

# ASIGURAREA UTILIZĂRII DURABILE A APEI PE TERRA PRIN INFORMATIZAREA MONITORIZĂRII MEDIULUI

Mihai Tertişco

tertisco\_mihai@yahoo.com

Risantea Găgescu

rgagescu@gmail.com

Petru Junie

pjunie2000@yahoo.com

Cristian Eremia

ceremia12003@yahoo.com

Universitatea Politehnica Bucureşti

**Rezumat:** În lucrare sunt prezentate unele rezultate ale cercetării științifice doctorale care vizează modificările climatice pe Terra și poluarea mediului și care influențează utilizarea durabilă a apei și pune în pericol viața planetei. Se propune monitorizarea biosferei, hidrosferei și solului prin sisteme informatice de senzori fără fir *cu scopul măsurării intensității și ritmului de modificare a climei pe Terra*. Aceste cercetări au la bază recomandările primei Consfătuirii interguvernamentale privind monitorizarea mediului (Kenia, 1974), convocată de Consiliul Director al Programului ONU referitor la problemele mediului ambiant.

**Cuvinte cheie:** Dezvoltare durabilă, monitorizare, rețele de senzori fără fir, prima Consfătuire interguvernamentală privind monitorizarea mediului (Kenia, 1974).

**Abstract:** The paper presents some results of the scientific research for PhD thesis, regarding the climate change on Earth and pollution of the environment, that affect water and threaten life on the planet. It is suggested the monitoring of biosphere, hydrosphere, and soil, using wireless sensor systems in order to measure the intensity and pace of climate change. The research is based on recommendations of the First Intergovernmental Conference on monitoring the environment (Kenya, 1974), organised by the Steering Committee of the UN Programme related to environmental issues.

**Keywords:** Sustainable development, monitoring, wireless sensor networks, The first intergovernmental conference on monitoring the environment (Kenya, 1974).

## 1. Problema ritmurilor diferite (RD)

Pe scurt, mediul, se definește ca fiind natura înconjurătoare prin care se află ființele și lucrurile. Mai pe larg, mediul reprezintă totalitatea factorilor fizici, chimici, meteorologici și biologici dintr-un anumit loc dat, cu care un organism vine în contact.

Unitatea dintre organism și mediu este exprimată cel mai bine și mai clar în interacțiunea istorică dintre materia vie (organisme) și natura anorganică primară (factori abiotici). Organismele aparținând unei anumite specii asimilează în cursul existenței lor unele condiții externe, care devin apoi condiții de viață pentru alte specii, fie servindu-le drept hrană, fie modificând componența fizică, chimică și biologică a acestor specii.

Folosindu-se pe scară largă știința și tehnologia în scopul dezvoltării industriale, s-a ignorat necesitatea păstrării în permanență a unui echilibru între satisfacerea nevoilor materiale proprii, în continuă creștere și protecția tuturor factorilor mediului înconjurător. Ruperea de către om, prin intervențiile sale grăbite și nu întotdeauna foarte bine gândite, a echilibrelor naturale este o caracteristică a celei de a doua jumătăți a secolului XX, deși fenomene izolate au apărut cu mult înainte.

Cercetarea bibliografică și analiza modificărilor climatice ne-a condus spre o constatare pe care am numit-o ritmuri diferite, RD.

***Ritmul de schimbare a mediului este mult superior ritmului de apariție și perfecționare a metodelor de control și prognosticare a evoluției degradării mediului. CONSECINȚA RD: omul poate doar constata efectele ecologice nefavorabile și nu le poate preveni.***

EXEMPLU: Despădurirea pe suprafețe mari, practică în prezent și în țara noastră, este o acțiune a omului care a explicat catastrofa produsă în anul 1934 în sud-vestul SUA, când a avut loc, în câteva minute, o mare eroziune eoliană, vânturile transformând în praf circa 300 milioane tone de sol fertil.

