea a pornit de la premisa că, în urma activităților desfășurate pe amplasament, apele freatice pot suferi contaminări, iar concentrația de metale grele prezente în sol, în concentrații crescute poate să impacteze în mod negativ mediul și sănătatea oamenilor, atât a personalului angajat, cât și a locuitorilor din zonele învecinate.

Amplasamentul CET H Arad este străbătut longitudinal de Canalul Mureșel, acesta fiind un braț al Râului Mureș și totodată emisar de suprafață pentru apele tehnologice uzate deversate din centrală, după epurare. Aici există un mediu de viață animat, care adăpostește specii de floră spontană și faună sălbatică incluzând macronevertebrate, pești, batracieni, păsări, insecte și mamifere mici, constituind un habitat natural mixt. Starea acestui habitat reprezintă un important indicator biologic pentru starea de poluare a acestei zone.

Asigurarea unei stări favorabile pentru toate formele de viață, și de conservare a acestui habitat este un deziderat, considerând importanța acestuia, pentru oameni, plante și animale, cu componenta de control impact, care ar putea constitui o viitoare temă de cercetare.

Unii compuși poluanți pot să migreze din sol în apa de suprafață, dar și în acviferul freatic, sau subteran din aval, și să contamineze apa potabilă, apa subterană reprezintă principala sursă de potabilizare pentru locuitorii orașului Arad.

Acviferul freatic trebuie să reprezinte prima linie de control a apelor, la nivel subteran, mai ales în cazul amplasamentelor industriale. În prezent, la nivelul centralei se monitorizează parametri de calitate pentru apele freatice și pentru apele uzate restituite în emisar, concentrațiile de metale grele în solul amplasamentului, în conformitate cu prevederile documentelor de autorizare, autorizația de gospodărire a apelor și autorizația integrată de mediu.

Având în vedere că în sol se pot iniția fenomene de bioacumulare, acești compuși pot să ajungă în plante, fiind asimilați de către acestea și apoi transferați ființelor vii din ecosistem, prin diferite operații de contact sau activități de procesare din lanțul alimentar.

Totodată, cunoscând că apele freatice din subsolul amplasamentului centralei fac parte din corpul de apă subterană freatică ROMU 20, care comunică cu corpul de apă subterană de adâncime Mureș ROMU22, din care face parte, am considerat utilă o cercetare a stării de poluare, atât pentru apele freatice cât și pentru solul amplasamentului. Metodele de gestionare a activităților tehnologice desfășurate la sol pot să aibă un impact negativ asupra calității și cantității apelor subterane, dacă nu se consideră prioritară interacțiunea sol-subsol, cu respectarea normelor de protecție a mediului.

Pe baza acestor argumente, am aplicat un program de documentare și analiză, care a generat informații noi cu privire la starea de poluare pe amplasamentul centralei, acesta fiind armonizat cu monitorizarea factorilor de mediu, conform autorizațiilor de funcționare.

Teza de doctorat este structurată pe 5 capitole. Prezentarea, în capitolele 1 și 2, a unor serii de concepte și noțiuni teoretice privind stadiile cunoașterii, în domeniul apelor freatice, respectiv a metalelor grele monitorizate în solurile industriale, urbane și agricole, precede capitolul 4, dedicat contribuțiilor personale, în acest studiu de caz.

Au fost prezentate legislația și monitorizările conforme, pentru speciile de poluanți monitorizați, care sunt atribuite centralei. De asemenea, am prezentat centrala, care a constituit subiectul studiului, în capitolul 3, acesteia fiindu-i dedicat și un istoric consistent, regăsit în anexele prezentei teze, având în vedere cei 127 de ani de activitate tehnologică, pe același amplasament, la data redactării acestei lucrări.

Lucrarea de doctorat a avut următoarele obiective:

- ◆ Analiza literaturii de specialitate și a cercetărilor realizate cu privire la poluarea apelor freatice, și a solurilor, cu metale grele;
- ◆ Analizarea calității apelor freatice pe amplasamentul CET H Arad;
- ◆ Evaluarea gradului de poluare a apelor freatice aferente amplasamentului studiat;
- ◆ Analizarea concentrațiilor de metale grele din solul amplasamentului CET H Arad;
- ◆ Evaluarea gradului de poluare cu metale grele în solul amplasamentului studiat;
- ◆ Evaluarea impactului activității CET H Arad asupra calității apelor freatice și solului.

CAPITOLUL 1.

STADIUL CUNOAȘTERII PRIVIND CALITATEA APELOR FREATICE

Protecția și conservarea ecosistemelor terestre sunt posibile doar în relație cu apele de suprafață și subterane. Studiile efectuate indică existența unor conexiuni complexe, care au fost evidențiate prin metode și criterii hidrogeologice. [22]

Apele subterane contribuie semnificativ la debitele râurilor și impactează ecosistemele care depind de ele în mediu. Un avantaj specific al apei subterane pentru alimentarea cu apă potabilă constă în faptul că aceasta este protejată în mod natural de o serie de contaminanți [29].

Parametrii apei subterane sunt relativ stabili. Apele subterane au o mineralizare ridicată, un conținut ridicat de dioxid de carbon și o concentrație scăzută a oxigenului, comparativ cu apele de suprafață, care au compoziții foarte diferite și variabile în timp, fiind sub influența a numeroși factori, cum ar fi: natura rocilor care alcătuiesc albiile, afluenții și precipitațiile, deversările de ape reziduale curente sau accidentale, fenomenele fizice, chimice și biologice [29, 30].

Multe regiuni și țări se bazează pe apele subterane curate în mod natural, deoarece tratarea avansată a apei este imposibil din punct de vedere economic [33].

Calitatea apei subterane este importantă pentru o varietate de utilizări, cum ar fi apa potabilă, ecosistemele, agricultura (în special irigații), producția de energie și alte industrii [39, 40]. Pentru a avea o evaluare globală comparabilă, este necesară implementarea unor standarde globale [43].

Apa subterană este principalul depozit de apă dulce care acționează în ciclul hidrologic. Potrivit EEA (Agenția Europeană de Mediu) [48], captarea apei subterane reprezintă 65% din captarea totală de apă pentru alimentarea cu apă publică, dar este mai puțin de un sfert din consumul total de apă în statele membre UE-27.

În perioada 2000–2019, ponderea relativă a apei subterane în captarea totală a apei a crescut cu 4%. S-a raportat o stare cantitativă slabă pentru 9% din suprafața totală a corpului de apă subterană din UE-27, dar o stare chimică slabă a fost raportată pentru 24% din zonă [49].

În UE-27, principala sursă de contaminare a apelor subterane este agricultura, care afectează aproximativ 19% din suprafața totală a corpului de apă subterană, urmată de situri industriale abandonate și contaminate (5%) și activități miniere (3%). [50]

Poluarea cu nitrați din activitățile agricole, orașe și dezvoltări industriale pune în pericol acviferele din întreaga lume. Cel mai frecvent contaminant al resurselor de apă subterană din lume este nitritul (NO). [53] Surplusul de azot (N) poate fi mutat rapid în sistemele de apă subterană după aplicarea îngrășămintelor [54, 55]. Majoritatea depășirilor calității apei în Europa sunt cauzate de poluarea cu nitrați.

Cea mai periculoasă acțiune este asupra sugarilor, care mor subit. Nivelurile excesive pot provoca „sindromul copilului albastru”, care, dacă nu este tratat imediat, poate fi fatal. În conformitate cu standardele, apa destinată copiilor nu trebuie să conțină cantități de nitrați sau nitriți mai mari de 10 mg/l [57].

Pe de altă parte, aproximativ 6,5% din corpurile de apă subterană din UE-27 sunt afectate negativ de pesticidele [62]. Multe substanțe active legate de pesticide, împreună cu produsele lor secundare, cum ar fi metaboliții, produșii de degradare și produșii de reacție, continuă să fie relevante [63, 64], în ciuda faptului că unele pesticide au fost restricționate sau interzise [65].

Calitatea apelor subterane este influențată de mai mulți factori, inclusiv calitatea apei care se infiltrează inițial în subteran, interacțiunea cu mediul subteran și efectele activităților umane care au loc atât la suprafață, cât și în subteran, cum ar fi explorarea petrolului și gazelor.

În consecință, „factorii care guvernează” sunt următorii: reactivitatea și compoziția straturilor subterane (contaminare geogenă) și sursele de contaminare provenite din utilizarea terenurilor și alte activități umane (contaminare antropică).

Interacțiunile naturale apă-rocă și reîncărcarea în zonele dominate de evaporare sunt printre numeroasele procese care pot duce la o salinitate mai mare a apelor subterane. Dar multe procese de salinizare a apelor subterane sunt agravate de activitățile antropice. Acestea includ salinizarea produsă de agricultura irigată, supra-pomparea care mobilizează ape saline vechi din punct de vedere geologic, pătrunderea apei de mare în acviferele de coastă și producția de hidrocarburi. [75, 76] Salinizarea poate fi legată de variațiile în intensitatea mareelor și inundațiilor de coastă în zonele joase, cum ar fi zonele îndiguite din Bangladesh, unde inundațiile frecvente ale apei de mare pot contamina rapid solurile și apele subterane de mică adâncime. Se estimează că până în anul 2060, va fi afectat un număr de 1,8 miliarde oameni [81, 82].

Apa subterană este considerată lipsită de contaminare microbiologică. Totuși, aproximativ jumătate din sursele de apă subterană din Statele Unite au indicat contaminare fecală, ceea ce ar putea duce la numeroase cazuri de transmitere prin apă și boli [83].

În ultimele decenii, zonele urbane au fost afectate de contaminanții organici emergenți (EOC) din reziduurile farmaceutice, produsele de îngrijire personală, pesticide, medicamente veterinare, aditivi alimentari, nanomateriale, industria și alte surse [90, 91].

Cu toate acestea, în ciuda pericolelor potențiale pentru mediu și sănătatea umană, aceste grupuri nu sunt încă oficial reglementate de legislația europeană [92, 93].

Datorită faptului că sunt răspândite și persistă în mediu, microplasticele au câștigat recent atenția printre poluanții emergenți [94]. Deși microplasticele sunt în principal considerate a fi poluanți ai apelor de suprafață, există șanse ca acestea să ajungă în apele subterane, de exemplu, într-un studiu recent au fost găsite microplastice în apele subterane carstice [95]. Această descoperire este semnificativă, deoarece aproximativ 25% din populația globală depinde de acviferele carstice pentru a obține apă potabilă [96].

Cantitatea și calitatea apei subterane au fost afectate, de schimbările și variabilitatea climatului într-un număr de moduri complicate și fără precedent [103-106]. Într-un amplu studiu efectuat, care a inclus mai multe țări, au fost măsurate nivelurile apelor subterane cu ajutorul unor programe și aplicații satelitare [115].

În acest caz, au fost analizate in situ tendințele nivelurilor apei subterane pentru 170.000 de fântâni de monitorizare și 1.693 de sisteme acvifere din țări care reprezintă aproximativ 75% din prelevarea de apă subterană la nivel mondial.

Rezultatele cercetărilor au arătat că în secolul XXI, nivelurile apei subterane au scăzut rapid (peste 0,5 metri pe an), în special în zonele uscate cu terenuri cultivate [115]. Totodată, studiul a demonstrat că 30% din acviferele regionale ale lumii au cunoscut o scădere accelerată a nivelului apei subterane în ultimele patru decenii.

Utilizarea fluidelor, cum ar fi combustibilii, poate provoca local niveluri ridicate de contaminare locală prin scurgeri care creează zone de fază diferită (neapoase) în apele subterane [117, 118]. Aceste zone pot continua să fie sursele de contaminanți organici dizolvați ai apei subterane timp de multe decenii.

Contaminanții organici de îngrijorare emergentă (CEC) nu sunt substanțe necunoscute, ci mai degrabă poluanți ai apelor subterane despre care există relativ puține informații disponibile în prezent cu privire la distribuția și concentrațiile lor. Apariția lor este legată de existența unor metode analitice și protocoale de eșantionare avansate adecvat. Acești compuși sunt de obicei detectați la concentrații sub g/L în apele subterane. [123]

Numeroase elemente care se dizolvă din mineralele matricei acvifere în mediul natural și se acumulează în apele subterane pot crea probleme pentru funcționarea sistemului de alimentare cu apă, precum și riscuri pentru sănătate.

Denumiți contaminanți geogenici, doi dintre cei mai mulți contaminanți geogenici documentați sunt arsenul și fluorul, dar există și fier, mangan, crom și radionuclizi, cum ar fi radium, radon și uraniu [125].

Concentrațiile ridicate ale acestor contaminanți naturali ai apei subterane pot provoca boli grave, cum ar fi cancerul (de exemplu, arsenul) sau probleme dentare și ale scheletului (de exemplu, fluorul) [126].

Efectul de colorare negru-roșiatic a suprafețelor de contact, este obișnuit fiind cauzat de concentrațiile crescute de fier și mangan în combinație cu acțiunea microbiologică. Acestea afectează și componente operaționale de infrastructură, provocând înfundarea forajelor, probleme tehnice cu funcționarea pompelor, prejudicii extrem de importante în cazul câmpurilor de puțuri și sistemelor de alimentare cu apă subterană [127].

Arsenul (As) în sursele de apă potabilă a devenit o problemă semnificativă de sănătate în ultimele decenii. Expunerea poate avea loc adesea prin alimente, dar cel mai frecvent prin prezența sa naturală în apa de băut. Consumul unei cantități relativ mici de arsen pe o perioadă lungă de timp are efecte asupra sănătății, cum ar fi afecțiunile pielii, sistemele vasculare și nervoase și o varietate de cancere. [128]

Ghidul OMS pentru arsen în apa potabilă de 10 g/L este depășit pe toate continentele. Se estimează că există între 94 și 220 milioane de persoane care sunt expuse la concentrații de arsen care depășesc 10 g/L atât pentru consum, cât și pentru uz casnic. [129]

Utilizarea apelor subterane cu concentrații ridicate de arsen pentru irigare are potențialul de a crește direct nivelurile de arsen din culturi și de a avea un efect negativ asupra randamentelor culturilor. Acest lucru este valabil în special pentru orez, care fixează arsen în boabele sale foarte bine. [130]

Fluorul este relativ abundent în multe minerale din scoarța Pământului. Este abundent și în apele subterane ca urmare a interacțiunilor geochimice cu mineralele purtătoare de fluor și a fluidelor geotermale. [132] Toxicitatea fluorului, cunoscută și sub numele de fluoroză, are loc la niveluri mai ridicate de ingestie și este în principal responsabilă de efectele dăunătoare pe care le are asupra smalțului dentar și a țesutului osos. [133] Organizația Mondială a Sănătății (OMS)

stabilește un ghid pentru fluor în apa de băut de 1,5 mg/L pentru a preveni intoxicațiile cu fluor [134]. Se estimează că 120 de milioane de indivizi, sau 9% la sută din populația indiană, pot fi vulnerabili la concentrații de fluor care depășesc 1,5 mg/L. [135]

Două dintre cele mai abundente metale din scoarța terestră sunt fierul (Fe) și manganul (Mn). Formele și solubilitatea fierului/manganului din apele subterane sunt foarte dependente de pH-ul și potențialul redox al apei subterane. [138, 139] Dacă nu sunt eliminate prin tratarea apelor subterane în sondaj in situ sau post-extracție, concentrațiile crescute de Fe/Mn (de obicei peste 0,3 mg/L și 0,1 mg/L) pot provoca o serie de probleme operaționale, care implică costuri mari de investiții, management și operare. [140]

Creșterea conținutului de fier în apa de băut nu prezintă riscuri imediate pentru sănătate. OMS nu are un ghid privind apa potabilă cu fier. Simptomele toxice apar doar după consumul excesiv. La copiii mici și adulții sensibili, concentrațiile de fier de 10-30 mg/L pot avea efecte cronice asupra sănătății, cum ar fi hemocromatoza (unde acumularea de fier provoacă leziuni ale țesuturilor) [140, 141].

Ghidul OMS pentru apă potabilă este pentru Mn sub 0,4 mg/L, deoarece Mn este toxic pentru oameni [142]. Problemele respiratorii (de exemplu, embolii pulmonare și bronșită) și neurologice (de exemplu, halucinații, leziuni ale nervilor și boala Parkinson) pot fi cauzate de mangan crescut. Concentrațiile crescute de fier peste 5 mg/l pot provoca precipitații de fier, lezând sistemul foliar al plantelor. În schimb, concentrațiile crescute de Mn pot fi toxice selectiv, deoarece toxicitatea Mn depinde de specia de plantă. [143, 144]

Cromul (Cr), care este găsit și în contaminarea antropică localizată asociată cu activități industriale sau minerit, este un alt contaminant geogenic potențial periculos, dar care este rar monitorizat. [145] O valoare orientativă provizorie de 50 g/L a fost stabilită de Organizația Mondială a Sănătății deși cromul este un component vital [147].

Deoarece apele subterane sunt mai expuse la substanțele radioactive din roci decât apele de suprafață, sunt mai expuse la contaminare radioactivă [148]. Urmele de substanțe radioactive naturale din rocă și sol se pot acumula în apele subterane, ceea ce poate afecta utilizarea acestora [150]. Izotopii hidrogenului (^3H), carbonului (^{14}C) și radonului (^{222}Rn) sunt printre numeroșii radionuclizi care sunt frecvent găsiți în apele de suprafață și subterane din întreaga lume. Printre aceste elemente prezente în acvifere se evidențiază radiul, radioactivitatea acestui element fiind puternic reprezentată la nivel global. [154, 155]

CAPITOLUL 2.

STADIUL CUNOAȘTERII PRIVIND

METALELE GRELE ÎN SOL

Metalele grele sunt elemente chimice prezente în mod natural în sistemele ecologice [165]. Conform unor definiții stabilite de unii chimiști metalele grele sunt acele grupuri de metale și metaloide care posedă un număr atomic Z peste 20 și o greutate specifică ce depășește valoarea de 5g/cm^3 , cum ar fi cadmiul (Cd), mercurul (Hg), cuprul (Cu), arsenicul (As), plumbul (Pb), cromul (Cr), nichelul (Ni) și zincul (Zn) [173, 174].

Metalele grele, pesticidele și hidrocarburile aromatice policiclice sunt câteva dintre numeroasele substanțe poluante pe care poluarea mediului le-a expus oamenilor. devenind poluanți cu puternic impact odată cu exploatarea industrială [176].

Metalele grele nu sunt dăunătoare în sine, pentru plante, animale și oameni, ci doar atunci când concentrațiile lor interne depășesc un prag specific.

În al doilea rând, oligoelementele și micronutrienții sunt componente vitale ale celulelor vegetale, animale și umane. Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni și Zn au demonstrat acest lucru. Acestea au efecte toxice doar atunci când concentrația internă depășește un anumit prag, ceea ce le face cunoscute sub numele de metale grele. [170]

O caracteristică importantă a metalelor grele este factorul de îmbogățire antropogenă care reprezintă pentru fiecare metal un procent din emisiile anuale asociate cu sursele antropice. Acest factor este de 97% pentru Pb, 89% pentru Cd, 72% pentru Zn, 66% pentru Hg și 12% pentru Mg [177]. Factorul de îmbogățire antropogenă, împreună cu riscul de toxicitate al metalelor, indică metalele care trebuie prioritizate în cercetare [178].

Metalele grele, spre deosebire de majoritatea poluanților organici, nu sunt eliminate din ecosisteme prin procese naturale. Deoarece metalele grele nu pot fi descompuse, efectele lor dăunătoare continuă pentru o perioadă lungă de timp, iar singura modalitate de a le neutraliza este prin mineralizare, diluție și asociere cu compuși organici. [179]

Inputurile agricole, cum ar fi mulciul, îngrășămintele și pesticidele, sunt esențiale pentru producția agricolă [180]. Dar aplicarea excesivă pe termen lung a contaminat solul cu metale grele [181].

Majoritatea pesticidelor sunt organice, însă există și sub formă de combinații organice-anorganice sau minerale pure. Unele pesticide conțin metale grele precum Hg, As, Cu și Zn,

pentru a mări eficiența unor ingrediente biologic active. Totuși, în prezent se pune accent pe utilizarea pesticidelor care nu conțin metale grele. [182]

Metalele grele prezente în sol au generat o atenție deosebită în urma cunoașterii din ce în ce mai aprofundate a efectelor toxice pe care le au asupra ecosistemelor, agriculturii și sănătății umane, în paralel cu procesele de conștientizare la nivel public și științific a problemelor de mediu, cât și cu dezvoltarea unor tehnici analitice performante, care au condus la măsurarea mai exactă a concentrațiilor acestora, în probele studiate.

Poluarea cu metale grele reprezintă o problemă majoră la nivel global. Ea poate să provină din surse naturale, cum ar fi erupțiile vulcanice sau dezintegrarea rocilor, aceste substanțe fiind prezente în mod natural în scoarța terestră, însă principala cauză a acestui fenomen o constituie activitățile industriale și eliminarea neconformă a deșeurilor, care eliberează metale grele cu potențial toxic în mediul înconjurător. [183, 184]

În general, sursele antropogene de metale grele includ și activitățile din agricultură și transporturi [10, 184].

Metalele grele pot fi eliberate în atmosferă sub formă emisii, fixate sau nefixate, pe particule materiale, sau de aerosoli, care se vor depune la sol. Sursele lor pot fi difuze, sau punctuale, din surse staționare, căile de dispersie reprezentând factori concludenți pentru regăsirea lor în inventarul ecosistemelor reprezentative. Condițiile climatice și cele geografice, favorizează depunerea particulelor de metale grele în aer și transferul acestora din poluanții industriali către zonele rezidențiale [10].

