



(12)

BREVET DE INVENȚIE

- (21) Nr. cerere: **a 2019 00465**
- (22) Data de depozit: **29/07/2019**
- (45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/07/2022** BOPI nr. **7/2022**

(41) Data publicării cererii:
30/03/2020 BOPI nr. **3/2020**

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA "BABEȘ-BOLYAI" DIN
CLUJ-NAPOCA,**
*STR.MIHAIL KOGĂLNICEANU NR.1,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO*

(72) Inventatori:
• **TUNYAGI ARTHUR ROBERT,**
*STR. GENERAL ION DRAGALINA NR.31,
TURDA, CJ, RO;*
• **CUCOS ALEXANDRA LAURA,**
*STR.OBSERVATORULUI NR.142, BL.7B,
AP.8, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;*
• **DICU TIBERIUS,** *STR.PLOPILOR NR.79,
BL.P17, AP.14, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;*

• **BOTOS MARIUS LUCIAN,**
*STR.MITROPOLIT ANDREI SAGUNA 34-36,
AP.51, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;*
• **CHIOREAN COSMIN GRUIA,**
*STR.EMIL RACOVITĂ NR.6,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;*
• **FERNANDEZ CARLOS SAINZ,**
*STR.PANDURILOR NR.7, CLUJ-NAPOCA,
CJ, RO*

(74) Mandatar:
**ROMINVENT S.A., STR. ERMIL
PANGRATTI NR.35, SECTOR 1, 011882,
BUCUREȘTI**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**KR 101837746 B1; CN 206772943 U;
RO 129264 A0**

(54) **SISTEM INTELIGENT ȘI METODĂ DE DETERMINARE
ȘI CONTROL AL CONCENTRAȚIEI DE RADON DIN
INTERIORUL CLĂDIRILOR CIVILE**



RO 134001 B1

1 Invenția de față se referă la un sistem inteligent și la o metodă de determinare și
control a concentrației de radon dintr-o încăpere aparținând unei clădiri civile, numită în con-
3 tinuare locație. Pe parcursul prezentei descrieri de invenție, prin locație se înțelege o incintă
încădărată de pereți, planșee, uși și ferestre, utilizată de exemplu ca spațiu de locuit
5 sau de lucru.

 Radonul ²²²Rn este un gaz radioactiv inodor și incolor. El este generat prin dezinte-
7 grarea radioactivă a uraniului prezent în sol, ciment sau din materialele de construcție a unei
locuințe, astfel ajungând în aerul din interiorul unei locuințe. Expunerea ființelor vii la inhalare
9 pe termen lung a radonului și descendenților acestuia prezenți într-o încăpere închisă poate
conduce la apariția cancerului de plămâni și în final la decese premature. Pentru a reduce
11 concentrația de radon dintr-o încăpere, este necesar ca aceasta să fie ventilată periodic de
către rezidenți, dar în timpul unor ierni geroase sau pe timpul nopții, acest proces de ventilare
13 nu are loc în mod corespunzător, ceea ce poate conduce la acumularea radonului în aerul
interior și implicit la afectarea sănătății persoanelor rezidente. Directiva Europeană
15 2013/59/EURATOM, transpusă în legislația din România în Legea nr. 63/2018, prevede
necesitatea protecției împotriva expunerii la radonul din interiorul locuințelor și al locurilor de
17 muncă, prin identificarea acelor situații în care concentrația activității radonului în aer
depășește nivelul de referință mediu anual stabilit la 300Bq/m³ și remedierea acestora.

19 Detectarea radonului într-o locație se poate face în prezent doar cu ajutorul unor
dispozitive specifice de măsurare plasate în locația de interes, iar remedierea unei situații
21 în care concentrația acestuia depășește limita admisă este posibilă prin realizarea unui mod
eficient de ventilare. De multe ori aceste soluții de remediere a calității aerului dintr-o locație
23 locuită pot fi scumpe, energofage sau cronofage. Deteriorarea calității aerului într-o locație
este greu de sesizat de o persoană obișnuită care locuiește sau lucrează acolo în absența
25 unui senzor adecvat, iar acumularea în timp a radonului poate conduce la scăderea calității
aerului interior sub limite considerate sigure pentru sănătate. În plus, dacă persoana nu este
27 conștientă de deteriorarea calității aerului, remedierea acesteia prin acționarea unor mijloace
de ventilație poate fi declanșată prea târziu, în ciuda celor mai bine direcționate eforturi ale
29 persoanei rezidente în locația respectivă. În plus, în momentul declanșării, ventilația va trebui
să funcționeze la putere maximă pentru a reduce rapid concentrația de radon de la pragul
31 critic la valori acceptate. Acest lucru necesită consum crescut de energie și produce
disconfort pentru persoanele aflate în locația respectivă.

33 În ultimii ani au fost propuse soluții de detectare, măsurare și/sau de monitorizare a
concentrației de radon într-o locație, care includ și metode de remediere a depășirii nivelului
35 admis de radon. Astfel, brevetul **US 7317185 B2** propune un sistem de detectare și
monitorizare a radonului într-o locuință, sistem care transmite prin intermediul unor mijloace
37 de comunicare, ca de exemplu internet, datele colectate la un receptor tampon care le poate
stoca o anumită perioadă de timp, de exemplu o săptămână. În acest caz, soluția brevetată
39 nu realizează o detecție în timp real a nivelului de radon dintr-o locație și nu cuprinde și
mijloace de remediere a nivelului calității aerului în incinta monitorizată. Sistemul propus de
41 brevetul **US 7317185 B2** furnizează un sistem de testare a prezenței radonului într-o
locuință, realizând doar o monitorizare pe termen scurt a gazului menționat, sub forma unui
43 test de detectare și dozare radon într-o locuință înainte de achiziționarea acesteia.

 Un alt document, brevetul **KR 101446285 B1** se referă la un sistem pentru monitori-
45 zarea radonului într-o locație, detectarea în timp real și transmiterea nivelurilor măsurate de
radon la o unitate centrală care comandă o unitate de ventilație pentru a îmbunătăți calitatea
47 aerului din respectiva locație. Soluția propusă prezintă dezavantajul că nu realizează o
ventilație optimizată în timp real, care să conducă la un consum energetic eficient.