## 2. Deteriorarea mediului [1]

Deteriorarea mediului constă în discordanța dintre condițiile de mediu și cerințele obiective (biologice, psihologice, economice, sociale etc.) ale omului. Deteriorarea mediului este provocată nu de modificarea mediului ca atare, ci de apariția unor dezechilibre în cadrul relațiilor dintre om și natură. Deteriorarea mediului de către om nu înseamnă numai distrugerea echilibrului ecologic ci și apariția unei reacții inverse din partea mediului astfel modificat asupra omului: noile condiții de mediu sunt mai puțin favorabile pentru viața omului, pentru desfășurarea activității sale economice. O luptă pe viață și pe moarte are loc în fiecare clipă, în toate colțurile planetei. O asemenea luptă este invizibilă până când se înregistrează efecte macroscopice majore cum ar fi:

- dispariția unor specii de plante sau animale;
- moartea oamenilor bolnavi de astm, datorată poluării atmosferei;
- imposibilitatea științei de a găsi remediul pentru boli ca SIDA sau cancerul, când lupta devine fătășă;
- în țările în curs de dezvoltare, poluarea omoară zilnic peste 25000 de persoane.

Astăzi se răspândește în biosferă o cantitate imensă de deșeuri, unele foarte greu biodegradabile (detergenți, pesticide, mase plastice, deșeuri radioactive). Mult timp s-a crezut că biosfera are capacități nelimitate de absorbție și neutralizare a efectelor poluării. Atunci când cantitatea de poluanți depășește capacitatea de neutralizare a mediului, ecosistemele suferă un proces de degradare, modificările putând merge până la distrugerea lor, la apariția unor zone în ecosistem lipsite de viață (de exemplu – râuri întregi sau porțiuni ale acestora foarte puternic poluate). De aceea problemele dezvoltării și creșterii economice nu pot fi separate de cele ecologice.

Economia și ecologia se întrepătrund tot mai mult – local, regional, național și global, într-o rețea de cauze și efecte.

***Relația dezvoltare - mediu este o relație între prezent și viitor. Dezvoltarea urmărește satisfacerea nevoilor generațiilor prezente, în timp ce protecția mediului este o investiție pentru generațiile viitoare.***

În situația creată pe glob principalul factor este timpul, deoarece omenirii i-au mai rămas 20-30 ani pentru a se opri la marginea prăpastiei spre care se îndreaptă cu mare viteză.

În epoca mașinilor, exploatarea mijloacelor de producție devine trăsătura dominantă. Întreprinderile industriale, tinzând să se debaraseze de deșeurile nerecuperabile, le aruncă în râuri, bazine cu apă, pe fundul mărilor și oceanelor. Se știe că Anglia, Franța și Belgia aruncă anual în apele Oceanului Atlantic zeci de tone de deșeuri radioactive. În 1970, SUA a aruncat în Oceanul Atlantic 418 containere cu gaze toxice. Dacă aceste gaze vor ieși la suprafață, urmările vor fi catastrofale.

În toată lumea s-au intensificat catastrofele ecologice. Sunt cunoscute urmările accidentului de la combinatul chimic din Bhopal, în India, care a făcut 10 mii de victime omenești. Catastrofal a fost și accidentul de la combinatul chimic din Basel, Elveția. El a dus la impurificarea puternică a râului Rin. Apa a devenit necorespunzătoare pentru folosirea în scopuri vitale, au murit mulți pești și alte viețuitoare din Rin. Același situație s-a creat și la accidentul de la combinatul de îngrășăminte minerale din orașul Stebnic, în regiunea râului

Nistru. Ca rezultat al acestui accident, în râu au fost aruncate aproximativ 5 milioane metri cubi de ape uzate concentrate.

Ocotirea mediului ambiant înseamnă realizarea complexului de măsuri sociale, economice, științifice, de cercetare și tehnice care garantează păstrarea mediului natural util pentru acțiunea vitală a generațiilor de azi și a celor viitoare. Aceste măsuri pot avea atât un caracter global, atingând interesele vitale ale întregii populații a pământului cât și un caracter local, pentru rezolvarea problemelor ecologice cu caracter zonal. În același timp devine tot mai greu de împărțit problemele ecologice în locale și globale deoarece, în lumea contemporană, totul se află în legătură reciprocă.

În sfera noilor relații economice, care stimulează puritatea ecologică a producției industriale și agricole, un rol important îl capătă aplicarea realizărilor progresului tehnico-științific pentru soluționarea problemelor de ocotire a naturii. Aceasta se referă în primul rând la perfecționarea proceselor tehnologice din punct de vedere a purității lor ecologice și a păstrării resurselor, la automatizarea și optimizarea proceselor, la aplicarea tehnologiilor fără deșeuri, la întrebuintarea schemelor de recirculare a apei.