Modul de evoluție a poluanților în sol depinde de complexitatea mediului geologic procesele de transfer depinzând de tipul acestora, astfel că, pentru poluanții solubili în apă solul reprezintă factorul de transport din precipitații în acvifer.

Pentru unele metale grele, solul reprezintă un rezervor, cum este în cazul celor care formează compuși greu solubili, aceste specii de poluanți creând dificultăți în alegerea unor tehnologii adecvate de depoluare, mai ales atunci când aria poluată este extinsă. În cazul metalelor grele, amplitudinea fenomenului de poluare poate să determine afectarea funcției naturale a ecosistemelor, cu efecte grave asupra sănătății umane. [10, 185]

Din cauza prezenței surselor antropice de poluare, monitorizarea concentrației de metale grele în solurile aferente zonelor urbane și agricole are o importanță deosebită, cu precădere acolo unde nu există o delimitare strictă a zonelor rezidențiale față de cele industriale.

Anual, milioane de tone de poluanți toxici sunt eliberate în aer, atât din surse naturale, dar mai ales din cele antropogene [186].

Din cauza riscului de acumulare prin lanțul alimentar, poluarea cu metale grele pune în pericol sănătatea și bunăstarea organismelor și a oamenilor, provocând serioase prejudicii.

Solul este contaminat cu metale grele, este greu de remediat. În trecut, contaminarea solului era considerată mai puțin importantă decât poluarea aerului și a apei, deoarece contaminarea solului era adesea mai puțin vizibilă, mai greu de gestionat și controlat decât poluarea aerului și a apei. Cu trecerea anilor, contaminarea solului în țările dezvoltate a crescut constant în ultimii ani. Astfel, a devenit un subiect controversat în domeniul protecției mediului la nivel global.

O serie de măsuri legislative au fost luate sau sunt în curs de implementare în ceea ce privește anumite metale și metaloizi, în special plumb, mercur și cadmiu. Ca urmare, contribuțiile acestor metale în sistemele arabile par să fi scăzut. În ceea ce privește plumbul, emisiile prin aer rezultate din arderea combustibililor în Europa au scăzut cu aproximativ 85% în ultimele două decenii [193]. Plumb se găsește adesea în solurile urbane, uneori la niveluri înalte, datorită prezenței native a plumbului în sol și a modului care a fost folosit pentru ridicarea deșeurilor.

Copiii sunt deosebit de sensibili la expunerea la plumb din cauza contactului mână-gură. Expunerea prelungită la plumb are potențialul de a afecta dezvoltarea neurologică a copiilor și de a reduce coeficientul de inteligență [194]. În plus, plumbul nu este o componentă vitală a corpului uman, iar un aport excesiv poate avea un impact negativ asupra sistemelor nervos, circulator, osos, enzimatic, endocrin și imunitar [195].

În cel puțin o măsură, există reglementări juridice care limitează intrările posibile prin alte surse legate de agricultură, cum ar fi nămolurile, gunoiul de grajd sau îngrășămintele. Aceste reglementări includ limite pentru conținutul permis de metale în produsele de fertilizare sau amelioratori de sol [196, 197].

Solurile grădinilor de legume din zonele urbane sunt adesea afectate de cadmiu, în special atunci când sunt combinate cu culturi verzi cu creștere rapidă, cum ar fi andivele și spanacul. În Directiva privind standardele de calitate a mediului, este clasificată ca substanță periculoasă [198]. Prin urmare, este printre cele mai periculoase substanțe chimice pentru mediu.

O altă sursă de expunere care conține cantități semnificative de metal este fumul de tutun [199]. În plus, a fost demonstrat că Cd este responsabil pentru patogeneza infarctului miocardic, bolii arteriale periferice, hipertensiunii, bolii Itai-Itai, cea mai severă formă de intoxicație cronică cu Cd, multor tipuri de cancer și nefropatiei diabetice [200].

Expunerea cronică la As provoacă diferite tipuri de simptome, inclusiv hipertensiune arterială, efecte neurologice, probleme obstetricale, diabet zaharat, boli ale vaselor de sânge și ale sistemului respirator, precum și diferite leziuni ale pielii, cum ar fi melanoza, leucomelanoza și keratoza [202].

Fier, zinc, cupru, crom, cobalt, molibden, mangan și seleniu sunt metalele considerate esențiale pentru sănătatea umană [206, 207]. Cu toate acestea, concentrațiile ridicate ale acestor metale pot fi periculoase pentru oameni. Deși efectele toxice ale metalelor depind de formele și căile de expunere, întreruperile homeostaziei intracelulare includ deteriorarea lipidelor, proteinelor, enzimelor și ADN-ului prin producerea de radicali liberi. [208] Substanțele toxice sistemice includ mercur, arsenic și plumb, care au capacitatea de a induce toxicitate chiar și la niveluri scăzute de expunere [209].

Tratarea apelor uzate continuă să fie îmbunătățită ca urmare a creșterii industriei și a accelerării construcției mediului urban. Solurile sunt cele mai bune locuri pentru tratarea nămolului din sol datorită conținutului ridicat de materie organică, azot și fosfor din nămol. [210]. Se știe că în afară de substanțele chimice care protejează plantele, o varietate de contaminanți organici pot fi găsiți în ape și sol. Aceste substanțe nu sunt de obicei introduse activ de fermieri, spre deosebire de substanțele chimice care protejează plantele. În schimb, emisiile acestor substanțe ajung în sol. Aplicarea nămolului de epurare, care adaugă o varietate de compuși organici în sol, inclusiv PFAS, este o excepție [211].

Substanțele chimice care se găsesc cel mai frecvent în sol includ poluanții organici persistenți (POP), care sunt substanțe chimice, persistente în mediu, și care se pot bioacumula în lanțul trofic. Ele pot fi prezente în mod natural (de exemplu, hidrocarburi aromatice policiclice (HAP) sau pot fi derivate din procese industriale (de exemplu, bifenili policlorurați (PCB) sau pesticide organoclorurate, cum ar fi DDT, dieldrină și hexaclorbenzen HCB). Hidrocarburile aromatice policiclice (HAP) formează un alt grup important, larg răspândit de contaminanți ai solului. [212] Poluanții organici persistenți (POP) sunt substanțe chimice care persistă în mediu și se pot bioacumula în lanțul trofic. Acestea sunt printre substanțele chimice cele mai frecvent

găsite în sol. Ele pot fi găsite în mod natural, cum ar fi hidrocarburi aromatice policiclice (HAP), sau pot fi obținute din procese industriale, cum ar fi pesticide sau bifenili policlorurați (PCB). [213] Contaminarea cu metale grele a solului, apei și aerului a apărut în practicile industriale istorice în țări foarte dezvoltate precum Statele Unite ale Americii, China, Rusia și anumite țări europene [214]. De la centralele electrice pe bază de cărbune la incineratoarele de deșeuri, cantitatea de metale care intră în mediu din surse naturale a crescut semnificativ. Riscul de expunere la astfel de metale continuă să crească ca urmare a prevalenței lor. În trecut, expunerea accidentală a fost cauzată mai ales de reglementări inadecvate ale programelor de reciclare. [215]

2.1. Impactul contaminării cu metale grele în sol

2.1.1. Impactul asupra activității microbiene și enzimatică a solului

Activitatea microbiană și enzimatică a solului pot avea un impact semnificativ asupra calității solului [216]. Unii cercetători susțin că biomasa microbiană a solului este un indicator semnificativ care poate indica nivelul de contaminare a solului [217]. S-a descoperit că creșterea concentrației de metale grele a redus activitățile la aproape toate enzimele din sol de 10 până la 50 de ori. [219] Aceste reacții au efecte dramatice asupra solului.

2.1.2. Impactul asupra plantelor

Plantele au dezvoltat mecanisme complexe pe parcursul evoluției pentru a depăși aceste provocări biotice și abiotice. Elementele precum Zn, Cu, Al, Pb, Cd și As sunt printre cele mai diverse tipuri de metale și metaloizi care influențează plantele. Hiperacumularea, toleranța, excluderea și chelarea cu molecule organice sunt strategii importante. [220]

Studiile recente din domeniul au îmbunătățit înțelegerea plasticității genomului plantelor pentru a le ajuta să facă față acestor stimuli [221].

2.1.3. Impactul asupra animalelor

Expunerea animalelor la metale grele prin hrană și apă contaminate este principala cauză a expunerii la poluare din partea oamenilor. Metalele grele rămân în organism după ingestie pentru o perioadă lungă de timp. Tipul de expunere determină dacă metalele grele provoacă toxicități acute sau cronice, clinice, subclinice sau subtile.

Metalele toxice perturbă homeostazia celulară prin crearea de radicali liberi, care provoacă stresul oxidativ [226]. Metalele extrem de toxice precum As, Cu, Hg, Cd și Pb pot exercita efecte adverse chiar și în concentrații infime, fără a oferi efecte biologice benefice la animale [229].

Contaminarea cu metale în mediul animalelor pune în pericol atât sănătatea animalelor, cât și a consumatorilor umani din lanțul alimentar. Prin urmare, acest subiect este extrem de important pentru luarea deciziilor informate în practicile agricole și veterinare.

2.1.4. Impactul asupra oamenilor

Cercetările actuale indică faptul că metalele grele din solurile urbane pot ajunge în organism prin absorbția cutanată și inhalarea prafului, printre altele, ceea ce are un impact negativ asupra sănătății oamenilor, în special a copiilor. [234]

Otrăvirea cu Cd a avut multe efecte dăunătoare asupra moleculelor celulare, în principal prin crearea unui dezechilibru oxidant-antioxidant. Comitetul Agenției pentru Managementul Substanțelor Toxice a clasificat Cd drept a șasea cea mai toxică substanță care dăunează sănătății umane. [236]

Pb este foarte pro organizațional. Acesta afectează și distruge numeroase organe și sisteme ale corpului, inclusiv rinichiul, ficatul, sistemul reproducător, sistemul nervos, sistemul urinar, sistemul imunitar și procesele fundamentale ale celulelor și genomului. [237]

Deși organismul uman are nevoie de oligoelementele Cu, Zn și Ni în cantități excesive din mediul extern, consumul excesiv de acestea ar dăuna sănătății umane. Deoarece au efecte carcinogenice, Ni și Cu sunt factori favorizanți ai tumorilor. [238]

Un raport recent spune că As a dăunat foarte mult agricultorilor din satul Heshan, comitatul Shimen, orașul Changde, provincia Hunan, China. În acest sat a existat o fabrică de prelucrare a arsenului, între anii 1951-1978. În prezent, conținutul de As din sol este de 10 ori mai mare decât limita permisă, la 92,7 mg/kg. Multe plante au dispărut, iar culturile nu pot fi utilizate pentru hrana animalelor. Aproximativ 1800 de angajați ai fabricii, care sunt și fermieri din sat, au fost afectați de otrăvire persistentă cu As. [235]

Deșeurile industriale, provenite de la centralele electrice, arderea cărbunelui, industria metalurgică, uzinele de reparații auto, uzinele chimice etc., gunoiul menajer, particulele din construcții și de intemperii de pe trotuar, precipitații, precum și emisiile de transport (gaze de eșapament, resturi de uzură a anvelopelor, etc.) sunt principalele surse de contaminare cu metale grele a solurilor urbane. [241] Evaluarea poluării cu metale grele a solului terenurilor agricole este esențială pentru gestionarea și atenuarea poluării cu metale grele care devine din ce în ce mai periculoasă. Nu există în prezent un standard comun pentru evaluarea calității mediului solului în țară și în străinătate. [248]

CAPITOLUL 3.

CET HIDROCARBURI ARAD

3.1. Amplasament

CET Hidrocarburi Arad se află în municipiul Arad, fiind așezată în partea de est a zonei centrale, la aproximativ 1 km de gara Arad, de o parte și de alta a Canalului Mureșel. Acesta este o ramificație a râului Mureș și emisar de restituție pentru apele uzate, rezultate în urma procesului tehnologic desfășurat în societate. Centrala ocupă o suprafață de 3,62 ha teren, care nu face parte din aria naturală protejată. [251]

3.2. Obiect de activitate

Societatea Comercială Centrala Electrică de Termoficare Hidrocarburi S.A. este o societate pe acțiuni înființată în anul 2009, fiind sub autoritatea Consiliului Municipal Arad, care gestionează patrimoniul, capacitățile de producție, rețelele de termoficare primară, punctele termice și administrează prin concesiune rețelele de termoficare secundară și modulele termice din municipiul Arad. S.C. C.E.T. Hidrocarburi S.A. a fost proiectată să funcționeze pe hidrocarburi (păcură și gaze naturale). Produce energie electrică și termică în centrala proprie, preia energie termică de la S.C. C.E.T. Arad S.A. și asigură transportul, distribuția și furnizarea de energie termică sub formă de apă fierbinte în municipiul Arad. [251]

Are licența Autorității Naționale de Reglementare pentru Serviciile Comunitare de Utilități Publice (ANRSC) pentru serviciul public de alimentare cu energie termică produsă centralizat [253]. Sistemul de încălzire centralizată din Arad este compus din două surse de producție de energie termică, CET Arad S.A. și CET Hidrocarburi S.A. Arad (CET H Arad), care funcționează interconectate prin conducta de furnizare DN 900 [251].

Din anul 2015, pe amplasament se află doar patru instalații mari de ardere, fiecare având o putere termică mai mare de 50 MW. Instalațiile centralei se compun dintr-un grup energetic format din două generatoare de abur și un turbogenerator electric TA1, și din două cazane de apă fierbinte (CAF), capacitatea totală a celor patru instalații de ardere fiind de 362 MWt, iar cea a turbogeneratorului, de 12 MWe. [251] CET H Arad a livrat până în anul 2010 energie electrică în Sistemul Energetic Național, ulterior grupul termoelectric fiind trecut în conservare. Din anul 2018 în cadrul centralei sunt în operare doar CAF-urile, combustibilul utilizat fiind exclusiv gazul natural. Conform articolului 33 din Legea 278/2013 privind emisiile industriale, CET H Arad a

fost notificată să funcționeze până la 31 decembrie 2023, cu maxim 17.500 de ore de funcționare pentru fiecare unitate de producție. [254]

3.3. Investiții

Instalațiile vechi se află în perspectiva casării, avându-se în vedere construirea unor instalații noi. Prin realizarea acestui obiectiv de investiție se urmărește construirea unei surse noi de producere a energiei termice în cogenerare de înaltă eficiență, în paralel cu modernizarea punctelor termice și a rețelei de termoficare.

Obiectivul general îl constituie modernizarea sistemului de alimentare centralizată cu energie termică a Municipiului Arad, pentru creșterea eficienței și calității serviciului public de alimentare cu energie termică a consumatorilor racordați, cu impact minim asupra mediului. [255, 256, 257]



Figura 3. Imagine - CET H Arad, anul 2015 [258]

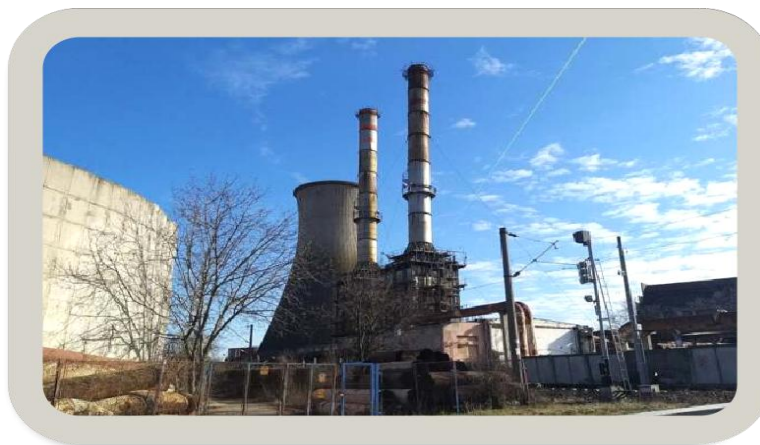


Figura 4. Imagine CET H Arad, anul 2023 [259]

CAPITOLUL 4. CONTRIBUȚII PERSONALE

4.1. Evaluarea calității apelor freatice pe amplasamentul CET H ARAD

4.1.1. Introducere

Industrializarea accelerată din ultimele decenii a generat o contaminare excesivă cu diverse substanțe toxice, în special compuși chimici de sinteză, în concentrații care au provocat transformări dăunătoare în ecosistemele planetei. În special, ecosistemul acvatic este grav afectat, din cauza evacuărilor de ape încărcate cu poluanți persistenți, precum metalele grele sau hidrocarburile, cu multiple consecințe asupra organismelor vii. [265]

Emisiile de poluanți specifici generate de activitatea centralelor de termoficare necesită o monitorizare atentă. Solul din jurul instalațiilor este adesea supus contactului direct cu acestea, ca urmare a activităților tehnologice desfășurate pe amplasament, existând riscul poluării chimice produse de diverse substanțe eliberate în mediu.

Calitatea apelor subterane este direct influențată de activitățile specifice procesului tehnologic industrial desfășurat la nivelul solului, prin impactul poluanților specifici generați sub formă de diverse emisii. La nivelul centralei există cerințe stabilite prin autorizația integrată de mediu, autorizația de gospodărire a apelor, în conformitate cu legislația națională și europeană.

Scopul acestui studiu a fost evaluarea calității apelor freatice și realizarea unei analize a gradului de poluare a acestora pe amplasamentul unei centrale electrice de termoficare cu funcționare pe hidrocarburi, alimentată în prezent exclusiv cu gaze naturale, care a funcționat în trecut cu cărbune și păcură.

Metodologia de evaluare este bazată pe utilizarea *Indicelui global de poluare* I_{GP}^* și a fost aplicată pentru trei puncte de prelevare, analizând patru indicatori de calitate autorizați. Aceasta este una dintre metodele aplicate pentru evaluarea impactului asupra mediului și a fost propusă de Zaharia [267], având aplicabilitate pe factorii de mediu, inclusiv pe apele subterane. O serie de factori chimici au un impact asupra calității apelor subterane. Rezultatul indicelui de poluare (I_{GP}^*) oferă o singură valoare care arată rata totală de poluare, în cazul de față, a apelor subterane. Metoda aplicată este simplă, se bazează pe prelucrarea datelor și oferă informații, precise și orientate pe impactul asupra mediului. Totodată, valoarea (I_{GP}^*) oferă o reprezentare precisă a gradului de contaminare a puțului [268].

4.1.3. Materiale și metode

4.1.3.1. Materiale

Au fost folosite trei foraje de apă subterană freatică situate pe amplasamentul CET H Arad. Forajele de interceptie sunt denumite Puțuri de control (PC) și au următoarele coordonate în sistemul de proiecție stereografică STEREO 70, care sunt redată în Tabelul 1.

Adâncimea acviferului freatic se află la circa 10 m, puțurile de control fiind prevăzute cu garduri și capace de protecție metalice.

Tabelul 1. Coordonate puncte de prelevare autorizate pentru ape subterane freatice [260]

Punct de prelevare ape freatice	Coordonate STEREO 70	
Amplasament CET H Arad <i>Zonă autorizată</i>	Coordonata X	Coordonata Y
Puț control Nr. 1 (PC1)	217188.26	526720.76
Puț control Nr. 2 (PC2)	217343.56	526687.81
Puț control Nr. 3 (PC3)	217182.34	526835.62



Figura 5. Imagine satelit - CET HIDROCARBURI ARAD, ROMÂNIA ,
cu poziționarea punctelor de prelevare pentru ape freatice în zonele autorizate [272]

4.1.3.2. Metode

În acest studiu au fost colectate valori măsurate la apele freatice pentru următorii parametrii: *pH*, *Materii totale în suspensie*, *Reziduu fix la 105°C* și *Consum chimic de oxigen (CCO-Cr)*. Eșantionarea s-a efectuat pentru o perioadă de 11 ani, cuprinsă între anii 2010-2020, într-o bază anuală de date. Determinările au fost efectuate cu respectarea metodelor oficiale aprobate.

Valorile măsurate pentru apele freatice au fost comparate cu valorile de referință autorizate, cu cele conforme nivelului istoric al CET H din perioada 2008-2017, cu valorile legale admise (A) pentru apa potabilă, respectiv, admise excepțional (AE), și cu valorile legale prevăzute pentru apele tehnologice uzate descărcate în mediul acvatic.

Rezultatele obținute pentru *Indicele Global de Poluare* ($*I_{GP}$) au fost ilustrate grafic pentru fiecare punct de prelevare considerat în acest studiu.

Valorile de referință autorizate sunt prezentate în Tabelul 2 alături de valorile nivelului istoric din perioada 2008-2017.

4.1.4. Legislație

Legislația aplicabilă apelor freatice pe amplasamentele industriale în România include mai multe acte normative care reglementează protecția și gestionarea apelor subterane, însă nu prevede explicit valori admise pentru indicatorii de calitate monitorizați în acest studiu.

În cazul unităților industriale, autoritățile locale și naționale de mediu pot emite reglementări suplimentare sau cerințe specifice pentru anumite activități desfășurate.

Companiile industriale au obligația să se conformeze tuturor acestor reglementări pentru a asigura protecția adecvată a apelor freatice pe amplasamentele lor. Pentru a arăta cât de importanți sunt în diferite sectoare industriale, poluanții potențiali proveniți din activitățile industriale pot fi grupați în mod convenabil pentru diferite industrii [273].