RO 134001 B1

Invenția de față își propune eliminarea acestor dezavantaje prin propunerea unui sistem inteligent și a unei metode de determinare și control optimizat al concentrației de radon dintr-o locație.	1
Problema tehnică pe care invenția își propune să o rezolve este asigurarea unui sistem de determinare și control optimizat al nivelului de radon dintr-o locație, pe o perioadă lungă de timp, cu o eficiență energetică ridicată.	3
Soluția tehnică constă în asigurarea unui sistem inteligent de determinare și control optimizat al concentrației de radon dintr-o locație conform revendicărilor 1-4, și a unei metode de determinare și control optimizat al concentrației de radon dintr-o locație conform revendicărilor 5-11.	5
Avantajele prezentei invenții constau în:	7
- determinările de radon din locația menționată se realizează în timp real, monitorizarea efectuându-se pe o perioadă lungă de timp;	9
- permite controlul dispozitivelor de ventilare mecanică pentru menținerea unui nivel al concentrației de radon în interiorul unei locații în limitele acceptate;	11
- sistemul inteligent de determinare și control optimizat al concentrației de radon din respectiva locație funcționează pe baza unui model matematic înglobând funcții de calcul implementate într-un model numeric sau o funcție de calcul care previzionează concentrația de radon din incinta menționată la un anumit moment de timp în funcție de o serie de parametri de mediu externi furnizați de o prognoză meteo locală și de parametri de mediu interni furnizați în timp real sau valori ale acestora preluate de la un sistem de control ambiental interior;	13
- determinarea funcției de calcul al concentrației de radon se realizează printr-un sistem de ecuații asociat modelului fizic echivalent 2D (în două dimensiuni). Acesta necesită puține resurse de calcul (hardware) și timp computațional scăzut, față de sistemele cunoscute în stadiul tehnicii pentru studiul interacțiunii fluid-structură și care de regulă se bazează pe modele 3D (în trei dimensiuni) implicând un efort computațional extrem de ridicat și totodată dificultăți în prelucrarea rezultatelor. Metoda de determinare și control al concentrației de radon dintr-o locație conform invenției, asigură o remediere a nivelului de radon în respectiva locație, realizând un consum energetic optimizat;	15
- funcția de calcul dezvoltată pentru determinarea concentrației de radon poate fi aplicată diferențiat, în funcție de mecanismele de propagare a gazului radon în interiorul locației și de soluția de remediere aplicată.	17
Se va prezenta în continuare un exemplu de realizare nelimitativ a invenției și care este în legătură cu fig. 1...7, care reprezintă:	19
- fig. 1a, schema bloc a unui sistem S inteligent de determinare și control optimizat al concentrației de radon din aer dintr-o locație conform unui exemplu de realizare;	21
- fig. 1b, schema bloc a unității locale 1 conform unui exemplu de realizare;	23
- fig. 2, fluxul de precalibrare a funcției de calcul;	25
- fig. 3, fluxul de verificare și calibrare a funcției de calcul;	27
- fig. 4, fluxul de funcționare a sistemului integrat;	29
- fig. 5, exemplu preferat de funcționare a sistemului inteligent de determinare și control al concentrației de radon dintr-o locație - precalibrare a funcției de calcul;	31
- fig. 6, exemplu preferat de funcționare a sistemului inteligent de determinare și control al concentrației de radon dintr-o locație - calibrare a funcției de calcul;	33
- fig. 7, exemplu preferat de funcționare a sistemului inteligent de determinare și control al concentrației de radon dintr-o locație - verificare a a funcției de calcul.	35

RO 134001 B1

1 Într-un prim aspect, invenția de față propune un sistem **S** inteligent de determinare și control optimizat al concentrației de radon din aer dintr-o locație care cuprinde:

3 - mijloace exterioare **3** de achiziționare a valorilor unor parametri ambientali externi reprezentând temperatura, umiditatea, viteza și direcția vântului din exteriorul locației;

5 - mijloace interioare **2** de achiziționare a valorilor unor parametri ambientali interni reprezentând temperatura din interiorul locației;

7 - mijloace **4** de calcul al concentrației de radon;

9 - mijloace **5** de control al concentrației de radon din respectiva locație; caracterizat prin aceea că concentrația de radon se calculează ca o funcție de parametri ambientali externi achiziționați de mijloacele exterioare **3** și respectiv parametri ambientali interni achiziționați de mijloacele interioare **2**; și

11 - mijloacele **5** de control al concentrației de radon declanșează ventilația respectivei locații în cazul în care concentrația de radon calculată depășește un anumit prag.

13 Într-un al doilea aspect, invenția va furniza o metodă de determinare și control optimizat ale concentrației de radon dintr-o locație care cuprinde următoarele etape:

15 - preluarea într-un sistem inteligent **S** a parametrilor ambientali interni furnizați de mijloacele interioare **2**, respectiv a parametrilor ambientali externi furnizați de mijloacele exterioare **3**, determinarea concentrației de radon din respectiva locație ca o funcție de parametri ambientali interni și parametrii ambientali externi, acționarea mijloacelor **5** de control al concentrației de radon din respectiva locație în cazul în care concentrația de radon calculată depășește un anumit prag prestabilit.

17 Într-un exemplu de realizare prezentat în fig. 1a, un sistem **S** inteligent de determinare și control optimizat al concentrației de radon din aer dintr-o locație, cuprinde o unitatea locală **1** și un server central **SC**, capabile să comunice la distanță. Unitatea locală **1** primește valori ale unor parametri ambientali externi de la mijloace exterioare **3** și valori ale unor parametri ambientali interni de la mijloace interioare **2**; aceste date sunt transmise și stocate pe serverul central **SC**, care calculează concentrația de radon pe baza acestora, folosind mijloacele de calcul **4**. Valoarea calculată a concentrației de radon va fi retransmisă prin serverul central **SC** către unitatea locală **1**. În caz de depășire a unui prag prestabilit al concentrației de radon în respectiva locație, unitatea locală **1** va acționa mijloace **5** de control al concentrației de radon din respectiva locație.

23 Pe parcursul prezentei descrieri de invenție prin mijloace exterioare **3** de achiziționare a valorilor unor parametri ambientali din exteriorul locației se înțelege orice dispozitiv capabil să primească date despre parametri ambientali externi, și anume temperatură, umiditate, viteză și direcție vânt din exteriorul locației, de exemplu prin accesarea la distanță a unei baze de date meteo. Într-un exemplu preferat, prin mijloacele exterioare se înțelege o aplicație software denumită aplicație API care accesează parametrii ambientali externi menționați din baze de date meteo accesibile pe web.

27 Prin aplicație API se înțelege pe parcursul prezentei descrieri de invenție, un sistem de funcții și proceduri care permite comunicarea între mai multe aplicații software și baze de date disponibile pe web.

29 Într-un exemplu preferat al prezentei invenții, parametrii ambientali externi sunt preluați și stocați de aplicația API și valorile stocate sunt folosite la nevoie. Într-un alt exemplu preferat, parametrii ambientali externi sunt colectați de aplicația API din baze de date specifice pe o perioadă prognozată de până la 7 zile.

RO 134001 B1

Pe parcursul prezentei descrieri de invenție prin mijloace interioare **2** de achiziționare a valorilor unor parametri ambientali interni se înțelege orice dispozitiv capabil să achiziționeze date despre parametri ambientali interni, și anume temperatura din interiorul locației de exemplu de la un senzor de temperatură sau de la un sistem de control al temperaturii interioare. Opțional, mijloacele **2** interioare pot prelua date de la unul sau mai mulți senzori care detectează concentrația de radon din aerul din interiorul locației, presiunea și umiditatea din interiorul locației sau oxizi de carbon și substanțe organice volatile în aerul din locația menționată. Pe parcursul prezentei descrieri de invenție, dispozitivul care primește date despre parametrii ambientali interni mai poartă și denumirea de dispozitiv ICA. De exemplu, datele despre parametrii ambientali interni pot fi furnizate de un senzor pentru măsurarea temperaturii ambientale, de preferință însoțit de un grup de senzori pentru măsurarea presiunii și umidității din respectiva locație, cum ar fi un senzor tip BME20, produs de firma Bosch, cu domeniul de măsurare pentru temperatură -40 - +85°C, cu precizie 0,01°C, pentru umiditate 0-100% Rh, precizie 0,008% Rh, pentru presiune atmosferică 300-11000 hPa, cu precizie 0,18 Pa.