### 3. Zestrea de apă a Terrei

Viața pe planetă a apărut și a evoluat datorită prezenței apei, în primul rând și viața poate dispărea odată cu dispariția apei dulci (tabelul 1).

**Tabelul 1. Zestrea de apă a Terrei**

Apă oceanică (apă sărată)	Cca. 97,5% din zestrea de apă terestră
Apă continentală (apă dulce) total	2,5%
Apă dulce accesibilă omului pe glob	<1%

Un exemplu elocvent, privind degradarea biosferei prin poluarea apei este renumita și mult discutata zonă din România denumită „Roșia Montană”. Roșia Montană este o zonă în care aurul a fost exploatat încă din perioada Imperiului Roman. Mineritul modern presupune remedierea mediului afectat de către exploatarea minieră, în timp ce exploatarea anterioară abandonată din zonă au lăsat un mediu înconjurător puternic degradat. Principala sursă de poluare a mediului este apa acidă. Expunerea rocilor cu conținut de sulf la acțiunea oxigenului și a apei duce la formarea unei soluții slabe de acid sulfuric care dizolvă metalele grele din rocă și, împreună cu acestea, ajunge în cele din urmă în apele de suprafață sau cele subterane fără nici un fel de tratare, conduce astfel la poluarea apelor. Din galeriile miniere vechi (totalizând aproximativ 140 km) se scurg în pârâul Roșia, în fiecare secundă, 20 litri de ape acide, iar de aici poluarea se propagă în aval pe zeci de km în râul Abrud și în Arieș. Datorită acestor ape acide, pe câțiva km în aval pe cursul pârâului Roșia și Abrud, flora și fauna lipsesc aproape complet. În cursurile de apă din Roșia Montană depășirile limitelor legale pentru substanțe deosebit de periculoase sunt foarte mari: de 3 ori pentru cadmiu, 3,4 ori pentru arsen, 64 de ori pentru fier și de 110 ori pentru zinc.

Pericolul în continuă creștere al influenței negative exercitată de intensificarea producției industriale și a celei agricole asupra sănătății umane și stării biosferei în ansamblu impune necesitatea elaborării unui sistem de prevenire, control și prognosticare, nu numai a stării unor obiecte din mediul ambiant luate aparte, ci și a biosferei în întregime.

### 4. Informatizarea monitorizării mediului

Acest sistem informațional își propune drept **obiectiv** colectarea de informații privind starea mediului și nivelurile de poluare ale acestuia în spațiu și în timp conform unui program elaborat anticipat.

Mediul ambiant poate fi caracterizat printr-un complex de parametri, printr-o anumită

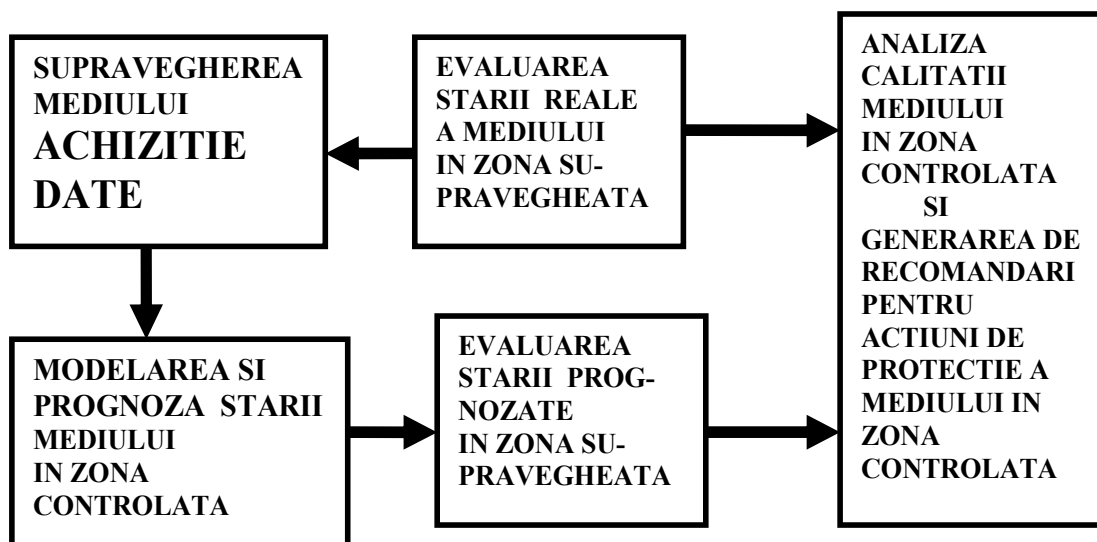
metodologie de „remediere” și prognoșticare a consecinței „afecțiunilor ecologice”. Profilaxia acestor „afecțiuni” cere o permanentă diagnosticare și reglare a stării mediului înconjurător.