În cazul CET H Arad, pentru monitorizarea apelor freatice subterane, autoritatea de reglementare a prevăzut, în Autorizația de Gospodărire a Apelor, ca indicatori de calitate, următorii parametrii: *pH*, *Materii totale în suspensie*, *Reziduu fix la 105°C* și *Consum chimic de oxigen (CCO-Cr)*, care au fost preluați și în autorizația integrată de către autoritatea locală de mediu.

Valorile admise pentru indicatorii de calitate prevăzuți în autorizații sunt valorile măsurate în momentul autorizării, conform Buletinului de analize fizico-chimice din data de 14.11.2008,

CET H Arad, care au fost considerate probe martor și referință legală, pentru determinările care se vor efectua ulterior [274].

Amplasamentul CET H Arad nu este zonă desemnată pentru captarea apei în scopul potabilizării. Acviferul freatic aferent amplasamentului aparține corpului de apă subterană freatică ROMU20, iar cel de apă subterană de adâncime, corpului de apă subterană ROMU22, conform Autorizației de Gospodărire a Apelor CET H Arad [260] .

OM 621/2014, în care sunt prevăzute valorile admise la indicatorii de calitate pentru corpurile de ape subterane din România, nu prevede valori admise pentru acviferul freatic și nici nu conține prevederi pentru parametrii *pH*, *Materii totale în suspenie*, *Reziduu fix la 105°C* și *CCO-Cr*. [277]

Fiecare țară sau regiune dintr-o țară are propriile norme de calitate. Totuși, pe plan mondial se tinde spre o bază comună, rezultată din experiența și necesitățile tuturor. [278]

În acest sens Organizația Mondială a Sănătății a emis și reeditează periodic directivele necesare iar organismele internaționale precum Uniunea Europeană, promovează și ele norme comune detaliat sau cel puțin orientative, cum este și Directiva privind calitatea apei destinate consumului uman [279]. În România, norma de calitate pentru apa potabilă în anii '80 a fost STAS 1342/84, iar în prezent, este STAS 1342/1991.

TEZĂ DE DOCTORAT
HĂRȚĂU RAMONA - CARMEN

Tabelul 2. Nivele de referință pentru apele freatice pe amplasamentul CET H Arad [260, 261].

Punct de prelevare	Nivel de referință legal *Probă martor_ Anul 2008 cf. Aut. G. Ape și AIM CET H Arad				Nivel istoric de referință CET H Arad cf. perioadei 2008-2017			
Amplasament CET H Arad	Indicatori de calitate (i) Valori maxime admise (MAC _i)				Indicatori de calitate (i)			
Zonă autorizată	pH	MTS	Reziduu fix la 105°C	CCO-Cr	pH	MTS	Reziduu fix la 105°C	CCO-Cr
	[unități pH]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[unități pH]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
Puț control Nr. 1 (PC1)	7,00	3,00	401,10	8,40	7,00-7,50	17,40-19,00	303,00-411,60	5,70-8,40
Puț control Nr. 2 (PC2)	7,50	2,10	503,00	5,60	7,00-7,50	8,20-14,00	264,00-417,20	2,40-5,80
Puț control Nr. 3 (PC3)	7,00	1,60	458,20	4,90	7,00-7,50	9,40-13,00	192,00-421,60	4,90-5,50

Valorile admise conform STAS 1342/91 – APA POTABILĂ pentru indicatorii de calitate considerați în studiu sunt prezentate în Tabelul 3.

Tabelul 3. Indicatori de calitate pentru apa potabilă [262, 263].

STAS 1342-91-APĂ POTABILĂ Indicatori de calitate (i)							
Valori admise (A)				Valori admise în mod excepțional (AE)			
pH	MTS	Reziduu fix la 105°C	CCO-Cr	pH	MTS	Reziduu fix la 105°C	CCO-Cr
[unități pH]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[unități pH]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
6,50 -7,40	-	100,00-800,00	3,00	max. 8,50	-	30,00-1200,00	5,00

TEZĂ DE DOCTORAT
HĂRȚĂU RAMONA - CARMEN

Tabelul 4. Indicatori de calitate pentru apa tehnologică uzată descărcată în mediul acvatic cf. HOTĂRÂRII nr. 188 din 28 februarie 2002 pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descărcare în mediul acvatic a apelor uzate [264]

APĂ TEHNOLOGICĂ UZATĂ			
Indicatori de calitate (i)			
Valori admise (A)			
pH	MTS	Reziduu fix la 105°C	CCO-Cr
[unități pH]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
8,50	60,00	2000,00	-

O oglindă a apei freatice din puțuri este un indicator al nivelului de apă subterană. Apele subterane curg sub acțiunea gravitațională, la fel ca apele de la suprafață. Cu toate acestea, viteza de scurgere a apelor subterane este mai mică din cauza tipului de rocă (mărimea granulelor sau porilor) care joacă și rolul de filtru. Pozițiile apelor sunt reprezentate pe hărțile hidrografice. [306]

Nivelul acviferului freatic subteran de mică adâncime, cunoscut sub numele de pânză freatică, a fost găsit pe amplasament la o adâncime cuprinsă între 8,0 m (PC2) și 8,2 m (PC1 și PC3) cu niveluri diferite în funcție de precipitații.

Probele au fost prelevate din puțurile de control, după pomparea unui volum de apă corespunzător, din fiecare puț, egal cu cel puțin triplul volumului forajului. Prelevarea s-a efectuat cu ajutorul unui dispozitiv special (bailer), conform standardului de prelevare în vigoare, ISO 5667-11:2009. La prelevare a fost efectuată și o examinare vizuală, după care probele de apă au fost introduse în recipiente de plastic, pregătite și etichetați corespunzător, fiind transportate în laborator, în condiții temperatură controlată, unde analizele fizico-chimice au fost efectuate în maxim 24 de ore de la prelevare.

4.1.5. Aria de studiu

Amplasamentul CET H Arad se află în municipiul Arad, fiind așezat în partea de est a zonei centrale, la aproximativ 1 km de gara Arad, de o parte și de alta a Canalului Mureșel, care este o ramificație a râului Mureș, și totodată emisar de restituție pentru apele uzate, rezultate în urma procesului tehnologic. Centrala ocupă o suprafață de 3,62 ha teren, care nu face parte din aria naturală protejată. [251]

Acviferul freatic aferent amplasamentului aparține corpului de apă subterană freatică ROMU20, iar cel de apă subterană de adâncime, corpului de apă subterană ROMU22, conform Autorizației de Gospodărire a Apelor CET H Arad. [260] Amplasamentul CET H Arad este zonă industrială, nedesemnată pentru captarea apei subterane în scopul potabilizării.

4.1.6. Rețeaua hidrografică

Pe teritoriul județului Arad, rețeaua hidrografică este formată din două bazine hidrografice principale: BH Mureș și BH Crișul Alb. Râul Mureș trece prin județul Arad în partea de sud, iar Râul Crișul Alb, împreună cu afluenții săi Dezna, Chicher și Teuz, trece în partea de nord.

4.1.6.1. Conul aluvionar al Mureșului

Conul de dejecție al râului Mureș are o suprafață totală de 2.210 km², din care 2.040 km² se află pe teritoriul României. Acviferul cantonat la adâncime medie, în depozitele fluvio-lacustre, constituie cea mai mare sursă de apă subterană din care sunt alimentate majoritatea folosințelor. Nivelul hidrostatic este influențat de variațiile regimului climatic, care amprentează și debitul surselor acvifere de suprafață ce constituie sursa de alimentare a acviferului subteran. [280, 281]

4.1.7. Surse de poluare a apelor în județul Arad

Pe teritoriul județului Arad, există o varietate de surse poluante care afectează calitatea apelor de suprafață și subterane. Acestea pot fi atât punctiforme (unități industriale, agricole, localități) cât și difuze (îngrășăminte chimice și pesticide utilizate în agricultură, creșterea animalelor etc).

Raportul privind starea mediului în județul Arad din anul 2007, emis de APM Arad, indică zonele care sunt în stare critică din punct de vedere al poluării apelor de suprafață și subterane din cauza activităților umane.

În România, au fost stabilite corpuri de apă subterană, freatică și de adâncime ca urmare a implementării Directivei UE pentru apă. Autoritățile regionale responsabile cu gestionarea acestor resurse vor supraveghea aceste corpuri de apă [293].

Conform evaluării multianuale realizate de Administrația Națională “Apele Române” în anul 2021 și redată în documentul „*Sinteza calității apelor din România în perioada 2018 – 2020 în perioada 2018–2020* ” au fost monitorizate și evaluate 141 de corpuri de apă subterană.

Evaluările individuale au inclus și corpul de apă subterană ROMU20, care aparține de Bazinul Hidrografic Mureș, din care fac parte și apele freatice aferente amplasamentului CET H Arad. Rezultatele au indicat depășiri ale standardului de calitate pentru azotați, în mai multe zone. *Conform metodologiei de evaluare, corpul de apă freatică ROMU20 se încadrează în stare chimică slabă, deoarece suprafețele ocupate de foraje cu depășiri la indicatorul de calitate azotați reprezintă 22,31%. [283]*

4.1.8. Corpul de apă subterană de adâncime ROMU22 - Conul aluvial al Mureșului (Pleistocen inferior-mediu).

Este un corp de apă subterană cu o adâncime medie, cantonat în depozitele poros-permeabile ale conului aluvionar al râului Mureș.

4.1.8.1. Evaluarea stării chimice a corpului de apă ROMU22

În perioada 2018 - 2020 au fost monitorizate din punct de vedere calitativ 6 foraje din rețeaua hidrogeologică națională. Indicatorii de stare a corpului de apă includ azotați (NO_3^-), crom total ($\text{Cr}^{3+} + \text{Cr}^{6+}$), nichel (Ni^{2+}), cupru (Cu^{2+}), zinc (Zn^{2+}), plumb (Pb^{2+}), cadmiu (Cd^{2+}), arsen (As^{3+}). [283]

S-au înregistrat ușoare depășiri ale valorilor de prag la amoniu și ortofosfați la forajul Păuliș F7MA, astfel că, prin aplicarea metodologiei de evaluare, suprafața cu depășiri ocupată de foraj reprezintă mai puțin de 20% din suprafața totală a corpului de apă, ceea ce conduce la încadrarea corpului de apă ROMU22 în starea chimică bună. [283]

4.1.10. Metodologia pentru evaluarea impactului asupra mediului

Pentru calcularea *Indicelui global de poluare* (I_{GP}^*) a fost aplicată metodologia prezentată de Zaharia care se bazează pe simularea efectelor sinergice ale poluanților.

Rezultatele (I_{GP}^*) permit stabilirea și încadrarea efectelor activității antropice pe o scară de calitate a mediului [267, 268].

În primul rând a fost calculat *Indicele de calitate* conform următoarei ecuații:

$$EQ_i = C_i / MAC_i \quad (1)$$

unde, EQ_i este *Indicele de calitate pentru parametrul i*, C_i reprezintă valoarea măsurată pentru parametrul considerat, iar MAC_i este valoarea maximă admisă pentru parametrul i .

TEZĂ DE DOCTORAT
HĂRȚĂU RAMONA - CARMEN

După ce a fost calculat EQ_i s-a atribuit un *Punctaj de evaluare* (ES_i) pentru fiecare parametru, în concordanță cu valorile prezentate în Tabelul 5, care poate fi consultat în teză.

După atribuirea Scorului de evaluare, pe baza ecuației (2) a fost calculat *Indicele Global de Poluare* (I^*_{GP}) pentru fiecare probă din acest studiu.

$$I^*_{GP} = (100 * n) / (ES_1 * ES_n + \sum_{i=1}^{n-1} ES_i * ES_{i+1}) \quad (2)$$

unde n este numărul parametrilor și ES reprezintă scorul de evaluare.

Pentru evaluarea impactului asupra acviferului freatic a fost făcută o corelare a Indicelui Global de Poluare (I^*_{GP}) cu efectele în corpul de apă, conform datelor prezentate în Tabelul 6.

Tabelul 6. Corelarea Indicelui Global de Poluare I^*_{GP} cu efectele în corpul de apă [267]

Valori I^*_{GP}	Efecte în corpul de apă
1	Corp de apă neafectat de activitatea umană
$1 \leq I^*_{GP} < 2$	Corp de apă subiect de activitate umană, în limitele admise
$2 \leq I^*_{GP} < 3$	Corp de apă subiect de activitate umană, cauzând disconfort formelor de viață
$3 \leq I^*_{GP} < 4$	Corp de apă subiect de activitate umană, cauzând perturbarea formelor de viață
$4 \leq I^*_{GP} < 6$	Corp de apă sever afectat de activitatea umană, periculos pentru formele de viață
$I^*_{GP} > 6$	Corp de apă degradat, impropriu pentru orice formă de viață

4.1.11. Rezultate și discuții

Acest studiu a fost condus aplicând o metodă dezvoltată anterior pentru calculul unui *Indice Global de Poluare* (I^*_{GP}) care poate fi utilizat pentru evaluarea calității apelor freatice de pe amplasamentul CET H Arad.

În acest scop, valorile măsurate pentru indicatorii de calitate autorizați la probele de apă prelevate din punctele de prelevare autorizate, identificate prin trei puțuri de control, au fost colectate anual, timp de unsprezece ani.

*Rezultatele obținute pentru (I^*_{GP}) arată că predomină efecte corelate cu starea de disconfort pentru formele de viață, în 93,94% din totalul cazurilor, înregistrându-se un procent de 6,06 valori în limitele admise, în raport cu referențialul legal prevăzut în autorizația de gospodărire a apelor, respectiv în autorizația integrată de mediu, care se*

referă la proba martor din anul 2008, considerată referință legală pentru determinările ulterioare.

Cel mai afectat de starea de poluare este PC3, care pe întreaga perioadă de studiu a înregistrat valori ale (I_{GP}^*) corelate cu starea de disconfort pentru formele de viață.

Valorile *Indicelui Global de Poluare* arată că starea acviferului freatic nu s-a schimbat nici după anul 2014, an care corespunde cu implementarea reglementărilor europene, armonizate la nivel național.

Analizând datele tehnologice înregistrate în documentele centralei, precum și datele de monitorizare a emisiilor, raportate autorităților de mediu nu se poate efectua o corelare directă a rezultatelor obținute pentru I_{GP}^* , pe baza înregistrărilor existente.

Comparativ cu nivelul istoric al CET H Arad, corespunzător perioadei 2008-2017, se poate concluziona că nu s-a înregistrat semnificativ accentuarea stării de poluare, având în vedere că predomină valori în limitele admise, în procent de 78,79%.

Totuși, ținând cont de caracterul predominant al valorile depășite înregistrate pentru *Indicelui Global de Poluare* (I_{GP}^*), în raport cu valorile autorizate admise, care corespund efectului de disconfort pentru formele de viață, precum și de faptul că apele freatice de pe amplasamentul CET H Arad fac parte din corpul de apă freatică ROMU20, care în amonte și aval, în exteriorul perimetrului studiat, este utilizat ca sursă pentru potabilizare, consider că ar fi indicată realizarea și implementarea unui plan de management durabil al apei.

Chiar dacă, în prezent, pe amplasament continuă lucrări de dezafectare ale vechilor instalații, în paralel cu construirea unor unități tehnologice noi, și se fac monitorizări conform autorizațiilor de funcționare, ar fi benefică identificarea și monitorizarea poluanților emergenți.

Consider că, în viitor că ar fi oportună realizarea unui studiu pentru evaluarea calității apelor freatice pe amplasament, concomitent cu evaluarea acviferului freatic în amonte și aval, în afara perimetrului CET H Arad, considerând ca referențial legea privind aprobarea valorilor prag pentru apele subterane din România.

O explicație a faptului că CCO-Cr a fost scăzut în anul 2017 în comparație cu ceilalți ani studiați nu se poate emite pe baza datelor tehnologice existente în documentele înregistrate în baza de date a centralei sau în rapoartele transmise autorităților de mediu, astfel încât rezultatele obținute să poată fi corelate cu activitatea centralei, respectiv cu numărul de ore de funcționare a instalațiilor de ardere, emisiile la coșuri, încadrându-se în limitele admise pentru toate speciile de poluanți emiși în atmosferă, în fiecare an din perioada studiată, anul 2017, nefiind înregistrat cu un număr de ore de funcționare mai mic, comparativ cu ceilalți ani de studiu. CET H Arad nu eliberează emisii care să determine variații ale CCO-Cr.

În cercetările privind ecosistemele acvatice, valoarea consumului chimic de oxigen (CCO) este foarte importantă. Această mărime descrie indirect conținutul de substanțe organice și minerale în apă care au fost oxidate de un oxidant puternic în condiții specifice. Cantitatea de oxigen care este necesară pentru oxidarea substanțelor organice într-un anumit volum de apă este cunoscută sub numele de consum chimic de oxigen. Determinarea (CCOCr) măsoară cantitatea compușilor organici, inclusiv cei care sunt greu degradabili.

Activitățile tehnologice specifice desfășurate la nivelul solului au fost la nivel obișnuit. O explicație probabilă ar putea fi variația nivelului hidrogeologic în pânza freatică, cu creșterea gradului de încărcare, ceea ce ar produce o scădere a concentrației substanțelor organice și minerale prezente în pânza freatică.

În anul 2017, la nivelul orașului Arad au fost înregistrate precipitații însemnate cantitativ, care au produs creșteri de debite pe Râul Mureș și alimentarea acviferului freatic.

În cadrul acestui studiu nu au fost monitorizate modificările precipitațiilor, urmărindu-se strict calitatea apelor freatice pe baza rezultatelor monitorizărilor efectuate conform cerințelor legale prevăzute în autorizațiile de funcționare emise de autoritățile de mediu pentru CET H Arad, însă, au fost monitorizate emisiile centralei, în aer, ape tehnologice epurate și sol.

În perioada studiată nu au fost înregistrate depășiri ale valorilor admise la indicatorii de calitate monitorizați pentru acești factori de mediu, conform cerințelor din autorizațiile de funcționare ale societății.

Cererea chimică de oxigen a crescut în cazul PC1, în special în ultimii patru ani.

Referitor la factorii care ar fi putut conduce la această creștere, s-ar putea considera, ca factor ipotetic, o posibilă contribuție externă, cauzată de existența unui rezervor subteran de colectare a apelor menajere uzate, aflat în proximitatea PC1, la aproximativ 15 m, care aparține unei unități economice poziționate în imediata vecinătate a amplasamentului CET H Arad. Acest rezervor se află sub nivelul rețelei de canalizare municipală, apele uzate fiind evacuate prin pompare, în această rețea.

Un alt factor ipotetic ar fi existența unui rezervor de păcură, care a fost dezafectat în anul 2010, în această zonă efectuându-se o serie de lucrări, care au continuat până în prezent, zona fiind alocată depozitării tronsoanelor din instalațiile dezafectate, pe amplasamentul CET H Arad, desfășurându-se activități legate de retehnologizarea centralei.

CET H Arad nu a poluat, luând în considerare factorii de mediu monitorizați, aer, ape tehnologice epurate, sol, care nu au indicat depășiri în perioada studiată.

Doar în acviferul freatic au fost înregistrate rezultate care indică un nivel de poluare corelat cu disconfort pentru formele de viață.

Modificările de la puțul de control PC3, care a prezentat valori ale I^*_{GP} care produc efecte de disconfort pentru formele de viață, pe întreaga perioadă studiată, ar putea avea drept cauză potențială existența magaziei de reactivi utilizați pentru tratarea chimică a apei, în imediata vecinătate a acestuia, aici fiind descărcate, depozitate și manipulate, diferite substanțe utilizate în procesul tehnologic.

În prezent magazia de reactivi a fost dezafectată, aflându-se în perimetrul alocat pentru contruirea unităților noi de producție ale centralei, care se află într-un proces major de retehnologizare.

Este probabil că, pentru obținerea autorizațiilor de funcționare necesare noile unități de producție, autoritățile de mediu să dispună reconfigurarea punctelor de prelevare pentru apele freatice, dar și pentru alți factori de mediu care vor face obiectul monitorizărilor autorizate.

Având în vedere o activitate tehnologică de 123 de ani pe același amplasament, chiar dacă poluarea PC3 este prezentă, în domeniul $2 \leq I^*_{GP} < 3$, considerăm aceste rezultate pentru I^*_{GP} satisfăcătoare, având în vedere că efectul negativ reprezintă doar disconfort pentru formele de viață, ceea ce îl plasează în proximitatea domeniului valorilor admise, $1 \leq I^*_{GP} < 2$, având în vedere domeniul $I^*_{GP} > 6$, care indică un corp de apă degradat, impropriu pentru orice formă de viață.

Procesul de colectare a datelor s-a efectuat pe o bază de date anuală, obținută în urma determinărilor fizico-chimice efectuate la fiecare indicator de calitate monitorizat, din probe de apă momentane, conform prevederilor din autorizațiile de funcționare ale CET H Arad, pe o perioadă cuprinsă între anii 2010-2020.