Într-un exemplu de realizare prezentat în fig.1b, senzori de temperatură, presiune și umiditate **23** se pot afla pe o placă de senzori **20**, care mai cuprinde un microcontroler **21**, o memorie nevolatilă EEPROM **22** pentru stocarea datelor suplimentare de calibrare, etalonare și mentenanță a plăcii de senzori, și toate circuitele suport necesare interfațării senzorilor cu microcontrolerul. Suplimentar, mijloacele interioare **2** pot prelua date de la un senzor **25a** de determinare a concentrației de radon în respectiva locație, aflat pe aceeași placă de senzori **20**. Suplimentar, placa de senzori mai poate conține senzori de detectare a oxizilor de carbon sau de substanțe organice volatile (VOC), cum ar fi un senzor **25c** pentru CO, un senzor **25d** pentru CO₂ și respectiv un senzor **25b** pentru VOC. O sursă de alimentare poate asigura tensiunea necesară senzorilor, cât și filtre suplimentare astfel încât zgomotul electric de la componentele digitale să nu influențeze precizia de măsurare a senzorilor. În plus, placa de senzori mai poate conține o interfață ICSP **24** de programare a microcontrolerului. Prin mijloace de calcul **4** conform invenției se înțelege un procesor capabil să execute operații matematice complicate, necesare calculului concentrației de radon.

Așa cum este prezentat în fig.1b, unitatea locală **1** este formată dintr-o placă de bază **10** pe care se află un microcontroler **11**, de exemplu de tipul AtMeaga128, denumit microcontroler principal, care asigură operarea coerentă a modulelor integrate de pe placa de bază și interfața cu placa de senzori și o placă de afișaj. Pe placa de bază se regăsesc următoarele module integrate: o memorie nevolatilă locală EEPROM **12** utilizată pentru a păstra date particulare ale unității locale cum ar fi adresa geografică, ID, credențiale de la router-ul WiFi din locație, etc; o interfață USB **13** prin care se poate stabili o conexiune locală dintre unitatea locală **1** și un calculator PC, de exemplu pentru configurarea anumitor parametri ai sistemului (credențiale de la router-ul WiFi local) la instalare în locuința beneficiarului; un modul ICSP **14** necesar încărcării unui nou firmware, la nevoie, în microcontroler; un modul RTC **15** de timp real cu baterie care asigură un ceas local, util la logarea datelor în cazul în care conexiunea la internet nu funcționează; un modul de conversie de la protocolul SPI la UART necesar interfațării cu alte module; un modul WiFi **16** pentru comunicarea cu serverul central **SC**.

În plus, unitatea locală mai include un releu I/O **17** care poate controla alte dispozitive, de exemplu poate controla ventilația locației care se dorește a fi aerisită ca urmare a creșterii concentrației de radon peste limitele admise. Pornirea sistemului de ventilație se face cu ajutorul unor relee din acest modul. Tot acest modul permite și instalarea senzorilor externi, de exemplu de temperatură, presiune, etc, oferind posibilitatea monitorizării mai multor zone.

RO 134001 B1

1 Suplimentar, unitatea locală **1** mai poate include o memorie FLASH **18** pentru salva-
rea datelor la nivel local. Astfel, în cazul în care unitatea locală **1** nu poate comunica cu
3 serverul central **SC**, datele măsurate nu se pierd ci se salvează local, urmând să fie trans-
ferate către server după restabilirea conexiunii cu acesta. Placa de afișaj **30** conține ele-
5 mentele de interfață cu utilizatorul și include un afișaj TFT **31**, de preferat de tip touch-screen
rezistiv și butoane **32** pentru folosire afișaj. Prin mijloace **5** de control al concentrației de
7 radon se înțeleg în prezenta invenție acele dispozitive care permit înlocuirea aerului și a altor
gaze, în special radon, aflate în locație, cu aer proaspăt. Aceste dispozitive, pot fi de
9 exemplu, un sistem de ventilație, un aparat de aer condiționat sau structuri ale locației res-
pective, care prin acționare manuală permit aerisirea acesteia, de exemplu ușă sau
11 fereastră. Într-un mod preferat de realizare, acționarea mijloacelor 5 de control, se realizează
prin intermediul unui releu situat pe unitatea locală **1**, în urma instrucțiunilor primite de la
13 serverul central **SC**. Preferabil releul este de tip Normal Open, cu contacti liberi de potențial,
cu specificații de maxim 10 A și 250 V c.a., preferabil nu mai mare de 3 A și 20 V c.a. pentru
15 sarcină rezistivă.

Funcția de calcul al concentrației de radon

17 În sistemul inteligent **S** conform prezentei invenții, determinarea concentrației de
radon se poate face în timp real, prin folosirea datelor furnizate de mijloacele exterioare **3**
19 și interioare **2** privitor la valorile unor parametri ambientali, care în mod surprinzător s-au
dovedit a influența concentrația de radon dintr-o locație. Astfel, calcularea concentrației de
21 radon în respectiva locație ca o funcție de diverși parametri ambientali externi și interni ai
respectivei locații, unde se monitorizează și controlează concentrația de radon, se face prin
23 intermediul unei funcții de calcul care furnizează posibilitatea de predicție a respectivei
concentrații de radon pentru o perioadă de timp următoare. De exemplu, pentru realizarea
25 unei predicții a concentrației de radon, se colectează:

- prin intermediul aplicației API, valorile prognozate pentru temperatură, viteză și
27 direcție vânt pentru un anumit interval de timp, preferabil mai mic de 7 zile, mai preferabil mai
mic de 24 ore, cel mai preferabil, mai mic de 3 ore, și - date de la mijloacele interioare **3**,
29 valori de temperatură din interiorul locației conform predicției de temperatură furnizate de un
sistem interior de termostatare a locației respective, sau conform datelor achiziționate de la
31 senzorul de temperatură din interiorul locației menționate, care se introduc în funcția de
calcul a concentrației de radon și aceasta va furniza o concentrație previzionată de radon în
33 respectiva locație pentru o perioadă de timp. Funcția de calcul dezvoltată se poate aplica în
mod diferențiat în funcție de mecanismele de propagare a radonului în locație, respectiv de
35 localizarea sursei de radon. De exemplu, funcția de calcul propusă în continuare consideră
că principala sursă de emanație a radonului în locația menționată provine din solul pe care
37 respectiva locuință este construită, prin planșeul inferior al respectivei locații. Prin planșeu
inferior se înțelege pe parcursul prezentei invenții, o suprafață plană orizontală care separă
39 spațiul de locuit de solul pe care este construit acest spațiu, fiind realizat dintr-un material
de construcție folosit în mod uzual, preferabil beton folosit în construcțiile civile în acest scop.
41 Pentru simplificare planșeul inferior se va considera ca un mediu poros sau ca o placă cu
găuri prin care are loc transferul de radon din sol spre interiorul locației considerate.