În cadrul primei Consfățuirii interguvernamentale privind monitorizarea mediului (Kenia, 1974), convocată de Consiliul Director al Programului ONU referitor la problemele mediului ambiant, au fost expuse principalele scopuri ale sistemului global de monitorizare a mediului înconjurător. O atenție deosebită a fost acordată controlului schimbărilor ce au loc în natură în urma poluării, precum și măsurilor de prevenire a pericolului ce amenință sănătatea oamenilor, calamitățile naturale și perturbările ecologice.

Acest sistem informatic de monitorizare și control a mediului (SIMCM) are următoarele funcții:

- supravegherea;
- evaluarea stării reale;
- prognoșticul unor modificări de climă și mediu
- generarea unor recomandări privind acțiunile care trebuie întreprinse pentru contracararea degradării mediului și eliminarea unor presiuni asupra mediului.

Structura și funcțiunile unui SIMCM sunt prezentate în figura 1.



**Figura 1. Structura și funcțiunile unui SIMCM**

Etaplele acestor evaluări făcute de SIMCM cu privire la starea reală și starea prognozată a mediului supravegheat, sunt:

1. selectarea indicilor și a caracteristicilor factorilor de mediu (apa, aerul, solul);
2. măsurarea directă a indicilor aleși.

Elaborarea unei prognoze de către SIMCM presupune:

1. cunoaștere legităților privind modificarea nivelurilor de poluare și starea mediului natural;
2. disponibilitatea utilizării unor modele matematice performante pentru modificările de mediu;
3. posibilitatea de calcul numeric și simulare a unor scenarii privind modificările climatice etc.

Pentru a evalua starea mediului și a prognoștica eventualele schimbări trebuie avute în vedere două aspecte: subsistemele de supraveghere din sectorul abiotic al biosferei (monitorizare geofizică) și cele din sectorul biotic (monitorizare biologică).

O atenție deosebită trebuie acordată transferului de substanțe poluante dintr-un mediu în altul. Principala sarcină a SIMCM a mediului biologic este de a detecta reacția de răspuns a biosferei la efectul antropogen, înregistrată la diferite niveluri ale materiei vii: molecular, celular, de organism, de populație sau asociație.

În monitorizarea biologică se atribuie un rol esențial observațiilor privind eventualele modificări ale indicilor ereditari proprii diverselor populații, sau activității vitale a populațiilor foarte susceptibile, care servesc drept indicatori, numite bioindicatori (de exemplu lichenii).

O importanță deosebită revine observațiilor vizând impactul mediului asupra omului, reacția populațiilor de care depinde starea sistemelor ecologice, efectele antropogene, populațiile deosebit de sensibile sau critice în ceea ce privește impactul respectiv.

## 5. Rețele de senzori fără fir (RSff)

Rețelele de senzori wireless au captat un număr mare de cercetători din momentul când în 1999 revista BusinessWeek[2] a anunțat 21 din cele mai noi tehnologii importante pentru secolul 21. Printre acestea figura și tehnologia bazată pe RSff a cărei arhitectură este compusă din micro-senzori de unică folosință care pot fi implementați pe sol, în aer, sub apă, în interiorul clădirilor, pe vehicule, pe corpuri umane ori pe corpuri de origine animală (fig. 2). Aceștia pot fi utilizați în anumite poziții pre-determinate sau la întâmplare (aruncați din elicopter), fapt ce permite desfășurarea senzorilor în zonele inaccesibile. De obicei, nodurile senzor au o arhitectură hardware care conține: *un senzor, o unitate de prelucrare, o unitate de emisie-recepție și o unitate care asigură sursa de alimentare* cu energie electrică. Există aplicații care au nevoie în plus de alte componente, cum ar fi: găsirea automată a locației (de exemplu, GPS).