Rezultatele obținute pentru (I^*_{GP}) sunt prezentate grafic în figurile următoare:

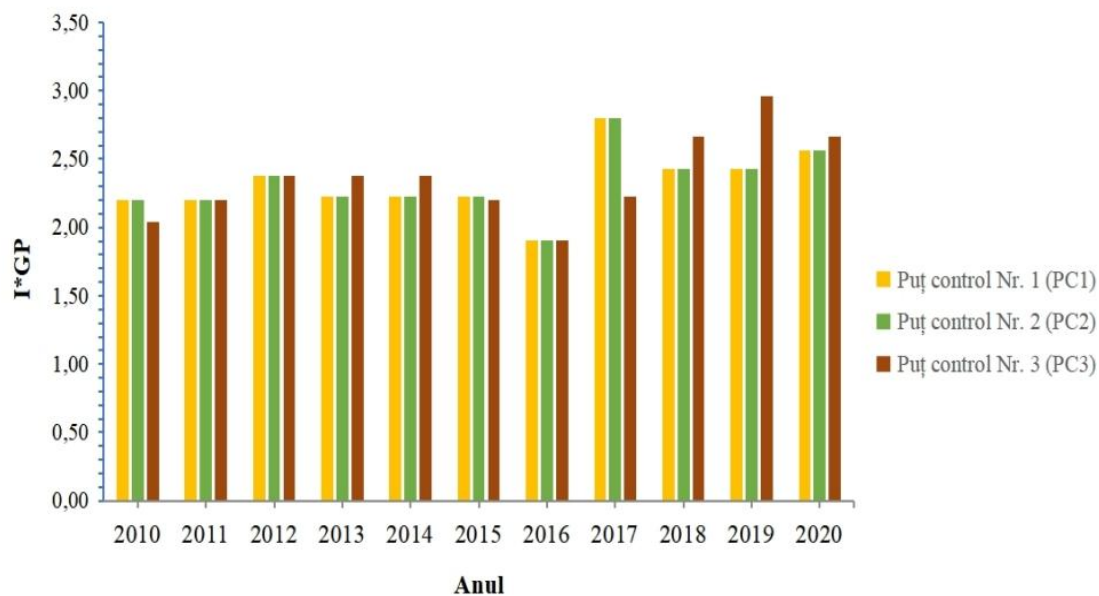


Figura 18. Rezultate obținute pentru I^*_{GP} conform referențial Autorizație de Gospodărire a Apelor/Autorizație Integrată de Mediu CET H Arad

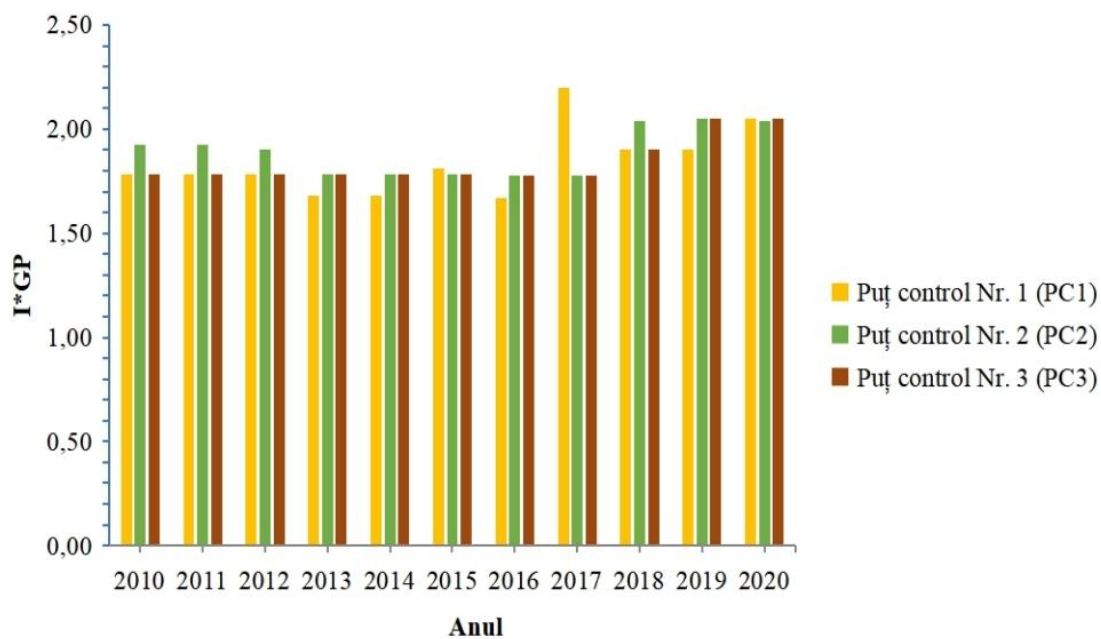


Figura 19. Rezultate obținute pentru I^*_{GP} conform referențial Nivel istoric valori medii anuale CET H Arad - Perioada 2008-2017

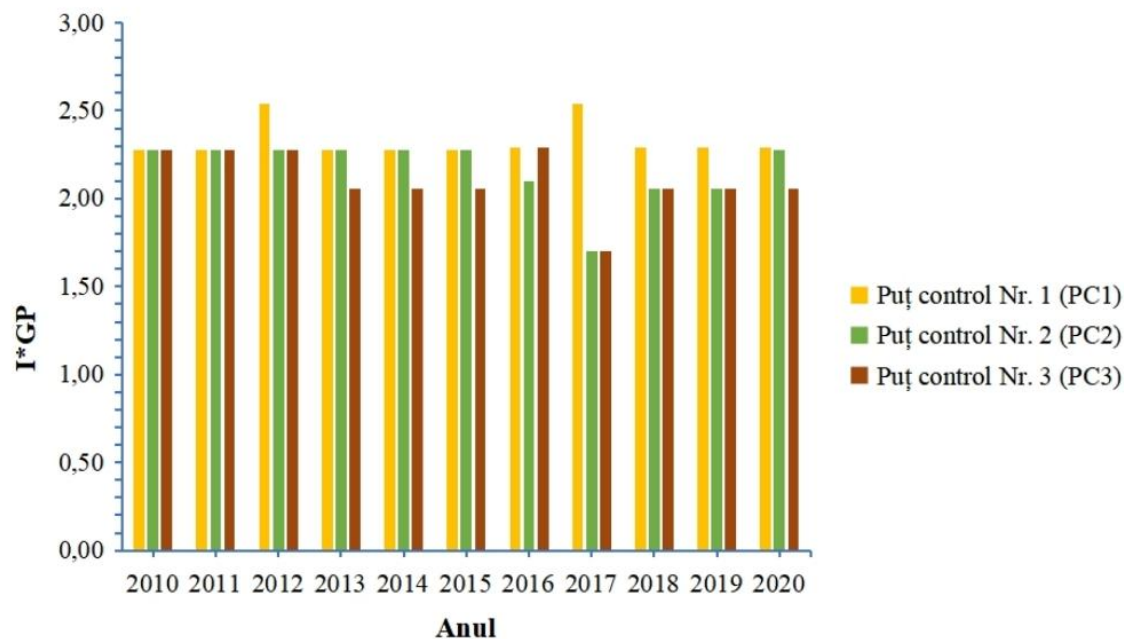


Figura 20. Rezultate obținute pentru I^*_{GP} conform referențial STAS 1342-91
APĂ POTABILĂ - Valori admise (A)

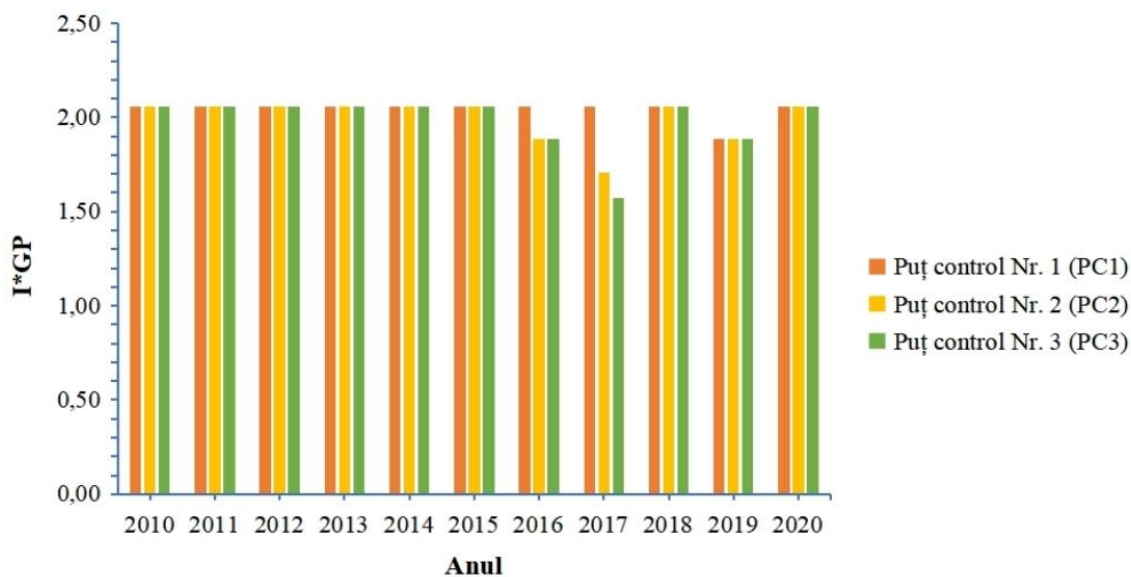


Figura 21. Rezultate obținute pentru I^*_{GP} conform referențial STAS 1342-91
APĂ POTABILĂ - Valori admise excepțional (AE)

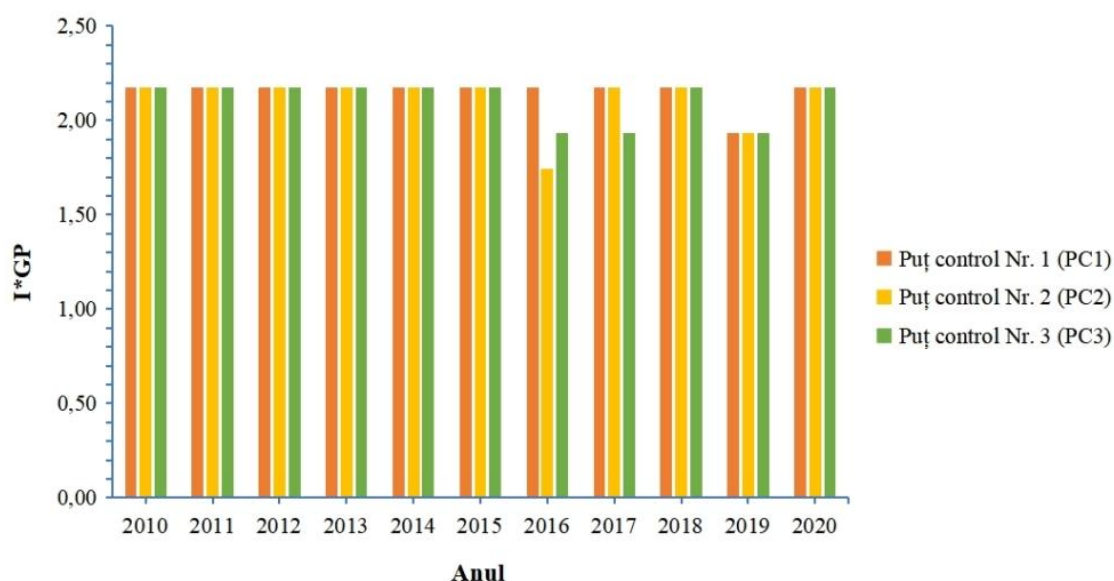


Figura 22. Rezultate obținute pentru I^*_{GP} conform referențial HG 188/2002 privind apele tehnologice uzate descărcate în mediul acvatic

4.1.12. Concluzii privind calitatea apelor freatice pe amplasament

În concluzie, în perioada studiată, cuprinzând anii 2010-2020, starea acviferului freatic aferent amplasamentului CET H Arad, indică pentru valorile *Indicele Global de Poluare* (I^*_{GP}) efecte corelate cu starea de disconfort pentru formele de viață, care predomină în toate cazurile referențiale utilizate, cu excepția valorilor obținute în raport cu Nivelul istoric al CET H Arad, pentru perioada 2008-2017, unde predomină valori în limitele admise, în procent de 78,79%.

În cazul valorilor obținute pentru (I^*_{GP}) în raport cu autorizația de gospodărire a apelor și autorizația integrată de mediu, predomină efecte corelate cu starea de disconfort pentru formele de viață în procent de 93,94%, înregistrându-se un procent de 6,06 valori în limitele admise. Aceleași procente au fost obținute și în cazul utilizării ca referențial a valorilor standardizate admise pentru apa potabilă (A). Pentru referențialul de valori standardizate admise în mod excepțional la apa potabilă (AE), a fost obținut un procent de 78,79% valori corelate cu starea de disconfort și procentul de 21,21% pentru valori în limitele admise.

În cazul valorilor obținute pentru (I^*_{GP}) în raport cu valorile admise pentru apele tehnologice uzate descărcate în mediul acvatic au fost obținute aceleași procente ca în cazul referențialului de valori standardizate admise în mod excepțional la apa potabilă (AE)

În raport cu valorile autorizate admise, rezultatele obținute arată ca efect o stare de afectare a corpului acvifer freatic, care cauzează disconfort formelor de viață, cu excepția anului 2016, la PC1 și PC2, când valorile obținute se încadrează în limitele admise.

ROMU20 este un corp de apă subteran freatic care s-a format în partea superioară a conului aluvionar al râului Mureș, în depozite încadrate ca vârstă pleistocen superior-holocenă, având o suprafață de 2222,68 km², pe teritoriul românesc. [283]

Precipitațiile care cad pe toată suprafața conului aluvionar și infiltrațiile din râul Mureș alimentează acviferul freatic. Râul contribuie cu un debit de 640 l/s la alimentarea acviferului pe o lungime de 16 km între localitățile Păuliș și Arad, conform studiilor cu foraje efectuate de ISPIF București (Institutul Național de Cercetare – Dezvoltare pentru Îmbunătățiri Funciare București) în albia Mureșului. [261]

Conform evaluării multianuale realizate de Administrația Națională “ Apele Române” în anul 2021, redată în documentul „*Sinteza calității apelor din România în perioada 2018 – 2020 în perioada 2018–2020*”, au fost monitorizate și evaluate 141 de corpuri de apă subterană [283].

Evaluările individuale au inclus și corpul de apă subterană ROMU20, care aparține de Bazinul Hidrografic Mureș (ROMU22), și din care fac parte și apele freatice aferente amplasamentului CET H Arad.

Între anii 2018 și 2020, douăzeci de foraje hidrogeologice care fac parte din corpul ROMU20 au fost monitorizate. Conform metodologiei de evaluare corpul de apă subterană de medie adâncime ROMU22 a fost încadrat în starea chimică bună însă, corpul de apă freatică ROMU20 a fost încadrat în stare chimică slabă. [283]

*Având în vedere acest rezultat putem deduce că alimentarea corpului de apă freatică ROMU20, implicit a acviferului aferent amplasamentului, nu se face cu o apă de calitate, prin urmare ar exista posibilitatea de afectare a calității apelor freatice din perimetrul studiat, într-o anumită măsură, implicit a rezultatului referitor la Indicele Global de Poluare (I*GP) care indică în procent de 93,94% efecte corelate cu starea de disconfort pentru formele de viață, în acviferul freatic cantonat pe amplasamentul CET H Arad, în raport cu valorile admise prevăzute în autorizația de gospodărire a apelor, respectiv în autorizația integrată de mediu.*

Considerând aceste rezultate, ar fi oportun un studiu privind calitatea corpului de apă freatică ROMU20, în amonte și în aval, din exteriorul amplasamentului CET H Arad, luând în considerare un set unitar de parametri de calitate, pentru a exclude o posibilă influență contributivă din afara perimetrului studiat.

4.2. Evaluarea concentrațiilor de metale grele în sol pe amplasamentul CET H ARAD

4.2.1. Introducere

Solul este supus contaminării, drept consecință a activităților antropice, în special a celor industriale, care au un impact major. Emisiile provenite din activitatea sectorului energetic afectează în mod direct calitatea aerului, a solului, a subsolului și a corpurilor de apă, metalele grele reprezentând o categorie importantă de poluanți. [313]

În cazul centralelor electrice de termoficare, emisiile de metale grele provin de la instalațiile mari de ardere, sub formă de pulberi și afectează solul, prin depunere pe amplasament și în vecinătăți, uneori la distanțe mari [311].

Efectul negativ al metalelor grele poate rezulta, prin niveluri ridicate în concentrația aerului din jurul surselor emițătoare cu depunere și asimilare în corpurile de apă și în lanțul trofic. Compușii metalelor grele participă la transportul global de substanțe, sub formă de aerosoli în atmosfera superioară având dimensiuni micro și nanometrice. [314]

Nu există un prag identificabil sub care aceste substanțe să nu prezinte risc pentru sănătatea umană. Poluarea cu metale grele are un impact semnificativ asupra vieții din cauza toxicității sale extreme, a lipsei de biodegradabilitate și a acumulării, afectând grav procesele ecosistemice și sănătatea umană [315]. Metalele grele sunt agenți cancerigeni recunoscuți cu acțiune genotoxică pentru ființele vii [314].

Centralele electrice de termoficare industriale au cerințe stricte legate de calitatea solului din zona de amplasament, impuse de legislația națională și europeană în domeniul protecției mediului, pentru o monitorizare eficientă a emisiilor, în scopul prevenirii și reducerii impactului asupra mediului [316].

4.2.3. Materiale și metode

4.2.3.1. Materiale

Au fost prelevate probe de sol, de pe amplasamentul centralei, din zona autorizată, de la două profile de adâncime, 10 respectiv 40 cm.

Nu este recomandat să se recolteze probe de sol după ploaie sau când nivelul de umiditate este ridicat, deoarece pot provoca erori în estimarea nivelului de poluanți și de omogenizare. Când solul nu se lipește și poate fi sfărâmat în mână, aceasta este o probă corectă. Proba poate fi recoltată folosind cazmaua, sonda sau orice instrument curat disponibil.

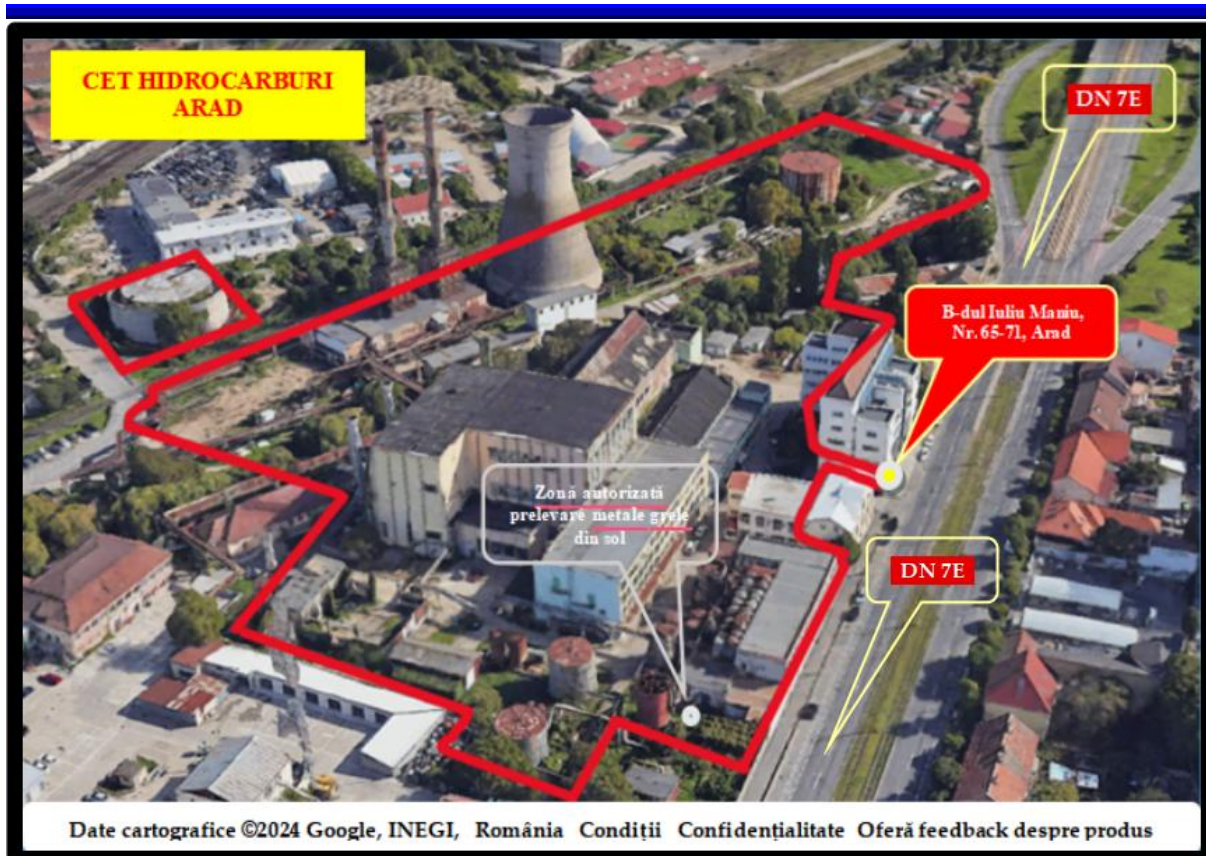


Figura 27. Imagine satelit CET HIDROCARBURI ARAD, ROMÂNIA cu poziționarea zonei autorizate de prelevare pentru metale grele [272]

4.2.3.2. Metode

În cadrul acestui studiu au fost colectate valori pentru un număr de 120 probe sol din punctele de prelevare aflate în zona autorizată, pe amplasamentul CET H Arad, analizând următorii parametri, prevăzuți în AIM a CET H Arad ca indicatori de calitate pentru metalele grele: *Cu, Zn, Pb, Ni, Cd* și *Cr total*.