43 Sistemul **S** inteligent de control al concentrației de radon într-o locație folosește o
funcție de calcul al concentrației de radon, determinată conform următoarelor etape:

45 a) o etapă de precalibrare pentru stabilirea parametrilor ce definesc ecuația generala
a funcției de calcul;

RO 134001 B1

b) o etapă de calibrare a funcției de calcul prin care se verifică acuratețea parametrilor ce guvernează reprezentativitatea funcției de calcul în raport cu fenomenul real prin compararea rezultatelor furnizate prin apelarea funcției de calcul cu valorile obținute experimental de la un senzor de radon; în momentul în care funcția numerică de calcul a fost determinată și calibrată, se poate pune în funcțiune sistemul integrat, așa cum este descris în etapa c);	1 3 5
c) o etapă de funcționare a sistemului integrat.	7
a) Etapa de precalibrare a funcției de calcul	
Într-un exemplu preferat descris în fig. 2, prima etapă de dezvoltare a funcției de calcul pentru determinarea concentrației de radon în respectiva locație cuprinde următorii pași:	9 11
i, stabilirea locației P100 ;	
ii, identificarea sursei principale de radon prin utilizarea unui senzor de radon în exterior; preferabil determinarea concentrației de radon din sol se realizează dintr-o probă luată din solul din proximitatea locației respective, de la 1 m adâncime cu ajutorul unei sonde de extracție, fiind numită în continuare concentrație de echilibru P101 ;	13 15
iii, determinarea caracteristicilor constructive ale locației, cum sunt tipul de material de construcție folosit în locație, tipul de ventilare prezentă, naturală și/sau mecanică; construirea modelului geometric al acesteia; datele colectate la punctele i. și ii. intră în funcția de calcul sub formă de parametri P102 ;	17 19
iv, identificarea mecanismelor de propagare a radonului, respectiv a ratei de generare a radonului din sol, pe baza concentrației de echilibru determinată în P101 și identificarea proprietăților fizice ale elementelor poroase prin care se face transferul de radon; datele colectate vor intra în funcția de calcul sub formă de parametri P103 ;	21 23
v, se instalează dispozitivul ICA pentru colectarea valorilor unor parametri ambientali interni, de exemplu temperatura din interiorul locației și se pornește aplicația API pentru colectarea de valori ale unor parametri ambientali externi, de exemplu temperatură, umiditate, viteză și direcție vânt P104 ;	25 27
vi, stabilirea prin rularea unor studii parametrice a principalilor parametri ai funcției de calcul cu influență majoră în transferul de radon către interiorul locației considerate, denumiți în continuare parametri critici- și stabilirea unor intervale de variație permisă pentru aceștia P105 ;	29 31
vii, transmiterea valorilor parametrilor ambientali interni sau condiții de contur interioare de la dispozitivul ICA P106 , și a valorilor parametrilor ambientali externi sau condiții de contur exterioare transmise de aplicația API P107 către funcția de calcul;	33 35
viii, se rulează funcția de calcul cu datele de contur furnizate de mijloacele 3 exterioare (API), temperatură exterioară, viteză și direcție vânt, și cu datele de contur furnizate de mijloacele 2 interioare (dispozitiv ICA), temperatură interioară, P108 ;	37
ix, se compară valoarea concentrației de radon determinată cu funcția de calcul pe baza datelor de contur furnizate de mijloacele exterioare 3 (API) și de mijloacele interioare 2 (dispozitiv ICA), cu concentrația de radon din interiorul locației, determinată de senzorul de radon P109 ;	39 41
x, se rețin valorile parametrilor critici ai funcției de calcul cu care se obține o valoare a concentrației de radon substanțial egală cu concentrația măsurată; se repetă pașii vi-ix pentru un număr prestabilit de valori ale parametrilor critici numite în continuare valori candidat, pentru a se alege funcția de calcul care oferă cea mai mică marjă de eroare a concentrației de radon previzionate P110 .	43 45 47

RO 134001 B1

1 Funcția de calcul a concentrației de radon este reprezentată de ecuația generală (1)
prezentată în continuare.

3 Funcția de calcul este formulată în metoda elementelor finite rezolvând problema
difuziei și advecției prin medii poroase a radonului în regim staționar și nestaționar, așa cum
5 se consideră mediul în care are loc producția și transferul radonului spre elementele de
fundare și mai departe în interiorul locației considerate.

7 Rezolvarea problemei advecției și difuziei radonului prin medii poroase, precum și a
scurgerii și a mișcării fluidelor prin medii poroase se face folosind o serie de metode
9 numerice cum este metoda elementelor finite. În cele ce urmează este descrisă o aplicație
numérica dedicată rezolvării scurgerii radonului prin medii poroase neomogene, anizotrope
11 folosind metoda elementelor finite. Aceasta aplicație este destinată determinării concen-
trațiilor de radon în spațiile de locuit, din surse aflate în sol și puse în mișcare de schimbarea
13 condițiilor de mediu din exterior. Rezultatele obținute sunt destinate controlului optimizat al
soluțiilor de remediere ce folosesc sisteme de presurizare sau depresurizarea a spațiului
15 interior. Acestea pot sa-si regleze capacitatea de a introduce aer curat în spațiu! locuit cu
scopul de a controla calitatea aerului interior.

17 Formularea integrală a ecuațiilor diferențiale care descriu fenomenul studiat conduce
la obținerea unui sistem de ecuații algebrice, ce poate fi rezolvat pentru variabilele din câmp
19 (presiunea, viteza sau concentrația de radon).

Se consideră ecuația diferențială:

$$21 \quad L(C(x,y,z))-F(x,y,z) = 0 \quad (I)$$

în care L este operatorul diferențial, C variabila din câmp, iar Fo funcție cunoscută.

23 Se definește o soluție aproximativă de forma:

$$25 \quad \tilde{C}(x, y, z) = \sum_{i=1}^n N_i(x, y, z)C_i \quad (II)$$

în care

27 N_i - sunt funcțiile de aproximare;

C_i - valorile din nodurile domeniului;

29 n - este numărul de noduri ale discretizării.

Dacă această soluție se înlocuiește în ecuația (i) valoarea nu este egala cu 0:

$$31 \quad L(\tilde{C}(x, y, z)) - F(x, y, z) = R(x, y, z) \neq 0 \quad (III)$$

33 R fiind eroarea ce survine datorită alegerii soluției aproximative. Această valoare
variază în nodurile domeniului. În metoda de calcul propusă se egalează media ponderată
35 a reziduuului în toate nodurile domeniului cu zero.

$$37 \quad \int_{\Omega} W(x, y, z)R(x, y, z)d\Omega = 0 \quad (IV)$$

înlocuind în relația, (i) se obține:

$$39 \quad \iiint_{\Omega} W(x, y, z) \left[L(\tilde{C}(x, y, z)) - F(x, y, z) \right] d\Omega = 0 \quad (V)$$

41 Se specifică forma soluțiilor aproximative pe fiecare element al domeniului. Metoda
lui Galerkin propune ca funcțiile de ponderare să fie la fel ca și cele de interpolare $W_i=N_i$.

$$43 \quad \tilde{C}^e(x, y, z) = \sum_{i=1}^n N_i(x, y, z)C_i \quad (VI)$$

45 $N_i^{(e)}$ -,sunt funcțiile de interpolare ale elementului (câte una pentru fiecare nod);

47 C_i - necunoscutele în fiecare nod ai elementului;

n - numărul de noduri al elementului.

RO 134001 B1

Ecuția de difuzie-advecție pentru mediile poroase din care provine radonul în aerul interior are în regim nestaționar forma:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_e \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_e \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - v_x \frac{\partial C}{\partial x} - v_z \frac{\partial C}{\partial z} - \lambda C + \phi \quad (1)$$

în care:

C - reprezintă concentrația de radon, [Bq/m³];

t - reprezintă timpul de funcționare a sistemului, [s]

D_e - reprezintă coeficientul de difuzie al radonului prin elementul echivalent al mediului poros prin care are loc transferul, [m²/s];

v_x și v_z - reprezintă componentele vitezei aparente de deplasare a fluidului prin mediul poros prin care are loc transferul, [m/s];

λ - reprezintă constanta de dezintegrare a radonului, [s⁻¹];

φ - reprezintă rata de generare a radonului în mediul poros, [Bq/m³];

x, y - reprezintă axele unui sistem de coordonate carteziene.