*Rețelele de senzori sunt folosite pentru a detecta și evalua structura poluanților din punct de vedere chimic, biologic, radiologic, nuclear, și pentru identificarea unor materiale nedegradabile și periculoase pentru mediu. O altă destinație a RS este detectarea și monitorizarea schimbărilor de mediu în câmpii, păduri, oceane, etc.*

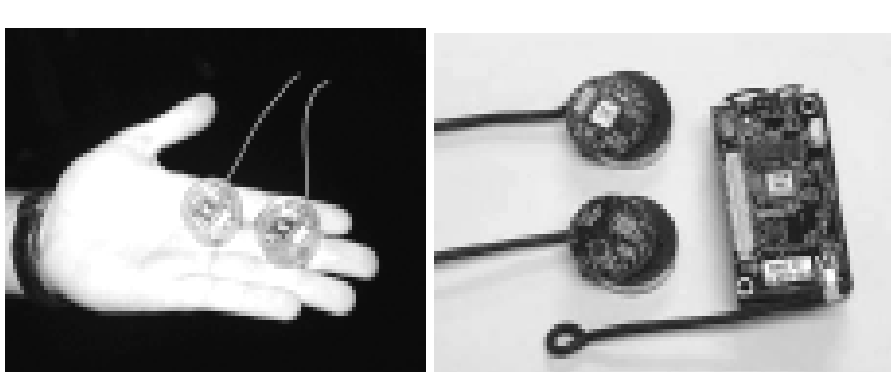


Figura 2. Imaginea unor senzori wireless

Progresul la nivel hardware în rețelele wireless a contribuit la dezvoltarea continuă a unor senzori de joasă putere, ieftini și de mici dimensiuni. Acești senzori formează sute sau chiar mii de noduri de mici senzori distribuiți pe o anumită arie geografică. Aceste noduri colaborează pentru a forma o rețea de senzori. O astfel de rețea de senzori astfel formată poate oferi acces la informație oricând și oriunde, pe o anumită arie geografică, colectând, procesând, analizând și distribuind informația [3].

Arhitectura unui nod al unei rețele de senzori este alcătuită din 5 componente de bază: *dispozitiv hardware detector, procesor, memorie, sursa de alimentare și un aparat de emisie-recepție*. Aceste dispozitive sunt ușor de organizat pentru că nu este nevoie de control uman, ele

detectează, evaluează și acționează în medii naturale. Se pot organiza singure și se pot adapta pentru a face față în diverse aplicații. Fiecare nod senzor are posibilități de comunicare radio și poate realiza procesare de semnal și pentru distribuire de informații. Datorită energiei limitate și puterii ridicate de calcul ale unui nod senzor este nevoie de un număr mai mare de senzori, în funcție de cât de mare este regiunea pe care trebuie să o deservescă rețeaua. Astfel, un număr mai mare de senzori permite rețelei de senzori, spre exemplu, relatarea cu o precizie mai bună a vitezei exacte, direcție, mărimii precum și a altor caracteristici ale modificării mediului în comparație cu un singur senzor. Având un număr mare de senzori în structura RSff este important costul unui singur senzor pentru a justifica costul total al rețelei de senzori.

Identificarea riscurilor de mediu, monitorizarea la distanță sau chiar supravegherea comportamentului unor specii se regăsesc printre aplicațiile rețelelor de senzori. Cercetătorii încearcă să adopte tehnologia rețelelor de senzori în cazul unor probleme greu de rezolvat cu rețele wireless convenționale.

*Acumularea de informații:* numărul uriaș de senzori pot duce la congestia rețelei datorită cantității mari de informații. Pentru a rezolva această problemă unii senzori, cum ar fi conducătorii de grup, pot acumula informația și pot face diverse calcule (medii, sume, calcul de maxime și minime), pentru a realiza un rezumat pe care mai apoi să-l răspândească în rețea.

*Auto-organizarea rețelei:* având în vedere numărul mare de noduri și posibilitatea ca acestea să se afle în locații greu accesibile, este esențial ca rețeaua să aibă capacitatea de a se auto-organiza. Mai mult decât atât, unele noduri pot înceta să funcționeze, din diverse cauze (fie că nu mai au energie, fie că se strică), iar unele noduri se pot alătura rețelei. Astfel rețeaua trebuie periodic să se reorganizeze pentru a putea să funcționeze la parametri optimi. Noduri individuale se pot deconecta de restul rețelei dar, per ansamblu, trebuie păstrat un grad ridicat de conectivitate la nivelul rețelei.