Prelevarea a fost efectuată pe o perioadă de zece ani, între 2011 și 2020, pe o bază de date anuală. Determinările au fost efectuate conform metodelor oficial aprobate. Identificarea și cuantificarea metalelor grele conținute în sol pot fi folosite ca o amprentă a poluării în zonele industriale vizate.

În Tabelul 7 sunt redate coordonatele stereo aferente punctelor de prelevare pentru probele de sol, din zona autorizată.

Tabelul 7. Coordonate STEREO 70 pentru punctele de prelevare probe sol autorizate pe amplasamentul CET H Arad [254]

Punct de prelevare probă sol Metale grele Amplasament CET H Arad Zonă autorizată	Profil de prelevare	Coordonate STEREO 70	
	Adâncime	Coordonata X	Coordonata Y
S3	10 cm	211955.01	461053.96
S3* k	40 cm		

4.2.4. Legislație

Centrala are cerințe stricte privind calitatea solului din zona de amplasament, impuse de autorizare, conformă cu legislația națională și europeană în domeniul protecției mediului.

Aceasta conține cerințe de monitorizare adecvate descărcărilor de poluanți, cu specificarea metodologiei și frecvenței de măsurare.

Monitorizarea a fost efectuată pe baza unor programe anuale și prevede, conform *Autorizației Integrate de Mediu*, respectiv *OM 756/03.11.1997, că valorile concentrațiilor de poluanți metale grele specifici activității, prezente în solul terenurilor aferente societății, nu trebuie să depășească pragul de alertă pentru terenuri de folosință mai puțin sensibilă, și recomandabil, să nu depășească valorile determinate în anul 2008, conform *Raportului de amplasament CET H Arad*, efectuat pentru obținerea autorizației.

Valorile de referință autorizate pentru metale grele în sol sunt prezentate în Tabelul 8.

TEZĂ DE DOCTORAT
HĂRȚĂU RAMONA - CARMEN

Tabelul 8. Valori de referință legale pentru metale grele în sol - CET H Arad [254]

Punct de prelevare	Indicator de calitate	Profil de prelevare	Valori de referință legale pentru metale grele în sol			
			Cf. Raport amplasament CET H Arad Anul 2008	Cf. AIM CET H Arad *OM 756/03.11.1997 pentru terenuri de folosință mai puțin sensibilă		
Amplasament CET H Arad	Metal greu	Adâncime	Valoare măsurată	Valoare normală	Prag de alertă	Prag de intervenție
Zonă autorizată		[cm]	Concentrație (Cs,i) [mg/kg s.u.]			
S3	Cupru	10	34,10	20,00	250,00	500,00
S3*		40	40,70			
S3	Zinc	10	87,50	100,00	700,00	1500,00
S3*		40	96,20			
S3	Plumb	10	47,80	20,00	250,00	1000,00
S3*		40	109,80			
S3	Nichel	10	16,90	20,00	200,00	500,00
S3*		40	27,00			
S3	Cadmiu	10	1,70	1,00	5,00	10,00
S3*		40	1,50			
S3	Crom total	10	11,80	30,00	300,00	600,00
S3*		40	20,30			

Notă:

OM 756/03.11.1997 – Ordinul pentru aprobarea Reglementării privind evaluarea poluării mediului, emis de Ministerul Apelor, Pădurilor și Protecției Mediului (M.A.P.P.M.)

„* **Folosința mai puțin sensibilă a terenurilor** include toate utilizările industriale și comerciale existente, precum și suprafețele de terenuri prevăzute pentru astfel de utilizări în viitor;

* **Prag de alertă** - concentrații de poluanți în aer, apă, sol sau în emisii/evacuări, care au rolul de a avertiza autoritățile competente asupra unui impact potențial asupra mediului și care determina declanșarea unei monitorizări suplimentare și/sau reducerea concentrațiilor de poluanți din emisii/evacuări.

* **Prag de intervenție** - concentrații de poluanți în aer, apă, sol sau în emisii/evacuări, la care autoritățile competente vor dispune executarea studiilor de evaluare a riscului și reducerea concentrațiilor de poluanți din emisii/evacuări „ [326]

4.2.5. Aria de studiu

Amplasamentul CET H Arad, B-dul Iuliu Maniu, nr. 65-71, Arad, Arad.

4.2.7. Metodologia aplicată

Pentru calculul *Indicelui global de poluare (PLI)*, a fost aplicată metodologia prezentată de Kowalska [329, 330, 331]. Au fost utilizați indicii *CF* și *PLI* pentru a evalua metalele grele individual, respectiv, starea generală de poluare.

Rezultatele analizelor efectuate au fost centralizate în documente tip fișier xls (Excel Binary File Format) și au fost interpretate prin metode statistice sumare.

În primul rând, s-a calculat *Indicele individual de poluare (CF_i)*. Acesta se utilizează pentru a determina metalul greu care reprezintă cea mai mare amenințare pentru sol. Se calculează separat pentru fiecare metal greu analizat conform formulei:

$$CF_i = C_{s,i} / B_i \quad (1)$$

unde:

$C_{s,i}$ este concentrația metalului greu i în punctul s ,

B_i este valoarea nivelului de fond geochimic a metalului greu în zona de studiu.

Acesta reprezintă înzestrarea nativă a solului cu metalul greu, respectiv concentrația de metal greu din fondul natural al solului.

Rezultatele obținute pot fi consultate în tabelul din figura 30 inserată în această teză.

În calculul *Indicelui individual de poluare (CF_i)* s-a ținut cont de *Valoarea nivelului de fond geochimic (B_i)* pentru metale grele din România [332]. Detalii pot fi consultate în Tabelul 10, prezentat în teză.

Având în vedere că pentru județul Arad nu există o bază de date privind nivelul de fond geochimic pentru metale grele, comparația valorilor obținute la concentrațiile de metale grele a fost făcută cu valorile de fond geochimic de metale grele existent la nivel național. Ar fi utilă efectuarea unui studiu în acest domeniu, și ar putea să constituie o temă de cercetare în viitor.

4.2.7.1. Evaluarea individuală pentru metalele grele și a stării generale de poluare

Nivelurile *CF* sunt clasificate astfel: $CF \leq 1$ – nepoluat; $1 < CF \leq 2$ – nivel scăzut de poluare; $2 < CF \leq 3$ – nivel moderat de poluare; $CF > 3$ – nivel foarte ridicat de poluare.

Aceste niveluri este necesar să fie echivalate prin calcul cu valorile O.M. 756/03.11.1997 pentru terenuri de folosință mai puțin sensibilă.

Având în vedere că solul amplasamentului studiat este de tip industrial, fiind încadrat din punct de vedere legal cf. O.M. 756/03.11.1997 în categoria terenurilor de folosință mai puțin sensibilă, am calculat *Indicele individual de poluare* CF_i corespunzător pentru valorile autorizate și de asemenea, pentru valorile determinate inițial în anul 2008, prevăzute în *Raportul de amplasament CET H Arad*, pentru a avea un termen de comparație CF echivalat, necesar în acest caz.

De asemenea nivelurile CF clasificate precum și exprimarea *Indicelui global de poluare (PLI)* a fost necesar să fie reconsiderate în raport cu valorile admise cf. O.M. 756/03.11.1997 pentru categoria terenurilor de folosință mai puțin sensibilă, pentru o evaluare corectă și adecvată. Nivelurile CF calculate pe baza valorilor prevăzute de O.M. 756/03.11.1997 pentru terenuri de folosință mai puțin sensibilă pot fi clasificate și utilizate ca nivele de referință pentru *Indicii individuali de poluare*.

Inițial, au fost evaluate concentrațiile de metale grele ($C_{s,i}$) în raport cu legislația națională pentru terenurile de folosință mai puțin sensibilă și față de determinările de referință din anul 2008, conform autorizației. Detaliile privind rezultatele obținute pot fi consultate în Tabelul 11 din teză, unde acestea sunt prezentate. Valorile care au depășit limitele admise conform AIM CET H Arad, fiind marcate în celule galbene.

Apoi, a fost calculat *Indicele individual de poluare* CF_i corespunzător pentru valorile autorizate și pentru valorile determinate inițial, în anul 2008, pentru a avea un termen de comparație CF echivalat, necesar în acest caz. Rezultatele obținute pot fi vizualizate în tabelul din teză.

Rezultatele obținute pentru *Indicele individual de poluare* (CF_i) metale grele, la cele două profile de prelevare, de 10 respectiv 40 cm, sunt ilustrate grafic în Figurile 31 și 32.



Figura 26. Imagine sugestivă prelevare probă de sol pentru analiză [324]

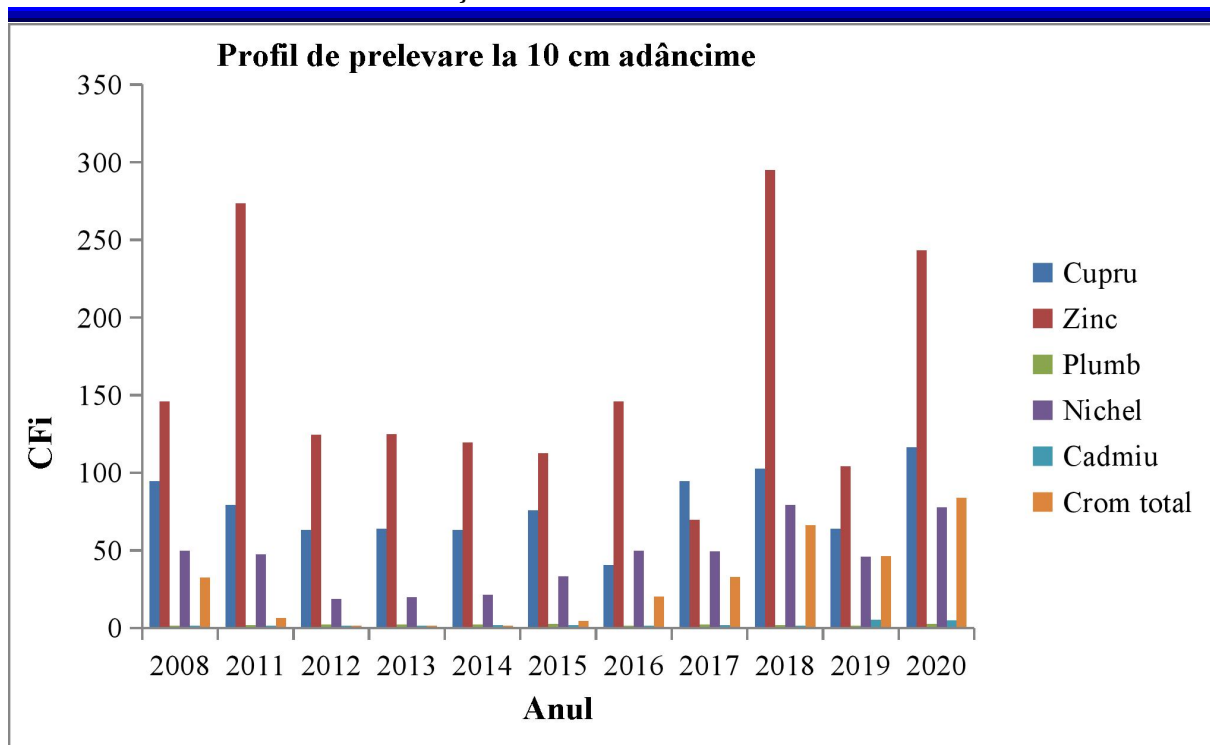


Figura 31. Rezultatele obținute pentru *Indicele individual de poluare (CF_i)* metale grele, profil de prelevare 10 cm adâncime

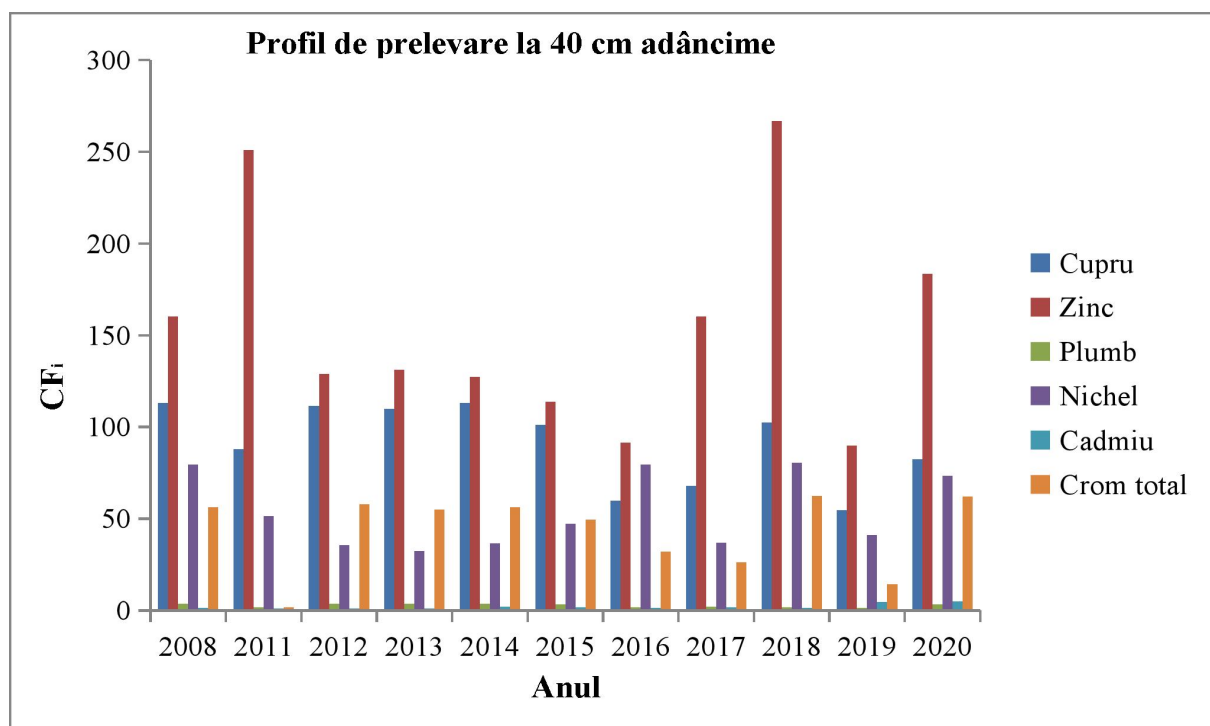


Figura 32. Rezultatele obținute pentru *Indicele individual de poluare (CF_i)* metale grele, profil de prelevare 40 cm adâncime

TEZĂ DE DOCTORAT
HĂRȚĂU RAMONA - CARMEN

Evaluarea gradului de poluare al solului s-a efectuat prin calculul *Indicelui global de poluare (PLI)*. Acest indice arată nivelul de contaminare cu metale grele al solului și se obține pe baza *Indicelui individual de poluare (CF_i)*. *PLI* se calculează ca o medie geometrică a *CF_i* conform formulei:

$$PLI = \sqrt[n]{(CF_1 \times CF_2 \times CF_3 \times \dots CF_n)} \quad (2)$$

unde:

n – numărul de metale grele analizate;

CF – indice individual de poluare calculat pentru fiecare metal greu analizat.

A fost calculat *Indicele global de poluare (PLI)* pentru valorile de referință legale autorizate, conform O.M. 756/03.11.1997 și a *Raportului de amplasament al centralei*, din anul 2008, pentru a avea un termen de comparație echivalat în cazul terenurilor de tip de folosință mai puțin sensibilă, cum este în cazul acestui studiu.

Rezultatele sunt prezentate în Tabelul 14.

Tabelul 14. Rezultate Indice Global de Poluare pentru metale grele (PLI) calculate pe baza valorilor de referință legale pentru CET H

Punct de prelevare	Profil de prelevare	Indicele Global de Poluare cu metale grele (PLI) calculat pe baza valorilor de referință legale			
Amplasament CET H Arad	Adâncime [cm]	cf. Raport amplasament CET H Arad Anul 2008	cf. AIM CET H Arad *O.M. 756/03.11.1997 pentru terenuri de folosință mai puțin sensibilă		
Zonă autorizată		Valoare determinată	Valoare normală	Prag de alertă	Prag de intervenție
		(PLI)	(PLI)	(PLI)	(PLI)
S3		19,38	17,22	155,98	367,66
S3*	40 cm	27,00			

Apoi, a fost calculat *Indicele global de poluare cu metale grele (PLI)* pentru zona autorizată pe baza probelor de sol prelevate, în perioada 2011-2020.

Rezultatele obținute sunt prezentate în graficul din Figura 34. Detalii cu privire la aceste rezultate pot fi consultate în Tabelul 15 din teză.

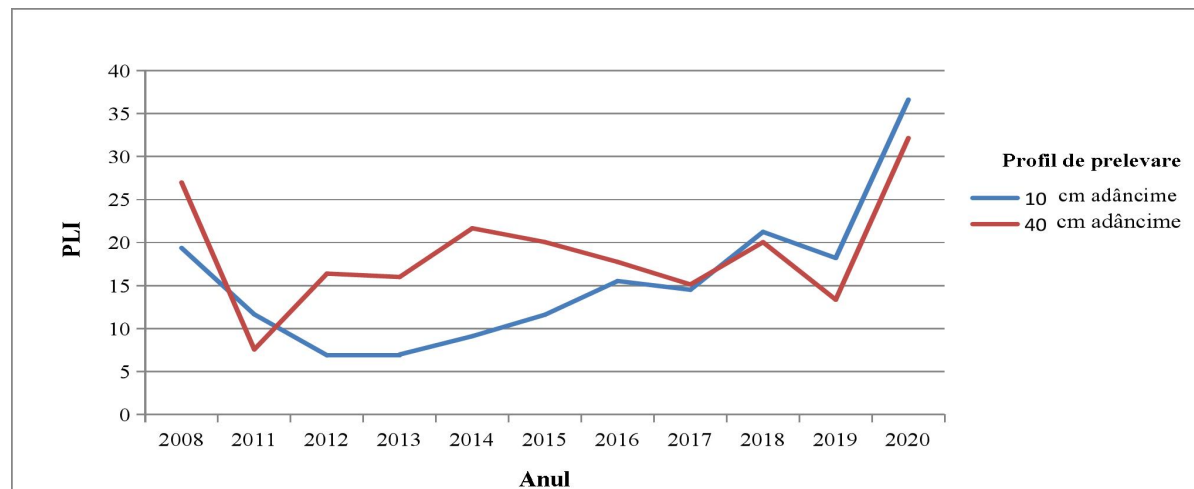


Figura 34. Rezultate obținute pentru Indicele global de poluare cu metale grele (PLI)
pe amplasamentul CET H Arad

Au fost comparate valorile obținute pentru Indicele Global de Poluare PLI pe baza probelor de sol prelevate anual din zona de prelevare autorizată, cu rezultatele PLI calculate pentru valorile de referință legale.

Conform rezultatelor PLI pentru metale grele obținute pentru zona autorizată, se poate observa că nu există nici o valoare care să depășească valoarea PLI de 155,98 corespunzătoare pentru pragul de alertă, care reprezintă limita admisă, fapt ce indică o bună calitate a solului pe amplasamentul CET H Arad, privind poluarea cu metale grele, în perioada studiată.

Pe baza valorilor CFi determinate și a Factorului de toxicitate (T_i) corespunzători metalelor grele, a fost evaluat impactul asupra mediului prin analiza riscului ecologic, utilizând metoda Indicilor de risc (ER_i și RI). Valorile factorilor de toxicitate pentru metale grele sunt redată în Tabelul 16, care poate fi consultat în teză.

În continuare a fost calculat *Riscul Ecologic Individual de poluare* (ER_i) pentru metalele grele studiate, pe baza valorilor de referință autorizate, aplicând formula:

TEZĂ DE DOCTORAT
HĂRȚĂU RAMONA - CARMEN

$$ER_i = CF_i \times T_i \quad (3)$$

Rezultatele calculelor efectuate pe baza formulei (3) sunt prezentate în Tabelul 17, care poate fi consultat în teză.

În continuare, a fost realizată o analiză comparativă a rezultatelor obținute pentru *Riscul Ecologic Individual de Poluare cu metale grele (ER_i)* în perioada 2011-2020 pe amplasamentul CET H Arad cu valorile de referință determinate în anul 2008, rezultatele fiind prezentate în Tabelul 18, care poate fi consultat în teză.

La final a fost calculat *Riscul Ecologic General de poluare (RI)* pe baza valorilor de referință legale (autorizate) pentru amplasamentul CET H Arad aplicând formula:

$$RI = \sum ER_i \quad (4)$$

Rezultatele sunt redate în Tabelul 20, prezentat în continuare:

Tabel 20. Rezultate obținute pentru Riscul Ecologic General de Poluare cu metale grele (RI) pe amplasamentul CET H Arad

Punct de prelevare	Profil de prelevare	Risc ecologic general de poluare cu metale grele (RI) calculat pe baza valorilor de referință legale			
Amplasament CET H Arad		cf. Raport amplasament CET H Arad Anul 2008	cf. AIM CET H Arad *OM 756/03.11.1997 pentru terenuri de folosință mai puțin sensibilă		
Zonă autorizată	Adâncime [cm]	Valoare determinată	Valoare normală	Prag de alertă	Prag de intervenție
		(RI)	(RI)	(RI)	(RI)
S3	10 cm	987,07	933,87	9421,97	20561,87
S3*	40 cm	1293,59			

Analizând datele anuale calculate pentru *Riscul Ecologic General de Poluare cu metale grele (RI)* pe amplasament, pe întreaga perioadă studiată, în comparație cu valorile de referință determinate în anul 2008, cu ocazia realizării *Raportului de amplasament* pentru obținerea autorizației integrate de mediu, am constatat că valorile determinate depășesc aceste valori de referință doar în două cazuri, din 10, și anume în anul 2020, la profilul de 10 cm adâncime, când a fost înregistrată valoarea de 1541,94 pentru *RI*, față de 987,07, valoare obținută în anul 2008.