În condiții staționare, aplicând metoda Galerkin, pentru fiecare din elementele triunghiulare liniare în care este împărțit domeniul poros, se obține un sistem de ecuații (2), care reprezintă forma discretizată a ecuației (1) în metoda elementelor finite.

$$[D^{(e)}]\{C\} = \{F\} \quad (2)$$

în care:

{C} - reprezintă vectorul concentrațiilor necunoscute;

{F} - reprezintă vectorul surselor de radon în nodurile elementului triunghiular;

[D^e] - reprezintă matricea de rigiditate.

Aplicând metoda Galerkin pentru ecuația (1), pentru elemente triunghiulare liniare, se obțin sisteme de ecuații scrise în forma matricială în ecuația (3), care reprezintă forma discretizată a ecuației (1) la nivelul unui element triunghiular liniar (e).

$$[D^e] = \iint_{A^e} \begin{bmatrix} \frac{\partial N_i^{(e)}}{\partial x} & \frac{\partial N_i^{(e)}}{\partial y} \\ \frac{\partial N_j^{(e)}}{\partial x} & \frac{\partial N_j^{(e)}}{\partial y} \\ \frac{\partial N_k^{(e)}}{\partial x} & \frac{\partial N_k^{(e)}}{\partial y} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_x^{(e)} & 0 \\ 0 & D_y^{(e)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial N_i^{(e)}}{\partial x} & \frac{\partial N_j^{(e)}}{\partial x} & \frac{\partial N_k^{(e)}}{\partial x} \\ \frac{\partial N_i^{(e)}}{\partial y} & \frac{\partial N_j^{(e)}}{\partial y} & \frac{\partial N_k^{(e)}}{\partial y} \end{bmatrix} dx dy + \iint_{A^e} \begin{bmatrix} N_i^{(e)} & N_i^{(e)} \\ N_j^{(e)} & N_j^{(e)} \\ N_k^{(e)} & N_k^{(e)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x^{(e)} & 0 \\ 0 & v_y^{(e)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial N_i^{(e)}}{\partial x} & \frac{\partial N_j^{(e)}}{\partial x} & \frac{\partial N_k^{(e)}}{\partial x} \\ \frac{\partial N_i^{(e)}}{\partial y} & \frac{\partial N_j^{(e)}}{\partial y} & \frac{\partial N_k^{(e)}}{\partial y} \end{bmatrix} dx dy + \iint_{A^e} \begin{bmatrix} N_i^{(e)} \\ N_j^{(e)} \\ N_k^{(e)} \end{bmatrix} [\lambda] \begin{bmatrix} N_i^{(e)} & N_j^{(e)} & N_k^{(e)} \end{bmatrix} dx dy \quad (3)$$

RO 134001 B1

1 După derivarea și integrarea ecuației (3) se obține:

$$\begin{aligned}
 3 \quad [D^e] &= \frac{D_x^{(e)}}{4A^{(e)}} \begin{bmatrix} b_i^2 & b_i b_j & b_i b_k \\ b_j b_i & b_j^2 & b_j b_k \\ b_k b_i & b_k b_j & b_k^2 \end{bmatrix} + \frac{D_y^{(e)}}{4A^{(e)}} \begin{bmatrix} c_i^2 & c_i c_j & c_i c_k \\ c_j c_i & c_j^2 & c_j c_k \\ c_k c_i & c_k c_j & c_k^2 \end{bmatrix} + \frac{v_x^{(e)}}{6} \begin{bmatrix} b_i & b_j & b_k \\ b_i & b_j & b_k \\ b_i & b_j & b_k \end{bmatrix} + \\
 5 & \\
 7 \quad \frac{v_y^{(e)}}{6} \begin{bmatrix} c_i & c_j & c_k \\ c_i & c_j & c_k \\ c_i & c_j & c_k \end{bmatrix} + \frac{2A^{(e)}}{3} \lambda \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} & \quad (3a) \\
 9 & \\
 11 &
 \end{aligned}$$

13 Sau în forma matricială: sub forma ecuației (2) de mai sus

$$\begin{bmatrix} D^{(e)} \end{bmatrix} \{C\} = \{F^e\} \quad (2)$$

17 în care:

19 $\{C\}$ - reprezintă vectorul concentrațiilor necunoscute pentru cele trei noduri ale elementului;

21 $\{F^e\}$ - reprezintă vectorul surselor de radon în nodurile elementului triunghiular;

23 $[D^e]$ - reprezintă matricea de rigiditate elementară

$$\begin{bmatrix} D^e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{ii} & D_{ij} & D_{ik} \\ D_{ji} & D_{jj} & D_{jk} \\ D_{ki} & D_{kj} & D_{kk} \end{bmatrix} \quad (2a)$$

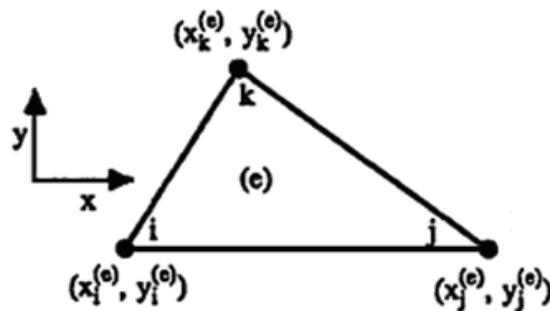
27 în care i, j și k sunt numerele nodurilor elementului triunghiular

29 În condiții staționare, aplicând metoda Galerkin, pentru elemente triunghiulare liniare, se obține seria de ecuații (2), care reprezintă forma discretizată a ecuației (1) în metoda elementelor finite.

$$[D^{(e)}] \{C\} = \{F\} \quad (2)$$

33 Problema tridimensională se reduce la una plană prin folosirea simetriei relative a problemei și considerarea unei distribuții uniforme a rezultatelor obținute.

35 În cazul în care domeniul poros este discretizat folosind elemente plane triunghiulare liniare de tipul ilustrat mai jos,



RO 134001 B1

- funcțiile de interpolare pot fi scrise astfel:

$$N_i^{(e)}(x, y) = \frac{1}{2A^{(e)}}(a_i + b_i x + c_i y)$$

$$N_j^{(e)}(x, y) = \frac{1}{2A^{(e)}}(a_j + b_j x + c_j y)$$

$$N_k^{(e)}(x, y) = \frac{1}{2A^{(e)}}(a_k + b_k x + c_k y)$$

- $A^{(e)}$ aria elementului triunghiular

$$A^{(e)} = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} 1 & x_i^{(e)} & y_i^{(e)} \\ 1 & x_j^{(e)} & y_j^{(e)} \\ 1 & x_k^{(e)} & y_k^{(e)} \end{vmatrix}$$

unde $X_{i,j,k}^{(e)}, y_{i,j,k}^{(e)}$ - coordonatele nodurilor i, j, k ale elementului triunghiular

$$\begin{aligned} a_i &= x_j^{(e)} y_k^{(e)} - x_k^{(e)} y_j^{(e)} & a_j &= x_k^{(e)} y_i^{(e)} - x_i^{(e)} y_k^{(e)} & a_k &= x_i^{(e)} y_j^{(e)} - x_j^{(e)} y_i^{(e)} \\ b_i &= y_j^{(e)} - y_k^{(e)} & b_j &= y_k^{(e)} - y_i^{(e)} & b_k &= y_i^{(e)} - y_j^{(e)} \\ c_i &= x_k^{(e)} - x_j^{(e)} & c_j &= x_i^{(e)} - x_k^{(e)} & c_k &= x_j^{(e)} - x_i^{(e)} \end{aligned}$$