## 6. Topologia rețelei de senzori

O rețea de senzori este o colecție de noduri senzor ce formează o rețea temporară, fără să fie nevoie să o administrăm și fără a-i oferi drept suport servicii. Cu alte cuvinte, nu este o structură fixă. În general nodurile senzor folosesc dispozitive emițătoare-receptoare wireless de radio frecvență, pe post de interfață de rețea, iar comunicația între noduri este realizată folosind legături wireless multi-hop. Fiecare nod din rețea se comportă ca un router, rutând pachete pentru nodurile vecine. Rețelele trebuie să facă față la schimbări frecvente de topologie. Aceasta se întâmplă deoarece nodurile senzor sunt predispuse eșecurilor și de asemenea noduri noi se pot alătura rețelei și astfel se poate compensa apariția nodurilor defecte și se poate chiar maximiza eficiența rețelei. Datorită acestor caracteristici o problemă esențială în proiectarea unei rețele de senzori este dezvoltarea unei rețele de senzori cu posibilități de auto-organizare și cu protocoale de rutare dinamice care să găsească rutele cele mai eficiente pentru comunicarea între nodurile rețelei.

Pentru senzorii mici, pentru a se coordona în scopul realizării unei detecții considerabile cu consum de energie mic, aceștia trebuie să lucreze în grup (cluster). În fiecare grup, un nod este desemnat ca fiind conducătorul grupului pentru a se ocupa de administrarea celorlalte noduri ale grupului.

Avantajele folosirii conducătorilor de grup:

- gruparea permite senzorilor să-și coordoneze în mod eficient interacțiunile locale pentru realizarea unui obiectiv global;
- creșterea robusteții rețelei;
- utilizarea mai eficientă a resurselor;
- consumul mai mic de energie.

În rețelele de senzori pentru a compensa limitările hardware în ceea ce privește memoria

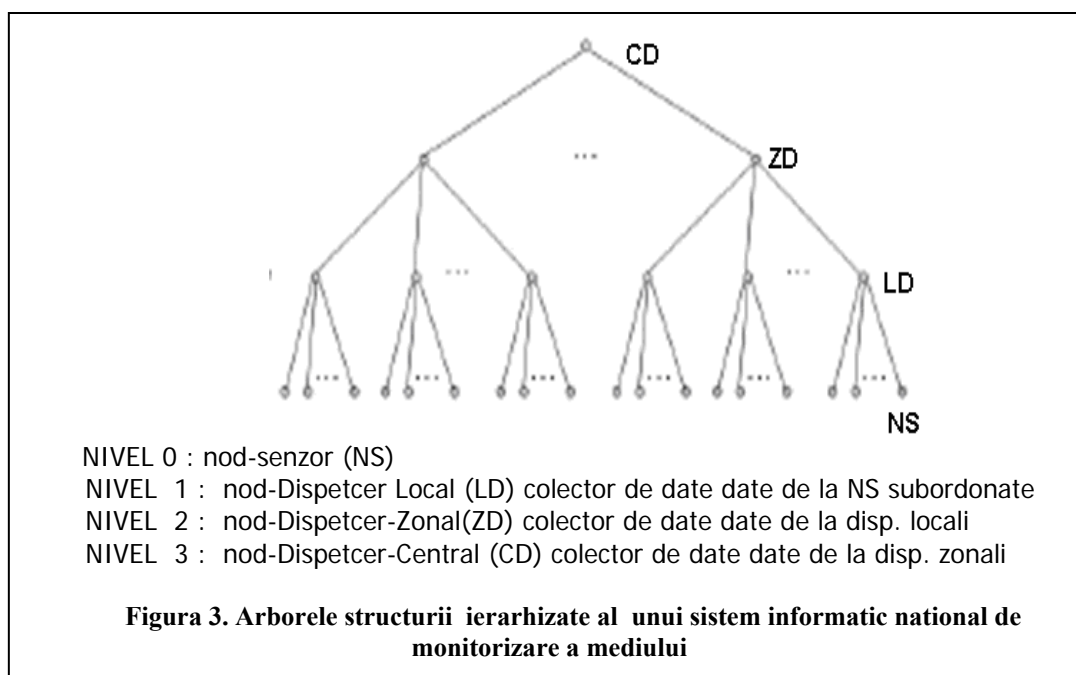
disponibilă, bateria și puterea de calcul, aplicațiile cu rețele de senzori dispun de un număr mare de senzori în zona de interes. Acești senzori colaborează între ei comportându-se ca o mare rețea wireless. Distanța mică dintre noduri ajută de asemenea la economisirea energiei, informația străbătând distanțe mai mici.