A doua valoare depășită a fost înregistrată în anul 2018, la profilul de 40 cm adâncime, *RI* având o valoare egală cu 1323,96, față de 1293,59, valoare obținută în anul 2008. Procentul depășirilor nu este semnificativ, decât în primul caz.

Se poate concluziona că rezultatele obținute pentru RI indică valori care demonstrează în general o evoluție bună a stării solului în raport cu metalele grele din seria studiată, acești indicatori de calitate având valori care nu depășesc limitele autorizate, decât în două cazuri, când a fost depășit pragul de alertă în pentru cadmiu.

Din seria metalelor grele evaluate pe întreaga perioadă studiată, am constatat că pragul de alertă a fost depășit doar pentru Cd, în anul 2019, cu 18,20% la profilul de 10 cm adâncime, respectiv cu 1,20% la 40 cm adâncime, precum și în anul 2020, cu 8,00% la ambele profile de adâncime, pentru acest metal greu.

În cazul celorlalte metale grele nu s-au înregistrat depășiri peste pragul de alertă, toate valorile determinate încadrându-se în limitele admise. Rezultatele determinate au fost prezentate în Tabelul 11, care poate fi consultat în teză.

Riscul Ecologic General de Poluare (RI) cu metale grele este foarte redus, fapt deosebit de important și îmbucurător, având în vedere o activitate de 123 de ani de funcționare a centralei pe acest amplasament, prin arderea combustibililor fosili în instalații mari de ardere.

Rezultatele Indicelui (PLI) au indicat că majoritatea probelor se încadrează în limite normale, pentru terenurile industriale, respectiv pentru tipul de folosință mai puțin sensibilă. Detalii privind aceste rezultate pot fi consultate în Tabelul 15, inserat în teză.

Analizele de sol efectuate în anii 2020, 2021, 2022, 2023, au înregistrat valori care se încadrează în limitele admise, atât pentru cadmiu, cât și pentru celelalte metale grele monitorizate conform prevederilor AIM CET H Arad.

Perioada de studiu a cuprins anii 2011-2020. Rezultatele acestor analize se regăsesc în rapoartele anuale privind starea factorilor de mediu transmise de CET H Arad la APM Arad.

TEZĂ DE DOCTORAT
HĂRȚĂU RAMONA - CARMEN

Tabel 22. Rezultate obținute pentru Riscul Ecologic General de Poluare cu metale grele (RI) pe amplasamentul CET H Arad

Perioada 2011-2020		Rezultate valori determinate în perioada de studiu comparativ cu valorile de referință legale cf. *AIM CET H Arad (anul 2008)				
Valoare totală (RI)	Valoare medie (RI)	Valoare medie (RI)	Cea mai mică valoare anuală (RI)	Cea mai mare valoare anuală (RI)		
$\sum E_{Ri}$				Anul		Anul
S3 /10 cm adâncime 8650,47	865,05	< 12,36%	557,02	2012	1541,94	2020
S3*/40 cm adâncime 9829,8	982,99	< 23,83%	736,84	2019	1323,96	2018

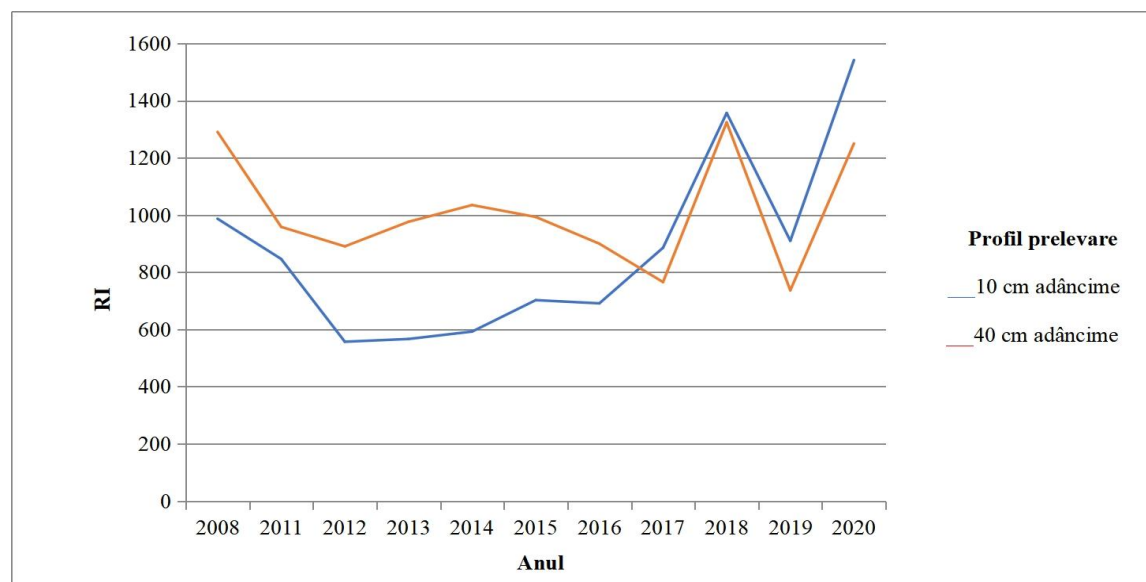


Figura 35. Rezultate RI obținute comparativ cu anul 2008

4.2.10. Concluzii privind concentrațiile de metale grele în sol pe amplasament

Concluzionând, indicatorii analizați se încadrează în limitele legale, cu excepția Cd, pentru care a fost depășit pragul de alertă în anii 2019 și 2020, la ambele puncte de prelevare. Se poate afirma că arderea combustibililor fosili în instalațiile centralei a contribuit într-o anumită măsură la acumularea de metale grele de-a lungul timpului în solul zonei investigate, dar a fost constatată o diminuare față de valorile de referință din anul 2008, valoarea medie a *Riscului general de poluare (RI)* în perioada 2011-2020 fiind mai mică cu 12,36%, pentru punctul S3, profilul de 10 cm adâncime, respectiv cu 23,83%, pentru punctul S3* corespunzător profilului de 40 cm adâncime.

Rezultatele indică în aria studiată riscuri minime legate de sursă pentru metalele grele, cu excepția Cd. Pentru Cd, procentul de valori normale este de 80%, înregistrându-se în perioada studiată un procent de 20% valori depășite la pragul de alertă și 0% valori pentru pragul de intervenție, cf. O.M. 756/03.11.1997 pentru terenuri de folosință mai puțin sensibilă.

Concentrația pentru Cd a fost depășită în anul 2019 cu 18,20% în punctul S3, la 10 cm adâncime, respectiv cu 1,20%, în punctul S3*, la 40 cm, iar în anul 2020 cu 8,00%, în cele două puncte, la fiecare profil de prelevare, valorile determinate depășind pragul de alertă.

Nu putem exclude, fără o cercetare științifică, posibilitatea unei contribuții externe din partea unei surse majore de poluare prezente în imediata vecinătate a zonei de prelevare, la aproximativ 15 m, aceasta fiind o arteră DN cu trafic auto intens, poziționată paralel cu latura longitudinală sudică a amplasamentului studiat. Acest dubiu ar trebui să determine tema unei cercetări viitoare.

Rezultatele indicelui *PLI* au indicat că majoritatea probelor se încadrează în limite admise, în raport cu tipul de folosință pentru terenurile industriale, de folosință mai puțin sensibilă, analiza rezultatelor obținute dovedind un impact minim asupra factorilor de mediu, în ceea ce privește metalele grele precum și existența minimă a riscurilor legate de sursă, în acest caz, CET H Arad.

Aceste rezultate sunt bune și demonstrează indirect faptul că, de-a lungul timpului, procesele de ardere au fost conduse eficient, cu randamente satisfăcătoare, chiar dacă în trecut, nu au existat echipamente de filtrare pentru poluanții emiși la coșurile IMA, acestea fiind montate relativ recent.

Datele analitice utilizate au fost colectate din documentele încărcate pe site-ul oficial al Agenției pentru Protecția Mediului Arad.

CAPITOLUL 5.

CONCLUZII GENERALE ȘI PERSPECTIVE

5.1. Concluzii generale

Rezultatele pentru *Indicele global de poluare cu metale grele (PLI)* au indicat că majoritatea probelor se încadrează în limite admise, în raport cu tipul de folosință pentru terenurile industriale, de folosință mai puțin sensibilă, analiza rezultatelor obținute dovedind un impact minim asupra factorilor de mediu, în ceea ce privește metalele grele precum și existența minimă a riscurilor legate de sursă, în acest caz, CET H Arad.

Aceste rezultate bune demonstrează indirect faptul că, de-a lungul timpului, procesele de ardere au fost conduse eficient, cu randamente satisfăcătoare, chiar dacă în trecut, nu au existat echipamente de filtrare pentru poluanții emiși la coșurile IMA, acestea fiind montate relativ recent.

Având în vedere că amplasamentul este situat într-o zonă centrală, cu o densitate mare de locuitori, rezultatele cercetării aduc contribuții la sănătatea și liniștea urbei, gradul de poluare a solului, cu metale grele, implicit și a altor factori de mediu fiind în limite normale.

Legea cere proprietarilor de terenuri și operatorilor să păstreze mediul sănătos și să plătească pentru daunele cauzate de poluare stabilește cadrul de reglementare al răspunderii de mediu, în scopul prevenirii și reparării prejudiciului adus mediului [337] .

Privind situația prin prisma acestor prevederi legale este foarte importantă cunoașterea stării de poluare a factorilor de mediu menționați anterior, în scopul prevenirii unor evenimente nedorite, cu impact negativ asupra mediului, dar și asupra activității centralei.

Înainte de toate, este importantă monitorizarea solului, în paralel cu monitorizarea subsolului, considerând unitară existența acestora.

Chiar dacă în urma cercetărilor efectuate rezultatele au indicat că pe amplasamentul CET H Arad nivelul de poluare este la un nivel minim, este obligatorie continuarea aplicării măsurilor existente pentru eliminarea/minimizarea emisiilor pe sol și în ape subterane.

Se poate afirma că arderea combustibililor fosili în instalațiile centralei a contribuit într-o anumită măsură la acumularea de metale grele (Cd), de-a lungul timpului, în solul sitului investigat.

Totuși, pentru *Riscul general de poluare (RI)* a fost constatată o diminuare față de valorile de referință din anul 2008, valoarea medie a acestuia, în perioada 2011-2020 fiind mai mică cu 12,36%, pentru punctul S3, profilul de 10 cm adâncime, respectiv cu 23,83%, pentru punctul S3* corespunzător profilului de 40 cm adâncime.

5.2. Perspective

În contextul unei dezvoltări durabile, conform legislației în vigoare, și având în vedere impactul potențial major pentru metale grele, sunt necesare studii și cercetări cu privire la găsirea unor soluții pentru protecția, prevenirea și combaterea poluării mediului înconjurător.

Concentrațiile de metale grele au înregistrat doar două depășiri la cadmiu, ca excepții, pe întreaga perioadă studiată, cuprinsă între anii 2011-2020.

Posibila contribuție antropică externă, datorată arterei intens circulate din vecinătatea sudică, constituie o nouă temă de cercetare, în viitor, în paralel cu studii de nivel de fond geochimic pentru metalele grele în solul Municipiului Arad, având în vedere că un asemenea studiu nu a fost făcut până la ora actuală.

Nu putem exclude, fără o cercetare științifică, posibilitatea unei contribuții externe din partea unei surse majore de poluare prezente în imediata vecinătate a zonei de prelevare, la aproximativ 15 m, aceasta fiind artera DN 7E cu trafic auto intens, poziționată în paralel cu latura longitudinală sudică a amplasamentului studiat. Acest dubiu ar trebui să determine tema unei cercetări viitoare.

Totodată, consider oportună, în perspectivă, o cercetare a metalelor grele din seria studiată pentru sol, și în bazinul atmosferic aparținător zonei de amplasament și vecinătăților arondate. În ultimii ani, și traficul aerian a cunoscut creștere accentuată, o posibilă contribuție nefiind exclusă.

Acest studiu științific este primul care a fost efectuat la CET H Arad, pentru evaluarea impactului activității și a riscului legat de sursă. Studiul a început în anul 2010, după ce societatea a fost reorganizată administrativ, prin scindare în două unități, noua societate înființată, CET H Arad, care a luat ființă în anul 2009, continuând monitorizările factorilor de mediu, respectiv monitorizările anuale la apele freatice și sol, din anul 2010.

Raționamentul de selecție a puțurilor este obligatoriu subordonat prevederilor existente în autorizațiile de funcționare emise de autoritățile de mediu pentru CET H Arad. Frecvența de prelevare, este prevăzută, de asemenea, în autorizațiile de funcționare, care prevăd, în cazul apelor freatice câte o prelevare anuală din probe momentane, pentru fiecare puț de control, din cele trei puțuri existente pe amplasament.

Operatorul are obligația să ia toate măsurile pentru o prevenire eficientă a poluării.

Precizăm că pe amplasamentul CET H Arad există doar 3 puțuri de control pentru apele freatice, acestea fiind PC1, PC2 și PC3. Prin urmare, criteriile de selecție pentru punctele de prelevare sunt subordonate prevederilor menționate în autorizațiile de funcționare ale CET H Arad, acestea fiind obligatorii.

Posibilitatea ca speciile de poluanți care sunt monitorizați să ajungă în apele subterane există doar dacă ar avea loc poluări accidentale la nivelul solului sau în Canalul Mureșel, emisarul de suprafață care traversează amplasamentul centralei, utilizat pentru descărcarea apelor tehnologice uzate, epurate corespunzător înainte de evacuare. În perioada studiată, cuprinsă între anii 2010-2020 pe amplasamentul CET H Arad nu au existat poluări accidentale.

Tendențele calității apelor freatice nu pot fi estimate, având în vedere influențele prezente pe amplasament, care nu au legătură cu emisiile centralei, respectiv cu activitatea tehnologică de producție.

Ar fi fost recomandabilă o analiză mai aprofundată a surselor de poluare și a tendințelor pe termen lung, abordând variațiile sezoniere, însă având în vedere dinamica accentuată a procesului de restructurare tehnologică majoră a întregii centrale, care este în plină desfășurare, în perioada efectuării studiului au existat prea multe variabile, care ar fi indus diverse interferențe, raportat la sursele de referință monitorizate.

În viitorul apropiat, instalațiile existente vor fi în întregime dezafectate, iar actuala centrală va mai funcționa doar până la punerea în funcțiune a noilor unități de producție, conform unui proiect de investiții, aflat în derulare. Data estimată pentru punerea în funcțiune a noilor capacități de producție este în luna iunie a anului 2026, pe amplasamentul existent.

Având în vedere aceste motive, recomand în perspectivă, stabilirea unui plan durabil de gestionare a calității acviferului freatic, bazat pe I^*_{GP} și prin evaluarea poluanților emergenți, în acord cu o legislație unitară pentru corpurile de apă freatică.

Legislația aplicabilă apelor freatice pe amplasamentele industriale în România include mai multe acte normative care reglementează protecția și gestionarea apelor subterane, însă nu prevede explicit valori admise pentru indicatorii de calitate monitorizați în acest studiu.

Obiectivul comun, la nivel european își propune să protejeze sursele esențiale de apă potabilă, reducând costurile de tratare prin reducerea poluării apelor de suprafață și subterane.

În cazul unităților industriale, autoritățile locale și naționale de mediu pot emite reglementări suplimentare sau cerințe specifice pentru anumite activități desfășurate. Companiile industriale au obligația să se conformeze tuturor acestor reglementări pentru a asigura protecția adecvată a apelor freatice pe amplasamentele lor. Pentru a arăta cât de importanți sunt în diferite sectoare industriale, poluanții potențiali proveniți din activitățile industriale pot fi grupați în mod convenabil pentru diferite industrii [273].

În cazul CET H Arad, pentru monitorizarea apelor freatice subterane, autoritatea de reglementare a prevăzut, în Autorizația de Gospodărire a Apelor, ca indicatori de calitate,

următorii parametri: *pH*, *Materii totale în suspensie*, *Reziduu fix la 105°C* și *Consum chimic de oxigen (CCO-Cr)*, care au fost preluați și în autorizația integrată de mediu de către autoritatea locală de mediu. Valorile admise pentru indicatorii de calitate prevăzuți în autorizații sunt valorile măsurate în momentul autorizării inițiale, acestea fiind conforme cu Buletinul de analize fizico-chimice, emis de Laboratorul chimic al CET H Arad, la data de 14.11.2008, care au fost considerate probe martor și referință legală, pentru determinările care se vor efectua ulterior [274].

În anul 2018, la expirarea Autorizației Integrate de Mediu (AIM), emisă în anul 2008, a fost solicitată o nouă autorizație. Autoritatea de mediu a solicitat un nivel istoric de referință, calculat pe baza valorilor medii anuale minime/ maxime, măsurate anterior la indicatorii de calitate, în perioada 2008-2017. A fost propus un domeniu de valori medii anuale calculat pentru această perioadă.

Apele de suprafață și apele subterane sunt principala sursă utilizată pentru obținerea apei potabile. Apele subterane reprezintă o sursă importantă deoarece, spre deosebire de apele de suprafață acestea sunt de regulă mai puțin sau deloc poluate și pot fi potabilizate cu măsuri minimale, uneori doar cu dezinfecție sau fără nici o prelucrare. [275]

Apele subterane prezintă parametri relativ constanți și se caracterizează prin conținut mineral și concentrație de CO₂ ridicate, însă de concentrație scăzută în oxigen [276].

Amplasamentul CET H Arad nu este zonă desemnată pentru captarea apei în scopul potabilizării, însă acviferul freatic aferent amplasamentului aparține corpului de apă subterană freatică ROMU20, iar cel de apă subterană de adâncime, corpului de apă subterană ROMU22, conform Autorizației de Gospodărire a Apelor CET H Arad. [260]

OM 621/2014, în care sunt prevăzute valorile admise la indicatorii de calitate pentru corpurile de ape subterane din România, nu prevede valori admise pentru acviferul freatic și nici nu conține prevederi pentru parametri *pH*, *Materii totale în suspenie*, *Reziduu fix la 105°C* și *CCO-Cr* [277].

Fiecare țară sau regiune dintr-o țară are propriile norme de calitate. Totuși, pe plan mondial se tinde spre o bază comună, rezultată din experiența și necesitățile tuturor. [278]

În acest sens, Organizația Mondială a Sănătății a emis și reeditează periodic directivele necesare iar organisme internaționale precum Uniunea Europeană, promovează și ele norme comune detaliat sau cel puțin orientative, cum este și Directiva privind calitatea apei destinate consumului uman [279]. În România, norma de calitate pentru apa potabilă în anii '80 a fost STAS 1342/84, iar în prezent, este STAS 1342/1991.

Apele freatice de pe amplasamentul CET H Arad, fac parte integrantă din corpul de apă ROMU20, acesta fiind un corp de apă subteran freatic care s-a format în partea superioară a conului aluvionar al râului Mureș, în depozite având o suprafață de 2222,68 km², pe teritoriul românesc. [261]

Precipitațiile care cad pe toată suprafața conului aluvionar și infiltrațiile din râul Mureș alimentează acviferul freatic. Râul contribuie cu un debit de 640 l/s la alimentarea acviferului pe o lungime de 16 km între localitățile Păuliș și Arad, conform studiilor cu foraje efectuate de ISPIF București (Institutul Național de Cercetare – Dezvoltare pentru Îmbunătățiri Funciare București) în albia Mureșului. [261]

Conform evaluării multianuale realizate de Administrația Națională “Apele Române” în anul 2021, redată în documentul „Sinteza calității apelor din România în perioada 2018 – 2020 în perioada 2018–2020, au fost monitorizate și evaluate 141 de corpuri de apă subterană [283]. Evaluările individuale au inclus și corpul de apă subterană ROMU20, care aparține de Bazinul Hidrografic Mureș (ROMU22), și din care fac parte și apele freatice aferente amplasamentului CET H Arad.

Între anii 2018 și 2020, douăzeci de foraje hidrogeologice care fac parte din corpul ROMU20 au fost monitorizate. Conform metodologiei de evaluare corpul de apă subterană de medie adâncime ROMU22 a fost încadrat în starea chimică bună însă, corpul de apă freatică ROMU20 a fost încadrat în stare chimică slabă. [283]

Având în vedere acest rezultat, putem deduce că alimentarea corpului de apă freatică ROMU20, implicit a acviferului aferent amplasamentului, nu se face cu o apă de calitate, prin urmare ar exista posibilitatea de afectare a calității apelor freatice din perimetrul studiat, într-o anumită măsură, și prin această contribuție, la rezultatul *Indicelui Global de Poluare (I*_{GP})* care indică în procent de 93,94% efecte corelate cu starea de disconfort pentru formele de viață, în acviferul freatic cantonat pe amplasamentul CET H Arad, în raport cu valorile admise prevăzute în autorizația de gospodărire a apelor, respectiv în autorizația integrată de mediu. Ar fi oportun un studiu comparativ, cu calitatea corpului de apă freatică ROMU20, în amonte și în aval, pentru a exclude o posibilă influență contributivă.

CET H Arad se află într-un proces major de re tehnologizare, care a început în anul 2010 cu dezafectări de instalații, inclusiv instalații de ardere, și care, continuă în prezent, cu construirea unor unități de producție noi, performante, pe același amplasament.