Sistemul de ecuații ce trebuie rezolvat pentru a obține concentrațiile în fiecare nod al domeniului este obținut prin compunerea sistemelor elementare (formulate la nivel de element) sub forma unui sistem global de ecuații algebrice (la nivelul întregului domeniu poros) și rezolvarea sa. Se formulează două sisteme de ecuații, prin rezolvarea primului sistem de ecuații de presiuni, se obțin vitezele de circulație a amestecului aer-radon care se introduc în al doilea sistem de ecuații care conduce la obținerea valorilor concentrațiilor de radon.

Vitezele sunt obținute după rezolvarea sistemului de ecuații obținute prin aplicarea aceluiași procedeu Galerkin ecuației de continuitate scrisă pentru medii poroase, în respectiva ecuație intrând coeficienții de permeabilitate și câmpul de presiuni generate de sucțiunile aplicate pe conturul domeniului.

După calcularea valorilor nodale ale presiunilor și concentrațiilor se trece la determinarea concentrației interioare de radon:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{R_{RN}}{V} - (\lambda + \lambda_v) C$$

în care:

$\frac{dC}{dt}$ reprezintă gradientul concentrației de radon în interiorul locației, [Bq/m³s];

V - reprezintă volumul încăperii, [m³];

λ - reprezintă constanta de dezintegrare Rn, [s⁻¹];

λ_v - reprezintă numărul de schimburi orare, [s⁻¹].

Prin număr de schimburi orare se va înțelege pe parcursul descrierii prezentei invenții, raportul dintre volumul de aer curat ce pătrunde în locația respectivă într-o oră și volumul total al acesteia.

RO 134001 B1

1 C reprezintă concentrația de radon în interiorul locației, [Bq/m³],
2 R_{RN} cantitatea de radon exhalată în spațiul interior la nivelul interfeței de contact
3 [Bq/s];

unde R_{RN} se calculează cu ecuația (8):

$$R_{RN} = \iint \left(-D_{ech} \frac{dC}{dz} - \frac{k_{ech}}{\mu} \frac{dP}{dz} C \right) dx dy \quad (8)$$

în care:

9 D_{ech} - reprezintă coeficientul de difuzie echivalent al plăcii, [m²/s];

k_{ech} - reprezintă coeficientul de permeabilitate echivalentă al plăcii, [m²];

11 $\frac{dC}{dz}$ - reprezintă gradientul concentrației de radon;

13 $\frac{dP}{dz}$ - reprezintă gradientul presiunii;

15 μ - reprezintă coeficientul de vâscozitate dinamică a amestecului de aer/radon,
17 [Ns/m²];

C - reprezintă concentrația de radon [Bq/m³].

19 Ecuația de bilanț este rezolvată cu ajutorul diferențelor finite

$$\frac{C_{i+1} - C_i}{\Delta t} = \frac{R_{RN}}{V} - (\lambda - \lambda_V) C_i \quad (7.1)$$

21 C_i - valoarea inițială a concentrației medii de radon în aerul interior, [Bq/m³];

23 C_{i+1} - valoarea concentrației medii de radon în aerul interior [Bq/m³] la trecerea
intervalului de timp Δt [s]

$$C_{i+1} = C_i + \Delta t \left(\frac{R_{RN}}{V} - (\lambda - \lambda_V) C_i \right) \quad (7.2)$$

27 Dacă se ia în calcul și viteza și direcția vântului, iar efectul umidității relative este
neglijat, funcția folosită la determinarea sucțiunilor poate fi scrisă sub forma:

$$\Delta P = \Delta P_v + \Delta P_t = \frac{1}{2} \rho v^2 C_d - 273 \rho \Delta h \left(\frac{1}{T_{ext}} - \frac{1}{T_{int}} \right) \quad (7.3)$$

29 ρ - densitatea aerului [kg/m³];

33 v² - pătratul vitezei medii a aerului în jurul clădirii [m/s];

C_d - coeficientul de corecție ce ține cont de direcția vântului;

35 Δh - poziția axei neutre (va fi considerată egală cu înălțimea clădirii, depinde de
locație);

37 T_{ext} - temperatura aerului exterior [C];

T_{int} - temperatura aerului interior [C].

$$\lambda_v = \lambda_{vN} + \lambda_{vM} \quad (7.4)$$

39 λ_v - reprezintă numărul de schimburi orare [1/s];

41 λ_{vN} - reprezintă numărul de schimburi orare datorate permeabilității clădirii [1/s]
(obținută ca un efect al diferențelor de presiune generate de gradientii de temperatura și de
43 viteza aerului exterior)

$$\lambda_{vN} = C_L \Delta P^{0,5} \quad (7.5)$$

45 C_L - coeficientul de permeabilitate al locuinței [1/Pa s];

47 ΔP^{0,5} - rădăcina pătrată a sucțiunii [Pa].