Unele noduri sensor sunt destinate acumulării de informații de la nodurile vecine. Nodurile “acumulator” pot stoca, procesa și filtra informația în vederea obținerii unei informații semnificative, pe care o trimit la nodurile conducătoare. Acumularea este utilă datorită următoarelor motive:

- mărește cercul de cunoaștere;
- mărește nivelul de precizie;
- mărește redundanța informației pentru a compensa nodurile care se strică.

## 7. Structura ierarhizată a unui sistem național pentru informatizarea monitorizării mediului folosind RSff

Structura ierarhizată propusă în [4] pentru un sistem de monitorizare este inspirată de structura sistemului informatic de monitorizare și comandă a sistemului electroenergetic național care conține patru nivele ierarhice în structura sa funcțională. Aceste nivele sunt precizate în figura 3.



În cazul sistemului de monitorizare a mediului, la nivelul zero (NS) sunt plasate nodurile sensor organizate pe grupuri cu câte un nod–conducător de tip dispecer local (LD). La rândul lor nodurile de tip LD sunt și ele organizate pe grupuri cu câte un nod conducător de tip ZD. Toate nodurile de tip ZD formează un sigur grup având drept nod conducător dispecerul național de tip CD.

În rețelele de senzori se aplică scenariul achiziției datelor pe bază de interogare. O variantă a acestui scenariu este folosirea unei relații de tip „unu la unu” între nodul conducător și nodurile subordonate din grup. Astfel, nodul conducător, de exemplu, face o interogare și în schimb primește de la nodul-senzor interogată un raport, ca răspuns la interogare. De obicei acest scenariu se aplică nivelului ierarhic inferior, în relația LD→NS.

De exemplu, nodul conducător poate cere să afle care este concentrația medie de bioxid de carbon în zona monitorizată, iar rețeaua de senzori îi răspunde atunci când a detectat concentrația în mai multe puncte și a terminat calculul mediei. Al doilea scenariu reprezintă o relație de tip one-to-many. Acest al doilea scenariu are un consum mare de energie; dar acest aspect nu mai are importanță întrucât el se aplică cu precădere la nivelurile ierarhice superioare unde atât nodurile conducătoare, cât și cele subordonate din grup nu mai sunt noduri-senzor, la care problema bateriei de alimentare este critică din cauza răspândirii lor pe terenuri cu probleme de relief dificil, sub apă, în copaci etc.

## **7. Concluzii**

Lucrarea scoate în evidență particularitățile modificărilor climei pe Terra și influența acestora asupra utilizării durabile a apei și intensificarea degradării mediului. Se propune introducerea unor sisteme informatice de monitorizare a modificărilor climei și degradării mediului în conformitate cu recomandările primei consfătuiri interguvernamentale privind monitorizarea mediului (Kenia, 1974), convocată de consiliul director al programului ONU referitor la problemele mediului ambiant. Sunt prezentate atât structura cât și funcțiunile unui asemenea sistem informatic de monitorizare. Pentru realizarea acestui sistem de monitorizare se propune o soluție modernă bazată pe utilizarea rețelelor de senzori fără fir cu o structură ierarhizată de genul structurii sistemului de monitorizare asistenului electroenergetic național.

## **BIBLIOGRAFIE**

1. **DUȚU, M.:** Tratat de dreptul mediului. Ed. 3 - Editura C. H. Beck București 2007.
2. \* \* \* BusinessWeek -1999.
3. **JUNIE, P.; EREMIA, C.:** Unele contribuții privind modelarea topologică a rețelelor de senzori fără fir (RSff), Revista Română de Informatică și Automatică nr. 2, pp. 15-25, 2011.
4. **JUNIE, P., DINU, O.:** Pipeline Infrastructure Monitoring system Using Wireless Sensor Networks(WSN), UPG Sci. Bull Vol. LXIII No. 2/2011.