Analizarea stării calitative a apelor subterane freatice din arealul cercetat, a fost unul din obiectivele stabilite pentru evaluarea impactului activității CET H Arad asupra calității apelor subterane cantonate în stratul acvifer freatic, în scopul elaborării unor măsuri de

prevenire a poluării apelor subterane și de asigurare a calității acestora prin implementarea unui program de management al apei la nivelul CET H Arad, în viitorul apropiat.

Această lucrare adăugă informații care se pliază pe îndeplinirea obiectivelor de mediu prevăzute de legislativul european pentru apele subterane, care cuprind și apele freatice.

Obiectivul principal al Directivei Cadru Apa a fost obținerea unei „stări de bine” pentru toate corpurile de apă subterană, pornind de la datele existente cu privire la calitatea corpurilor de apă subterană din zona studiată..

CET H Arad prezintă pe amplasament o stare de poluare cu disconfort pentru formele de viață, în raport cu apa destinată consumului uman, aflată însă, în limite acceptabile în raport cu tipul de obiectiv industrial, privind calitatea apelor freatice aferente amplasamentului.

Comparativ cu nivelul istoric al CET H Arad, corespunzător perioadei 2008-2017, se poate concluziona că nu s-a înregistrat accentuarea semnificativă a stării de poluare pentru apele freatice pe amplasament, având în vedere că predomină valori în limitele admise, în procent de 78,79%.

Totuși, ținând cont de caracterul predominant al valorile depășite înregistrate pentru *Indicele Global de Poluare (I^*_{GP})*, în raport cu valorile autorizate admise, și care corespund efectului de disconfort pentru formele de viață, precum și de faptul că apele freatice de pe amplasamentul CET H fac parte din corpul de apă freatică ROMU20, respectiv de apă subterană ROMU22, care în aval sunt utilizate ca surse pentru potabilizare ar fi indicată realizarea și implementarea unui plan de management durabil al apei.

Urmărirea dispersiei poluanților în jurul sursei de poluare se poate trasa estimativ în perimetrul zonei în interiorul căreia pot fi necesare măsuri de depoluare.

Consider că, în viitor ar fi oportună realizarea unui studiu pentru evaluarea calității apelor freatice pe amplasament, dar și în afara perimetrului CET H Arad, în amonte și aval, considerând ca referențial legislația privind aprobarea valorilor prag pentru apele subterane din România, care include și metalele grele din seria studiată în sol.

Totodată, deoarece zona studiată este susceptibilă la contaminarea cu metale grele, ar fi recomandabilă și monitorizarea metalelor grele din apele freatice, considerând potrivită și necesară o lucrare de monitorizare unitară a indicatorilor de calitate la apele freatice și sol, cunoscând relația de influență directă și reciprocă între acești factori de mediu.

Având în vedere o funcționare de 123 de ani, până în anul 2020, pe același amplasament, cu același obiect de activitate, respectiv arderea combustibililor fosili în instalații mari de ardere, CET H Arad a înregistrat rezultate care au demonstrat un impact

minor asupra mediului, care validează un management de bună calitate, privind activitatea de producție și cea de protecție a mediului.

Construirea unor noi unități de producție pe același amplasament este în desfășurare, iar tehnologiile performante care vor fi implementate, conform unui proiect ambițios, vor continua activitatea de producție termică și electrică, pentru un viitor sustenabil, care să satisfacă nevoile clienților, cu prețuri reduse la energia furnizată și confort sporit în locuințe.

Totodată, se va reduce semnificativ nivelul de emisii în aer, ape și sol, riscul de poluări accidentale și implicit impactul activității sursei CET Hidrocarburi Arad asupra mediului.

CET Hidrocarburi Arad este una dintre puținele centrale din țara noastră, care a rezistat de-a lungul timpului, scriind istorie în analele electrotehnicii românești, timp de 127 de ani. La data redactării prezentei lucrări, speranțele și truda colectivului dedicat acestei centrale, a adus roade mult așteptate, unitățile noi de producție fiind în curs de montare pe poziții, conform proiectului care se implementează pe vechiul amplasament, la finalizarea căruia, CET H Arad practic, va renaște, devenind o nouă centrală, modernă și performantă.



Figura 37. Șantier CET H Arad

Montarea primului cazan nou, noiembrie 2024 [339]

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- [1] Asif, M., & Muneer, T., Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. *Renewable and sustainable energy reviews* **2007**, 11(7), 1388-1413;
- [2] Moțoiu, C., Țuțuianu, O. *Limitarea impactului asupra mediului înconjurător prin termoficare*. Raport IV.1 la Sesiunea științifică a Comisiei energetice a Academiei Române București, 16-17.12.1993;
- [3] Leca, A, Cremenescu, Cr. *Serviciul public de încălzire centralizată. Propuneri de eficientizare*. Editura AGIR, București, **2010**;
- [4] Stăncescu, I.D. *Bazele tehnice și economice ale termoficării*. Editura Tehnică, București (ediția I-a, 1961; ediția a II-a, **1967**);
- [5] Mărunțalu, O., Lăzăroiu, G., & Bondrea, D. A., A mathematical model for air pollutants dispersion emitted by fuel combustion. *UPB Sci. Bull.*, Series D, **2015**, 77 (4), 229-236;
- [6] Leca, A., Mușatescu, V., Paraschiv, D.M., Voicu-Dorobanțu, R., Marinoiu, A.M. *Concluzii și propuneri de măsuri în vederea adaptării economiei românești la cerințele pachetului legislativ energie-schimbări climatice*. EMERG VI, Editura AGIR, București, **2009**;
- [7] Kabir E, Ray S, Kim KH, Yoon HO, Jeon EC, Kim YS, Cho YS, Yun ST, Brown RJ. Current status of trace metal pollution in soils affected by industrial activities. *ScientificWorldJournal* **2012**;
- [8] Amiard JC, Amiard-Triquet C, Méayer C. Experimental study of bioaccumulation, toxicity, and regulation of some trace metals in various estuarine and coastal organisms. In: Salanki J, editor. In: *Proceedings of the Symposium on Heavy Metals in Water Organisms*; **1995**; Budapest, Hungary. Akademiai Kiado; pp. 313–324;
- [9] Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. Heavy metal toxicity and the environment. *Exp Suppl.* **2012**, 101:133-64;
- [10] Adriano, D.C., Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals. 2nd Edition, *Springer* **2001**, New York, 867;
- [11] Briffa J, Sinagra E, Blundell R. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*, **2020** Sep 8;6(9):e04691;
- [13] https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2021-0143_RO.html;
- [14] IGRAC - Global Groundwater Centre, *Feedback on the Draft Updated Strategies for Monitoring and Assessment of Transboundary Rivers, Lakes and Groundwaters*, Expert Meeting on Monitoring, Assessment and Data Exchange UNECE, 13-14 April **2022**;

- [22] Amador Durán-Sánchez, José Álvarez-García, María de la Cruz del Río-Rama, Sustainable Water Resources Management: A Bibliometric Overview, *Water* **2018**, Vol. 10. 1191; 10 3390/w10091191;
- [29] Zeydalinejad N. An overview of the methods for evaluating the resilience of groundwater systems. *MethodsX*, **2023**, 10:102134;
- [30] Zhou B, Wang H, Zhang Q. Assessment of the Evolution of Groundwater Chemistry and Its Controlling Factors in the Huangshui River Basin of Northwestern China, Using Hydrochemistry and Multivariate Statistical Techniques. *Int J Environ Res Public Health*, **2021**, 18(14):7551;
- [33] Alcamo, J., Flörke, M., Märker, M., Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climate changes. *Hydrol. Sci. J.* **2007**, 52, 247-275;
- [39] Davamani V, John JE, Poornachandhra C, Gopalakrishnan B, Arulmani S, Parameswari E, Santhosh A, Srinivasulu A, Lal A, Naidu R. A Critical Review of Climate Change Impacts on Groundwater Resources: A Focus on the Current Status, Future Possibilities, and Role of Simulation Models. *Atmosphere* **2024**, 15(1):122;
- [40] Scanlon, B.R., Fakhreddine, S., Rateb, A. et al. Global water resources and the role of groundwater in a resilient water future. *Nat Rev Earth Environ* **2023**, 4, 87–101;
- [43] Wada, Y. et al. Global depletion of groundwater resources. *Geophys. Res. Lett.* **2010**, 37, L20402;
- [48] Mekonnen, M. M. & Hoekstra, A. Y. Four billion people facing severe water scarcity. *Sci. Adv.* **2016**;
- [49] EEA (Agenția Europeană de Mediu) <https://www.eea.europa.eu/publications/europes-groundwater>;
- [50] Burri NM, Weatherl R, Moeck C, Schirmer M. A review of threats to groundwater quality in the anthropocene. *Sci Total Environ.* **2019** Sep 20;684:136-154;
- [53] Galloway, J. N., Townsend, A. R., Erisman, J. W., Bekunda, M., Cai, Z., Freney, J. R., ... & Sutton, M. A., Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. *Science* **2008**, 320(5878), 889-892;
- [54] L. Wang, M.E. Stuart, M.A. Lewis, R.S. Ward, D. Skirvin, P.S. Naden, A.L. Collins, M.J. Ascott, The changing trend in nitrate concentrations in major aquifers due to historical nitrate loading from agricultural land across England and Wales from 1925 to 2150, *Science of The Total Environment, Part A* **2016**, Volume 542, Pages 694-705;

- [55] Mercedes Arauzo, Vulnerability of groundwater resources to nitrate pollution: A simple and effective procedure for delimiting Nitrate Vulnerable Zones, *Science of The Total Environment* **2017**, Volume 575, Pages 799-812;
- [57] Savino F, Maccario S, Migliore G, Oggero R, Silvestro L. Blue baby syndrome. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* **2002**, 34(5):563, 573;
- [62] Nicole Baran, Annette Elisabeth Rosenbom, Ronald Kozel, Dan Lapworth, Pesticides and their metabolites in European groundwater: Comparing regulations and approaches to monitoring in France, Denmark, England and Switzerland, *Science of The Total Environment* **2022**, Volume 842, 156696;
- [63] Frank A. Swartjes, Monique Van der Aa, Measures to reduce pesticides leaching into groundwater-based drinking water resources: An appeal to national and local governments, water boards and farmers, *Science of The Total Environment* **2020**, Volume 699, 134186;
- [64] Aourel Mauffret, Nicole Baran, Catherine Joulain, Effect of pesticides and metabolites on groundwater bacterial community, *Science of The Total Environment* **2017**, Volume 576, Pages 879-887;
- [65] Arun Lal Srivastav, Chapter 6 - Chemical fertilizers and pesticides: role in groundwater contamination, Editor(s): Majeti Narasimha Vara Prasad, *Agrochemicals Detection, Treatment and Remediation*, Butterworth-Heinemann **2020**, Pages 143-159;
- [75] Kaushal, S.S., Likens, G.E., Pace, M.L. et al. Freshwater salinization syndrome: from emerging global problem to managing risks. *Biogeochemistry* **2021**, 154, 255–292;
- [76] Abby Hileman, Salt Pollution in Our Fresh Water: A Costly Crisis for Human Health, Infrastructure and Aquatic Life, *Nature Reviews Earth & Environment* **2023**;
- [81] JONES, B. F., et al. Geochemical investigations. In: *Seawater intrusion in coastal aquifers—concepts, methods and practices*. Dordrecht: Springer Netherlands, **1999**. p. 51-71;
- [82] Xie, X., Shi, J., Pi, K., Deng, Y., Yan, B., Tong, L., ... & Jiang, G. Groundwater quality and public health. *Annual Review of Environment and Resources* **2023**, 48(1), 395-418;
- [83] Franziska Genter, Juliet Willetts, Tim Foster, Faecal contamination of groundwater self-supply in low- and middle income countries: Systematic review and meta-analysis, *Water Research*, **2021**, Volume 201, 117350;
- [90] Lapworth DJ, Baran N, Stuart ME, Ward RS. Emerging organic contaminants in groundwater: A review of sources, fate and occurrence. *Environ Pollut* **2012**, 163:287-303;

- [91] Pal A, He Y, Jekel M, Reinhard M, Gin KY. Emerging contaminants of public health significance as water quality indicator compounds in the urban water cycle. *Environ Int.* **2014**, 71:46-62;
- [92] Ritter L, Solomon K, Sibley P, Hall K, Keen P, Mattu G, Linton B. Sources, pathways, and relative risks of contaminants in surface water and groundwater: a perspective prepared for the Walkerton inquiry. *J Toxicol Environ Health A.* **2002**, 65(1):1-142;
- [93] Diana Montes-Grajales, Mary Fennix-Agudelo, Wendy Miranda-Castro, Occurrence of personal care products as emerging chemicals of concern in water resources: A review, *Science of The Total Environment* **2017**, 595, Pages 601-614;
- [94] Colmenarejo Calero E, Kovač Viršek M, Mali N. Microplastics in Groundwater: Pathways, Occurrence, and Monitoring Challenges. *Water* **2024**, 16(9):1228;
- [95] Balestra, V.; Vigna, B.; de Costanzo, S.; Bellopede, R. Preliminary investigations of microplastic pollution in karst systems, from surface watercourses to cave waters. *J. Contam. Hydrol.* **2023**, 252, 104117;
- [96] Marco Antonellini, Alessia Nannoni, Bartolomeo Vigna, Jo De Waele, Structural control on karst water circulation and speleogenesis in a lithological contact zone: The Bossea cave system (Western Alps, Italy), *Geomorphology* **2019**, 345, 106832;
- [103] Wu, WY., Lo, MH., Wada, Y. et al. Divergent effects of climate change on future groundwater availability in key mid-latitude aquifers. *Nat Commun*, **2020**, 11, 3710;
- [104] Trenberth, K. E. Changes in precipitation with climate change. *Clim. Res.*, **2011**, 47, 123–138;
- [105] Fisher, J. B. *et al.* The future of evapotranspiration: Global requirements for ecosystem functioning, carbon and climate feedbacks, agricultural management, and water resources. *Water Resources Research* **2017**, 53, 2618–2626;
- [106] Zeng, Z. et al. Impact of earth greening on the terrestrial water cycle. *Journal of Climate* **2018**, 31, 2633–2650;
- [115] Jasechko S, Seybold H, Perrone D, Fan Y, Shamsudduha M, Taylor RG, Fallatah O, Kirchner JW. Rapid groundwater decline and some cases of recovery in aquifers globally. *Nature* **2024**, 625(7996):715-721;
- [117] Li P, Karunanidhi D, Subramani T, Srinivasamoorthy K. Sources and Consequences of Groundwater Contamination. *Arch Environ Contam Toxicol.*, **2021**, 80(1):1-10;
- [118] Postigo C, Barceló D. Synthetic organic compounds and their transformation products in groundwater: occurrence, fate and mitigation. *Sci Total Environ.* **2015**, 503-504:32-47;

- [123] Khezami F, Gómez-Navarro O, Barbieri MV, Khiari N, Chkirbene A, Chiron S, Khadhar S, Pérez S. Occurrence of contaminants of emerging concern and pesticides and relative risk assessment in Tunisian groundwater. *Sci Total Environ.* **2024**, 906:167319;
- [125] Alcaine, A. A., Schulz, C., Bundschuh, J., Jacks, G., Thunvik, R., Gustafsson, J. P., Morth, C. M., Sracek, O., Ahmad, A., & Bhattacharya, P. Hydrogeochemical controls on the mobility of arsenic, fluoride and other geogenic co-contaminants in the shallow aquifers of northeastern La Pampa Province in Argentina. *The Science of the Total Environment*, **2020**, 715, 136671;
- [126] Abdel-Azeem, A. M., Abdel-Moneim, T. S., Ibrahim, M. E., Saleh, M. Y., & Abdel-Moneim, S., Microbiological and physicochemical analysis of groundwater and its biological effect on population in Saint Katherine Protectorate, Egypt. *Thirteen International Water Technology Conference* **2009**, IWTC 13 13, 1491–1513;
- [127] Joel Podgorski, Dahyann Araya, Michael Berg, Geogenic manganese and iron in groundwater of Southeast Asia and Bangladesh – Machine learning spatial prediction modeling and comparison with arsenic, *Science of The Total Environment*, **2022**, Volume 833, 155131;
- [128] Shankar S, Shanker U, Shikha. Arsenic contamination of groundwater: a review of sources, prevalence, health risks, and strategies for mitigation. *ScientificWorldJournal.* **2014**, 2014:304524;
- [129] Podgorski J, Berg M. Global threat of arsenic in groundwater. *Science* **2020**, 22;368(6493):845-850;
- [130] Santra S. C., Samal A. C., Bhattacharya P., Banerjee S., Biswas A., Majumdar J. Arsenic in foodchain and community health risk: a study in gangetic west Bengal. *Procedia Environmental Sciences.* **2013**;18:2–13;
- [132] Podgorski, J., Berg, M. Global analysis and prediction of fluoride in groundwater. *Nat Commun* **2022**, 13, 4232;
- [133] Chowdhury CR, Khijmatgar S, Chowdhury A, Kumari P D, Lynch E, Gootveld M. Radionuclide activity concentration in soil, granites and water in a fluorosis endemic area of India: An oral health perspective. *J Oral Biol Craniofac Res.* **2020**, 10(3):259-262;
- [134] Ma Lilia. A Juárez-López, Rafael Huízar-Álvarez, Nelly Molina-Frechero, Francisco Murrieta-Pruneda, Yazmin Cortés-Aguilera, Fluorine in Water and Dental Fluorosis in a Community of Queretaro State Mexico, *Journal of Environmental Protection* **2011**, 2, 6;
- [135] Handa B. Geochemistry and genesis of fluoride-containing ground waters in India. *Groundwater* **1975**, 13:275–281;

- [138] Zhai Y, Cao X, Xia X, Wang B, Teng Y, Li X. Elevated Fe and Mn Concentrations in Groundwater in the Songnen Plain, Northeast China, and the Factors and Mechanisms Involved. *Agronomy* **2021**, 11(12):2392;
- [139] Lee, W.S., Aziz, H.A., Akbar, N.A., Wang, M.H.S., Wang, L.K., Removal of Fe and Mn from Groundwater. In: Wang, L.K., Wang, M.H.S., Hung, Y.T. (eds) Industrial Waste Engineering. *Handbook of Environmental Engineering*, **2023**. vol 28. Springer;
- [140] Gordeuk VR. African iron overload. *Semin Hematol.* **2002**, 39(4):263-9;
- [141] Kotze MJ, de Villiers JN, Warnich L, Schmidt S, Carr J, Mansvelt E, Fourie E, van Rensburg SJ. Lack of clinical manifestation of hereditary haemochromatosis in South African patients with multiple sclerosis. *Metab Brain Dis.* **2006**, 21(2-3):109-20;
- [142] Manganese in drinking-water. *Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality WHO/HEP/ECH/WSH/2021.5*;
- [143] Li J, Jia Y, Dong R, Huang R, Liu P, Li X, Wang Z, Liu G, Chen Z. Advances in the Mechanisms of Plant Tolerance to Manganese Toxicity. *Int J Mol Sci.* **2019**, 20(20):5096;
- [144] De la Luz Mora M., Rosas A., Ribera A., Rengel Z. Differential tolerance to Mn toxicity in perennial ryegrass genotypes: Involvement of antioxidative enzymes and root exudation of carboxylates. *Plant Soil* **2009**, 320:79–89;
- [145] Tumolo M, Volpe A, Leone N, Cotugno P, De Paola D, Losacco D, Locaputo V, de Pinto MC, Uricchio VF, Ancona V. Enhanced Natural Attenuation of Groundwater Cr(VI) Pollution Using Electron Donors: Yeast Extract vs. Polyhydroxybutyrate. *Int J Environ Res Public Health* **2022**, 19(15):9622;
- [146] Huaming Guo, Chao Liu, Song Yan, Jiahong Yin, Jun Shan, Source, distribution, and geochemical processes of geogenic high chromium groundwater around the world: A critical review, *Journal of Hydrology* **2024**, Volume 638, 131480;
- [147] Chromium in Drinking-water, Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality; Originally published in Guidelines for drinking-water quality, 2nd ed. **1996**, Vol. 2. *Health criteria and other supporting information*. World Health Organization, Geneva,;
- [148] Samad, O., Baydoun, R., Nsouli, B. and Darwish T., Determination of natural and artificial radioactivity in soil at North Lebanon province. *Journal of Environmental Radioactivity* **2013**;
- [150] Seiler R. (210)Po in drinking water, its potential health effects, and inadequacy of the gross alpha activity MCL. *Sci Total Environ.* **2016**, 568:1010-1017;