RO 134001 B1

λ_{VM} - reprezintă numărul de schimburi orare obținute prin ventilare mecanică	1
$\lambda_{VM} = -\frac{Q}{V} \quad (7.6)$	3
Q - debitul de aer „curat” introdus de sistemul de ventilare [m ³ /s];	
V - volumul spațiului ventilat [m ³].	5
Modelul geometric 2D plan (în două dimensiuni) pentru descrierea transferului de radon prezentat mai sus rezolvă problema plană a transportului de radon în interiorul clădirilor, iar transferarea rezultatelor spre un model în trei dimensiuni în spațiu (3D) se face prin integrarea rezultatelor pe suprafața de exhalare a radonului folosind simetria relativă a procesului simplificat. Acest tip de abordare asigură rapiditate în obținerea rezultatelor și dovedește eficiența modelului numeric în raport cu alte metode care se folosesc pentru rezolvarea integrală 3D a acestui tip de problemă.	7 9 11
b) Etapa de calibrare a funcției de calcul al concentrației de radon	13
Într-un exemplu preferat de realizare descris în fig. 3, etapa de calibrare a funcției determinate în etapa anterioară a) cuprinde următorii pași:	15
i. Se stabilește un interval de timp pentru verificarea funcției de calcul folosind valorile determinate în etapa precedentă a) pentru parametri critici în transferul radonului de la sursă în aerul din locația menționată - pasul P201 .	17
ii. Pe parcursul intervalului de timp ales în pasul precedent i., se introduc în funcția de calcul date (condiții de contur) furnizate de mijloacele exterioare 3 , prin intermediul aplicației API pentru temperatură, viteză și direcție vânt, și date (condiții de contur) furnizate de mijloacele interioare 2 , de exemplu de la senzorul de temperatură din interiorul locației al dispozitivului ICA - pasul P201 .	19 21 23
iii. Calcularea concentrațiilor de radon folosind funcția de calcul - pasul P202 .	
iv. Compararea valorilor obținute prin aplicarea funcției de calcul cu valorile concentrației de radon furnizate de mijloacele interioare 2 , respectiv senzor de radon al dispozitivului ICA, în intervalul de timp ales în etapa i. - pasul P203 .	25 27
v. Validarea funcției de calcul dacă valorile obținute pentru concentrația de radon se încadrează în limitele intervalului de încredere stabilit în etapa a) pasul x. P110 , pe parcursul intervalului de timp ales. - pasul P204 .	29
vi. Dacă nu, se reiau pașii i. - v. pentru alte valori candidat ale parametrilor critici determinați la finalul etapei a) de precalibrare a funcției de calcul - pasul P205 .	31
c) Etapa de verificare și funcționare a sistemului inteligent de determinare și control al concentrației de radon.	33
Într-un exemplu preferat de realizare descris în fig. 4, după ce funcția de calcul a concentrației de radon a fost determinată și calibrată, aceasta este încărcată în aplicația de pe server, iar sistemul este gata de funcționare. În timpul funcționării, serverul SC primește date de la mijloacele exterioare 3 , prin aplicația API și de la mijloacele interioare 2 , prin intermediul unității locale 1 situate la locația de monitorizat. Într-un exemplu preferat, datele citite de senzorul de radon ICA sunt stocate continuu pentru a permite verificarea periodică a rezultatelor numerice și eliminarea eventualelor decalibrări ale sistemului, datorate unor schimbări ale parametrilor principali.	35 37 39 41
Astfel, prin aplicația aflată pe serverul SC, se preiau condiții de contur, de exemplu date despre temperatura din interiorul locației și despre temperatura, umiditatea, viteza și direcția vântului din exteriorul locației (pasul P301), iar condițiile de contur sunt folosite în funcția stabilită în pasul P204 pentru calculul concentrației de radon la intervale prestabilite de timp, de exemplu la interval de o oră pe perioadă de timp considerată pentru monitorizarea concentrației de radon P302 .	43 45 47

RO 134001 B1

1 În pasul **P303**, se compară concentrația calculată conform funcției de calcul cu un
2 prag prestabilit, peste care nivelul de radon din locație devine nociv, și în cazul în care con-
3 concentrația este peste pragul respectiv, se trece la pasul **P304**. Altfel, în cazul în care concen-
4 trația de radon este sub pragul critic nociv, se reia monitorizarea prin preluarea datelor de
5 la senzor. Preferabil un prag prestabilit pentru concentrația de radon în aerul din locație este
6 de 300 Bq/m³, mai preferabil 100 Bq/m³. În pasul **P304**, când se determină că s-a ajuns la
7 o concentrație de radon peste pragul critic nociv, din aplicația aflată pe serverul SC se trimite
8 o comandă către unitatea locală 1 care acționează mijloacele 5 de control al concentrației
9 de radon, pentru reglarea sistemului de ventilare mecanică.

10 Într-un alt aspect, invenția își propune o metodă de determinare și control optimizat
11 al concentrației de radon din aer dintr-o locație, utilizând o funcție de calcul al concentrației
12 de radon determinată prin parcurgerea unor etape de precalibrare și calibrare a unei funcții
13 de calcul prin care se prognozează concentrația de radon din respectiva locație. Suplimentar
14 metoda menționată mai cuprinde etapa de validare în funcționare a funcției de calcul prin
15 care se prognozează concentrația de radon din respectiva locație.

16 Etapa 1: într-un exemplu preferat de realizare descris în fig.5, se prezintă metoda
17 pentru precalibrare a funcției de calcul pentru utilizare în prognoza concentrației de radon
18 din respectiva locație care cuprinde:

19 a) Stabilirea parametrilor care descriu geometria secțiunii transversale (modelarea
20 2D) a locației considerate pentru aplicarea funcției de calcul utilizată în prognozarea
21 concentrației de radon în respectiva locație, de exemplu cei referitori la materialul elemen-
22 tului echivalent din planșeul inferior considerat prin care se realizează transferul de radon
23 și dimensiunile acestuia, tipul de ventilare naturală sau mecanică existent, etanșeitarea
24 locației considerate, așa cum este prezentat în tabelul 1 din fig. 5;

25 b) Stabilirea parametrilor care descriu proprietăți referitoare la rata de generare a
26 radonului, permeabilitatea solului pentru radon, permeabilitatea planșeului inferior pentru
27 radon, schimburi orare de radon, diferențe de presiune pe conturul suprafeței considerate,
28 așa cum este prezentat în tabelul 1 din fig. 5;

29 c) Se realizează o serie de studii parametrice, eliminând elementele determinate din
30 analiză ca fiind cu influență redusă asupra transferului de radon în locația considerată, așa
31 cum este prezentat în tabelele 2 și 3 din fig. 5;

32 d) Se stabilesc parametri necunoscuți ai funcției de calcul care din studiile de
33 senzitivitate rezultă a fi importanți în procesul de transfer al radonului în interior, respectiv:

34 - permeabilitatea echivalentă a plăcii planșeului inferior, considerat suprafață de
35 transfer a radonului dinspre sursa de radon din sol spre interiorul locației menționate;

36 - numărul de schimburi orare, prin care se înțelege pe parcursul prezentei descrieri
37 de invenție, raportul dintre volumul de aer curat ce pătrunde în locația respectivă într-o oră
38 și volumul total al acesteia, așa cum este prezentat în tabelul 4 din fig. 5;

39 e) Se stabilesc intervale de variație și numărul de valori generate pentru parametri
40 menționați în pasul d) numite valori candidat;

41 f) Se pornește aplicația API pentru achiziționare date de parametri ambientali externi
42 de exemplu, temperatură, umiditate, viteză și direcție vânt din exteriorul locației considerate,
43 pentru a fi introduse în funcția de calcul (condiții de contur exterioare);

44 g) Se trimit date de parametri ambientali interni de exemplu temperatura ambientală
45 internă achiziționate de la senzorul interior din locație din dispozitivul ICA sau de la un sistem
46 de termostatare din respectiva locație, pentru a fi introduse în funcția de calcul (condiții de
47 contur interioare);