- [154] Yael Kiro, Yishai Weinstein, Abraham Starinsky, Yoseph Yechieli, Application of radon and radium isotopes to groundwater flow dynamics: An example from the Dead Sea, *Chemical Geology* **2015**, *Volume 411*, Pages 155-171;
- [155] Meagan Eagle Gonneea, Paul J. Morris, Henrieta Dulaiova, Matthew A. Charette, New perspectives on radium behavior within a subterranean estuary, *Marine Chemistry* **2008**, *Volume 109*, Issues 3–4, Pages 250-267;
- [165] Brian J. Alloway, Heavy Metals in Soils. Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability, *Springer Dordrecht*, **2012**;
- [170] I. Thornton. *Metals in the Global Environment—Facts and Misconceptions*, ICME, Ottawa **1995**;
- [173] A. D. McNaught and A. Wilkinson. *Compendium of Chemical Terminology*, IUPAC Recommendations 2nd ed. **1997**, Blackwell Science, Oxford;
- [174] R. Grant and C. Grant (Eds.). *Grant and Hackh's Chemical Dictionary* **1987**, McGraw-Hill, New York;
- [176] D. A. Phipps. Chemistry and biochemistry of trace metals in biological systems, Effect of Heavy Metal Pollution on Plants, N. W. Lepp (Ed.), *Applied Science Publishers*, Barking **1981**. 4. G. W. VanLoon and S. J. Duffy. Environmental Chemistry: A global perspective. Oxford University Press, Oxford (2000);
- [177] E. Nieboer and D. H. S. Richardson. *Environ. Pollut. (Series B)*, 1, 3, **1980**;
- [178] R. L. Bates and J. A. Jackson (Eds.). *Glossary of Geology*, 3rd ed., **1987**, American Geological Institute, Alexandria, VA;
- [179] D. A. Phipps. *Metals and Metabolism*, Oxford University Press, Oxford, **1976**;
- [180] Zhang H, Wu D. The Impact of Agricultural Factor Inputs, Cooperative-Driven on Grain Production Costs. *Agriculture* **2023**; 13(10):1952;
- [181] Wan Y, Liu J, Zhuang Z, Wang Q, Li H. Heavy Metals in Agricultural Soils: Sources, Influencing Factors, and Remediation Strategies. *Toxics* **2024**, 12(1):63;
- [182] Alengebawy A, Abdelkhalek ST, Qureshi SR, Wang MQ. Heavy Metals and Pesticides Toxicity in Agricultural Soil and Plants: Ecological Risks and Human Health Implications. *Toxics* **2021**, 9(3):42;
- [183] Salar Rezapour, A. Samadi, Ioannis K. Kalavrouziotis, N. Ghaemian, Impact of the uncontrolled leakage of leachate from a municipal solid waste landfill on soil in a cultivated-calcareous environment, *Waste Management*, *Volume 82*, **2018**, Pages 51-61;
- [184] Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. Heavy metal toxicity and the environment. *Exp Suppl.* **2012**, 101:133-64;

- [185] Shamshad Khan, Mu. Naushad, Eder C. Lima, Shengxin Zhang, Sabry M. Shaheen, Jörg Rinklebe, Global soil pollution by toxic elements: Current status and future perspectives on the risk assessment and remediation strategies – A review, *Journal of Hazardous Materials* **2021**, Volume 417, 126039;
- [186] Shetty SS, D D, S H, Sonkusare S, Naik PB, Kumari N S, Madhyastha H. Environmental pollutants and their effects on human health. *Heliyon* **2023**, 9(9):e19496;
- [193] Cristina B.B. Guerreiro, Valentin Foltescu, Frank de Leeuw, Air quality status and trends in Europe, *Atmospheric Environment* **2014**, Volume 98, Pages 376-384;
- [194] Lanphear BP, Hornung R, Khoury J, Yolton K, Baghurst P, Bellinger DC, Canfield RL, Dietrich KN, Bornschein R, Greene T, Rothenberg SJ, Needleman HL, Schnaas L, Wasserman G, Graziano J, Roberts R. Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: an international pooled analysis. *Environ Health Perspect* **2005**, 113(7):894-9;
- [195] M Samuel Collin, Senthil Kumar Venkatraman, Naveensubramaniam Vijayakumar, V Kanimozhi, S Muhammad Arbaaz, R G Sibiya Stacey, Jogannagari Anusha, Rajan Choudhary, Vladislav Lvov, Gabriel Ibrahim Tovar, Fedor Senatov, Sivasankar Koppala, Sasikumar Swamiappan, Bioaccumulation of lead (Pb) and its effects on human: A review, *Journal of Hazardous Materials Advances* **2022**, Volume 7, 100094;
- [196] Regulamentul nr. 1009/2019 de stabilire a normelor privind punerea la dispoziție pe piață a produselor fertilizante UE și de modificare a Regulamentelor (CE) nr. 1069/2009 și (CE) nr. 1107/2009 și de abrogare a Regulamentului (CE) nr. 2003/2003 (Text cu relevanță pentru SEE) Număr celex: 32019R1009;
- [197] E. Gament, Reciclarea nămolurilor de epurare în agricultură: o critică asupra necesităților și efectelor, *Volumul lucrărilor Simpozionului Internațional „Mediul - Cercetare, Protecție și Gestiune”*, Universitatea „Babeș-Bolyai”. Cluj-Napoc: Ed. Presa Universitară Clujeană, **2003**, p. 487-490;
- [198] ***Directiva 2004/107/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 15 decembrie 2004 privind arsenicul, cadmiul, mercurul, nichelul și hidrocarburile aromatice policiclice în aerul înconjurător;
- [199] Yu M-H, Tsunoda H, Tsunoda M. *Biological and Health Effects of Pollutants. Third Edition*. Environmental toxicology. Boca Raton, London, New York: Taylor & Francis Group, CRC Press, **2011**;

- [200] Nishijo M, Nakagawa H, Suwazono Y, Nogawa K, Kido T. Causes of death in patients with Itai-itai disease suffering from severe chronic cadmium poisoning: a nested case-control analysis of a follow-up study in Japan. *BMJ Open*. **2017**, 7(7):e015694;
- [202] Abernathy CO, Thomas DJ, Calderon RL. Health effects and risk assessment of arsenic. *J Nutr*. **2003**, 133(5 Suppl 1):1536S-8S;
- [206] Klaudia Jomova, Marianna Makova, Suliman Y. Alomar, Saleh H. Alwasel, Eugenie Nepovimova, Kamil Kuca, Christopher J. Rhodes, Marian Valko, Essential metals in health and disease, *Chemico-Biological Interactions* **2022**, Volume 367, 110173;
- [207] M.A. Zoroddu, J. Aaseth, G. Crisponi, S. Medici, M. Peana, V.M. Nurchi The essential metals for humans: a brief overview *J. Inorg. Biochem*. **2019**, 195, pp. 120-129;
- [208] Jan AT, Azam M, Siddiqui K, Ali A, Choi I, Haq QM. Heavy Metals and Human Health: Mechanistic Insight into Toxicity and Counter Defense System of Antioxidants. *Int J Mol Sci*. **2015**, 16(12):29592-630;
- [209] Harishkumar Madhyastha, Balachandar Vellingiri, Alex George, Abilash Valsala Gopalakrishnan, Molecular mechanism of heavy metals (Lead, Chromium, Arsenic, Mercury, Nickel and Cadmium) - induced hepatotoxicity – A review, *Chemosphere* **2021**, Volume 271129735;
- [210] Zhang B, Zhou X, Ren X, Hu X, Ji B. Recent Research on Municipal Sludge as Soil Fertilizer in China: a Review. *Water Air Soil Pollut*. **2023**, 234(2):119;
- [211] Munoz, G., Michaud, A. M., Liu, M., Vo Duy, S., Montenach, D., Resseguier, C., et al., Target and nontarget screening of PFAS in biosolids, composts, and other organic waste products for land application in France. *Environ. Sci. Technol*. **2022**, 56 (10), 6056–6068;
- [212] Patel AB, Shaikh S, Jain KR, Desai C, Madamwar D. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Sources, Toxicity, and Remediation Approaches. *Front Microbiol*. **2020**, 11:562813;
- [213] Kartalović B, Mastanjević K, Novakov N, Vranešević J, Ljubojević Pelić D, Puljić L, Habschied K. Organochlorine Pesticides and PCBs in Traditionally and Industrially Smoked Pork Meat Products from Bosnia and Herzegovina. *Foods* **2020**, 9(1):97;
- [214] Muhammad Adnan, Baohua Xiao, Muhammad Ubaid Ali, Peiwen Xiao, Peng Zhao, Haiyan Wang, Shaheen Bibi, Heavy metals pollution from smelting activities: A threat to soil and groundwater, *Ecotoxicology and Environmental Safety* **2024**, Volume 274, 116189;
- [215] Huang X, Hu J, Qin F, Quan W, Cao R, Fan M, Wu X. Heavy Metal Pollution and Ecological Assessment around the Jinsha Coal-Fired Power Plant (China). *Int J Environ Res Public Health* **2017**, 14(12):1589;

- [216] Elizabeth A.B. Emmert, Samuel B. Geleta, Chelsi M. Rose, Gloria E. Scho-Ahiabile, Ashley E. Hawkins, Keirsten T. Baker, Amanda S. Evans, Mercedes E. Harris, Abigayle C. Mrozinski, Michael E. Folkoff, Philip D. Anderson, Christopher H. Briand, Effect of land use changes on soil microbial enzymatic activity and soil microbial community composition on Maryland's Eastern Shore, *Applied Soil Ecology* **2021**, Volume 161, 103824;
- [217] Szili-Kovács T, Takács T. Microbial Biomass and Rhizosphere Soil Properties in Response to Heavy Metal-Contaminated Flooding. *Agriculture* **2024**, 14(5):756;
- [219] Humberto Aponte et al, Meta-analysis of heavy metal effects on soil enzyme activities, *The Science of The Total Environment* **2020**, 737:139744;
- [220] Angulo-Bejarano PI, Puente-Rivera J, Cruz-Ortega R. Metal and Metalloid Toxicity in Plants: An Overview on Molecular Aspects. *Plants (Basel)* **2021**, 10(4):635;
- [221] Singh S, Parihar P, Singh R, Singh VP, Prasad SM. Heavy Metal Tolerance in Plants: Role of Transcriptomics, Proteomics, Metabolomics, and Ionomics. *Front Plant Sci.* **2016**, 6:1143;
- [226] Zinia Haidar, Kaniz Fatema, Sabrina Samad Shoily, Abu Ashfaque Sajib, Disease-associated metabolic pathways affected by heavy metals and metalloid, *Toxicology Reports* **2023**, Volume 10, Pages 554-570;
- [229] Adamse P., Van der Fels-Klerx H., de Jong J. Cadmium, lead, mercury and arsenic in animal feed and feed materials—trend analysis of monitoring results. *Food Addit. Contam.* **2017**, 34 (8), 1298–1311;
- [234] Guo P, Xu X, Huang B, Sun D, Zhang J, Chen X, Zhang Q, Huo X, Hao Y. Blood lead levels and associated factors among children in Guiyu of China: a population-based study. *PLoS One.* **2014** Aug 19;9(8):e105470;
- [235] Chao Su, LiQin Jiang, WenJun Zhang, A review on heavy metal contamination in the soil worldwide: Situation, impact and remediation techniques, *Environmental Skeptics and Critics* **2014**, 3(2): 24-38;
- [236] Jaishankar M, Tseten T, Anbalagan N, Mathew BB, Beeregowda KN. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdiscip Toxicol.* **2014**, 7(2):60-72;
- [237] Pounds JG, Long GJ, Rosen JF. Cellular and molecular toxicity of lead in bone. *Environ Health Perspect.* **1991**, 91:17-32;
- [238] Kim HS, Kim YJ, Seo YR. An Overview of Carcinogenic Heavy Metal: Molecular Toxicity Mechanism and Prevention. *J Cancer Prev.* **2015**, 20(4):232-40;

- [241] Rashid A, Schutte BJ, Ulery A, Deyholos MK, Sanogo S, Lehnhoff EA, Beck L. Heavy Metal Contamination in Agricultural Soil: Environmental Pollutants Affecting Crop Health. *Agronomy* **2023**; 13(6):1521;
- [249] Umair Azhar, Huma Ahmad, Hafsa Shafqat, Muhammad Babar, Hafiz Muhammad Shahzad Munir, Muhammad Sagir, Muhammad Arif, Afaq Hassan, Nova Rachmadona, Saravanan Rajendran, Muhammad Mubashir, Kuan Shiong Khoo, Remediation techniques for elimination of heavy metal pollutants from soil: A review, *Environmental Research* **2022**, Volume 214, Part 4, 113918;
- [250] C.N. Mulligan, R.N. Yong, B.F. Gibbs, Remediation technologies for metal-contaminated soils and groundwater: an evaluation, *Engineering Geology* **2001**, Volume 60, Issues 1–4, Pages 193-207;
- [251] *Manual Sistem Integrat Management Calitate-Mediu-SSM, TUV Austria - S.C. CET Hidrocarburi S.A. Arad*;
- [254] *Autorizație Integrată de Mediu Nr. 7/21.08.2018 pentru S.C. CET Hidrocarburi S.A. Arad*, emisă de Agenția de Protecția Mediului Arad;
- [255] *Raportul anual de mediu, S.C. CET Hidrocarburi S.A. Arad*, anul **2011**;
- [256] ***Hotărârea Consiliului Local al Municipiului Arad nr. 470 din 5 septembrie 2022 privind proiectul „Sursă de producere energie termică și electrică prin cogenerare de înaltă eficiență la CET Hidrocarburi SA”;
- [257] <https://www.criticarad.ro/usr-arad-cet-hidrocarburi-nu-are-nevoie-de-inca-2-administratori-pe-langa-cei-5-deja-existenti-ci-de-eliminarea-urgenta-a-riscului-de-dizolvare/>;
- [258] <https://www.aradon.ro/wp-content/uploads/2019/09/+otf/650x435/3cet-hidrocarb>;
- [259] https://www.aradon.ro/wp-content/uploads/2022/03/+otf/650x435/vvI0vDNVtPthHPbWAHscKU5PVF9WRVJZX1NFQ3p6S4u4T6O0On2Yrc8jghOCjpX2yyD637____3835R0fl/75984875CETHIDROCARBURIddk15.jpg;
- [260] *Autorizație de gospodărire a apelor Nr.148 /02.05.2018 pentru S.C. CET Hidrocarburi S.A. Arad*, emisă de Administrația Națională „Apele Române”, Administrația Bazinală Târgu Mureș;
- [261] Dumescu Florin, *Raport de amplasament pentru obținerea autorizației de mediu pentru Centrala Electrică de Termoficare Hidrocarburi Arad*. Completări. Arad, martie 2018;
- [262] STAS 1342 - 91 Apă potabilă, valorile standardizate admise (A) pentru apa potabilă;
- [263] STAS 1342 - 91 Apă potabilă, valorile standardizate admise excepțional (AE) pentru apă potabilă;

- [264] ***HOTĂRÂRE nr. 188 din 28 februarie 2002 pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descărcare în mediul acvatic a apelor uzate;
- [267] Zaharia, C. Evaluation of environmental impact produced by different economic activities with the global pollution index. *Environ Sci Pollut Res Int* **2012**, 19, 2448-2455;
- [268] Zaharia, C.; Murarasu, I. Environmental impact assessment induced by an industrial unit of basic chemical organic compounds synthesis using the alternative method of global pollution index. *Environmental Engineering and Management Journal* **2009**, 8, 107–112;
- [269] WHO/UNICEF. *Joint Monitoring Programme (JMP) for water supply and sanitation* **2010**, Geneva: WHO/UNICEF;
- [270] Siddiqua, A., Hahladakis, J.N. & Al-Attiya, W.A.K.A. An overview of the environmental pollution and health effects associated with waste landfilling and open dumping. *Environ Sci Pollut Res* **2022**, 29, 58514–58536;
- [272] [https://earth.google.com/web/search/cet+hidrocarburi+arad/@46.18183021,21.33319295,118.61749093a,351.5799617d,35y,82.68413968h,59.99835573t,0r/data=CiwiJgokCVqjF6F56TJAEVijF6F56TLGXJUIFgCKztAITLu840UHILAQgIIAToDCgEwQgIIAEoNCPwEQAA](https://earth.google.com/web/search/cet+hidrocarburi+arad/@46.18183021,21.33319295,118.61749093a,351.5799617d,35y,82.68413968h,59.99835573t,0r/data=CiwiJgokCVqjF6F56TJAEVijF6F56TLGXJUIFgCKztAITLu840UHILAQgIIAToDCgEwQgIIAEoNCPwEQAA;);
- [273] Zacchaeus OO, Adeyemi MB, Azeem Adedeji A, Adegoke KA, Anumah AO, Taiwo AM, Ganiyu SA. Effects of industrialization on groundwater quality in Shagamu and Ota industrial areas of Ogun state, Nigeria. *Heliyon* **2020**, 6(7):e04353;
- [274] *Buletin de analize fizico-chimice ape freatice (Puțuri control), emis la data de 14.11.2008*, de Laboratorul chimic al S.C. CET Hidrocarburi Arad S.A.;
- [275] Grönwall J, Danert K. Regarding Groundwater and Drinking Water Access through A Human Rights Lens: Self-Supply as A Norm. *Water* **2020**; 12(2):419;
- [276] Jiutan Liu, Yuming Peng, Changsuo Li, Zongjun Gao, Shaojie Chen, Characterization of the hydrochemistry of water resources of the Weibei Plain, Northern China, as well as an assessment of the risk of high groundwater nitrate levels to human health, *Environmental Pollution* **2021**, Volume 268, Part B, 115947;
- [277] *** Ordinul nr. 621/2014 privind aprobarea valorilor de prag pentru apele subterane din România;
- [278] Gunnarsdottir MJ, Gardarsson SM, Schultz AC, Albrechtsen HJ, Hansen LT, Gerlach Bergkvist KS, Rossi PM, Klöve B, Myrmel M, Persson KM, Eriksson M, Bartram J. Status of risk-based approach and national framework for safe drinking water in small water supplies of the Nordic water sector. *Int J Hyg Environ Health* **2020**, 230:113627;

- [279] Directiva (UE) 2020/2184 a Parlamentului European și a Consiliului din 16 decembrie 2020 privind calitatea apei destinate consumului uman (reformare);
- [280] *Master Plan Județ ARAD, Revizuit 2023. Versiune finală*, 08.05.2023;
- [281] S.C. CINETI EXPERT: HIDROGEOLOGIE, GEOTEHNICĂ, GEOFIZICĂ, ROCI UTILE SRL, *Studiu zonal aferent conului aluvionar al râului Mureș, în contextul dezvoltării economice în zona adiacentă frontului de captare al Municipiului Arad și a altor captări mai mici*, Decembrie 2007;
- [283] Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor, Administrația Națională “Apele Române”, *Planul național de management actualizat aferent porțiunii naționale a bazinului hidrografic internațional al fluviului Dunărea. Sinteza planurilor de management actualizate la nivel de bazine/spații hidrografice*, 2016;
- [293] Bretotean M., Măcăleț Rodica, Țenu A., Munteanu M. T., Radu E., Radu Cătălina, Drăgușin Doina, Studii privind corelarea metodologiilor de evaluare a resurselor de apă cu DCA 60/2000/EC, *Arh. I.N.H.G.A.*, 2004, București;
- [311] Ioana Ciută, Alexandra Doroftei, Emisiile poluante ale termocentralelor pe cărbune-monitorizate prea puțin, prea rar, *Bankwatch România*, martie 2023;
- [313] Irina Alina Chera-Anghel, Loredana Popescu, Florentina Condrea, Impact of pollutants in the energy sector on the environment and technologies for treating liquid and solid waste from power plants, *E3S Web of Conferences* 2020, 180, 02010 TE-RE-RD 2020;
- [314] Gao, Q., Zhu, S., Zhou, K., Zhai, J., Chen, S., Wang, Q., Wang, S., Han, J., Lu, X., Chen, H., Zhang, L., Wang, L., Wang, Z., Yang, X., Ying, Q., Zhang, H., Chen, J., and Wang, X.: High enrichment of heavy metals in fine particulate matter through dust aerosol generation, *Atmos. Chem. Phys.*, 2023, 23, 13049–13060;
- [315] ***DIRECTIVE 2004/107/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 15 December 2004 relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air, *Official Journal of the European Union*;
- [316] Decision No 1386/2013/EU of The European Parliament and the Council of the European Union, *Official Journal of the European Union*: 20 November 2013; p 30;
- [326] *** OM 756/03.11.1997 – Ordinul pentru aprobarea Reglementării privind evaluarea poluării mediului, emis de Ministerul Apelor, Pădurilor și Protecției Mediului (M.A.P.P.M.);
- [329] Kowalska, J., Mazurek, R., Gasiorek, M., Setlak, M., Zaleski, T., Waroszewski, J., Soil pollution indices conditioned by medieval metallurgical activity - A case study from Krakow (Poland). *Environmental Pollution* 2016, 218, 1023-1036;

- [330] Kowalska, J. B., Mazurek, R., Gasiorek, M., Zaleski, T., Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination-A review. *Environmental Geochemistry and Health* **2018**, 40 (6), 2395-2420;
- [331] Mazurek, R., Kowalska, J., Gasiorek, M., Zadrozny, P., Jozefowska, A., Zaleski, T., Kepka, W., Tymczuk, M., Orłowska, K., Assessment of heavy metals contamination in surface layers of Roztocze National Park forest soils (SE Poland) by indices of pollution. *Chemosphere* **2017**, 168, 839-850;
- [332] Lăcătușu, R., Lăcătușu, A. R., Lungu, M., Stanciu-Burileanu, M. M., Râșnoveanu, I., Vrînceanu, A., Lazăr, R., The heavy metals abundance in soils from Făgăraș Depression (Cd, Co, Cr, Cu). *Present Environment and Sustainable Development* **2012**, 6 (2), 167-180;
- [337]*** Hotărârea nr. 1403/2007 privind refacerea zonelor în care solul, subsolul și ecosistemele terestre au fost afectate;
- [338] <https://specialarad.ro/wp-content/uploads/2023/02/CET-hidrocarburi-elemente-vechi.webp>;
- [339] Fotografie din arhiva foto personală, Hărțău (Ciurdariu) Ramona-Carmen, CET H Arad.