RO 134001 B1

h) Se efectuează experimente numerice pentru seturi diferite de valori candidat ale parametrilor necunoscuți stabiliți în pasul d), folosind condiții de contur exterioare și condiții de contur interioare determinate în pasul f), respectiv g) și se obține o valoare calculată conform cu funcția de calcul pentru concentrația de radon din interiorul locației;	1 3
i) Se compară valoarea concentrației de radon determinată cu funcția de calcul în pasul h) cu valoarea concentrației de radon măsurată cu mijloace interioare, de exemplu cu senzorul de radon 25a al dispozitivului ICA;	5 7
j) Dacă valoarea concentrației de radon obținută numeric se încadrează într-o marjă de eroare admisibilă față de valoarea măsurată a concentrației de radon, setul de valori alese pentru parametrii necunoscuți ai funcției de calcul este corect și se trece la etapa 2 - Metoda pentru calibrarea funcției de calcul pentru utilizare în prognoza concentrației de radon din respectiva locație;	9 11
k) Dacă valoarea concentrației de radon obținută numeric este în afara marjei de eroare admisibilă față de valoarea măsurată a concentrației de radon, se reiau pașii de la h) la j) din etapa 1.	13 15
Etapa 2 - într-un exemplu preferat de realizare descris în fig. 6, se prezintă metoda pentru calibrare a funcției de calcul pentru utilizare în prognoza concentrației de radon din respectiva locație, care cuprinde următorii pași:	17
a. Se consideră în funcția de calcul valorile determinate în etapa 1 pentru parametrii importanți în procesul de transfer al radonului în interior permeabilitatea echivalentă a plăcii planșeului inferior și numărul de schimburi orare;	19 21
b. Se efectuează o analiză tranzitorie pe baza datelor de intrare livrate de aplicația API - condiții de contur exterioare, respectiv de dispozitivul ICA - condiții de contur interioare, pe parcursul unei perioade de timp prestabilite;	23
c. Se compară rezultatele generate de funcția de calcul cu datele furnizate de dispozitivul ICA în perioada de timp stabilită;	25
d. Dacă rezultatele obținute se înscriu în marja de eroare a măsurătorilor efectuate de dispozitivul ICA, se trece la etapa 3 - Metoda pentru validare în funcționare a funcției de calcul pentru utilizare în prognozarea concentrației de radon din respectiva locație;	27 29
e. Dacă rezultatele obținute nu se înscriu în marja de eroare a măsurătorilor efectuate de dispozitivul ICA, se alege un alt set de valori candidat și se repetă pașii a-d.	31
Etapa 3 - într-un exemplu preferat de realizare descris în fig. 7, se prezintă metoda pentru validare în funcționare a funcției de calcul pentru utilizare în prognoza concentrației de radon din respectiva locație, care cuprinde următorii pași:	33
i. Funcția precalibrată și calibrată în regim tranzitoriu este pusă în funcțiune pe serverul SC.	35
ii. Se setează un prag prestabilit pentru concentrația de radon în aerul din locație, preferabil între 100 și 300 Bq/m ³ peste care concentrația de radon se consideră nocivă pentru o ființă umană.	37 39
iii. Se notează poziția amplasamentului unde se află locația considerată, în care se determină și controlează concentrația de radon din aerul interior.	41
iv. Se culeg date meteo previzionate și în timp real din amplasament, furnizate de aplicația API.	43
Dacă există un sistem performant de control al temperaturii interioare, care poate funcționa cu temporizare sau fără, se achiziționează datele furnizate de acesta și se trece la calculul previzionat al concentrațiilor interioare de radon pe baza sucțiunilor calculate. Dacă controlul temperaturii interioare nu este posibil, calculele se fac în timp real. Sucțiunile se calculează în timp real și valoarea concentrației de radon se calculează pentru pasul de timp setat, preferabil la interval de 1 oră.	45 47 49

RO 134001 B1

1 v. Dacă concentrațiile previzionate depășesc valoarea prestabilită, se pornește
sistemul de remediere, de preferință doar în intervalul de timp necesar pentru ca respectiva
3 concentrație de radon să revină sub pragul de concentrație admisibil.

5 Se prezintă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu fig. 1-7,
care prezintă doar un mod preferat de ilustrare a sistemului inteligent și a metodei de
7 determinare și control al concentrației de radon dintr-o locație, fără a constitui o limitare a
invenției.

Exemplu de parcurgere a etapei de precalibrare:

9 Echipa responsabilă cu măsurătorile se deplasează la obiectiv și identifică elementele
principale ale locației și solului din apropierea fundației. Se realizează/sau se obține releveul
11 clădirii. Se efectuează o serie de măsurători cu privire la permeabilitatea, respectiv concen-
trațiile de radon din sol, se identifică potențiale surse de radon, precum și tipul de ventilare
13 prezent în locație, respectiv ventilare naturală și/sau mecanică.

În continuare, se consideră următoarele:

15 a. Solul este principala sursă de radon. Acesta se consideră uscat, omogen, având
permeabilitatea egală cu $1E-12 \text{ m}^2$ (P29, tabel 1 din fig. 5) și porozitatea egală cu 0,50;
17 pentru a determina coeficientul de difuzie a radonului prin mediul poros considerat, se va
utiliza modelul Millington Quirk. Concentrația de radon în sol la adâncimea de 1 metru
19 măsurată de echipa din teren este egală cu $21,2 \text{ kBq/m}^3$ și este folosită pentru a calcula rata
degenerare a radonului uniform distribuită în solul din jurul clădirii.

21 b. Pentru a lua în calcul aportul de radon din sol se alege pe baza studiilor de
senzitivitate ca domeniul reprezentat de sol în funcția numerică de calcul să fie extins la cel
23 puțin 10 metri de la structurile din beton (P4, P5, tabel 1, fig. 5).

25 c. Subsolul clădirii cu dimensiunile de $5 \times 5 \times 5$ (reduc în modelul numeric la
 $2,5 \times 2,5 \times 2,5$, considerând simetria fenomenului (P1 tabel 1, din fig. 5)) este încăperea în care
radonul pătrunde prin intermediul plăcii plafonului inferior din beton cu grosimea de 0,15 m
27 (P2, tabel 1 fig. 5) și se propagă în restul clădirii prin ventilarea naturală a aerului. Se
identifică o serie de fisuri cu lățimea de aproximativ 1 mm.

29 d. Sub placa de beton, conform proiectului de execuție a clădirii, se identifică un strat
de pământ de adâncime 0,50 metri (P3), cu permeabilitatea $1E-8 \text{ m}^2$ (P25) și porozitatea
31 0,17, rezultând coeficientul de difuzie a radonului prin mediul poros calculat pe baza
Millington Quirk (P26).

33 Pereții subsolului sunt compacți și fără fisuri; sunt eliminați din funcția de calcul; se
decide ca sistemul de remediere să se bazeze pe creșterea ratei de ventilare a aerului din
35 acest spațiu folosind ventilarea mecanică. Datele sunt prelucrate și transferate aplicației
numerice sub forma unor parametri, așa cum este prezentat în tabelul 1 din fig. 5, și anume:

37 - de la P1 la P7 - parametri ce țin de geometria secțiunii transversale pe care se face
analiza plană;

39 - de la P25 la P31 - parametri setați pentru diferite proprietăți fizice ale elementelor
poroase prin care se face transferul de radon spre locația considerată;

41 - parametru P32 reprezintă schimburile orare.

43 Se realizează o serie de studii parametrice, eliminând elementele determinate din
analiză ca fiind cu influență redusă, urmată de setarea unor intervale permise de variație
45 pentru parametrii asupra cărora planează un grad ridicat de incertitudine și care din studiile
parametrice rezultă a fi importanți în procesul de transfer a radonului în interior, respectiv
permeabilitatea echivalentă a plăcii (datorită incertitudinilor datorate gradului de fisurare a
47 plăcii de beton) și schimburile orare, așa cum se vede în tabel 2 din fig. 5.

RO 134001 B1

Sunt setate intervalele permise de variație a acestor doi parametri, pentru permeabilitatea plăcii echivalente între 1E-8 și 1E-10 m², iar pentru schimburile orare între 0,1 și 1 h⁻¹. 1
3

Se efectuează un număr de 20 de experimente numerice pentru valori diferite ale acestor parametri în așa fel încât să fie acoperite toate valorile și combinațiile posibile, așa cum se arată în tabelul 3 din fig. 5. 5

Datele rezultate sunt folosite pentru a obține un număr de puncte candidat, respectiv perechi de valori pentru care se obține concentrația interioară citită la fața locului de echipa responsabilă cu diagnosticarea *in situ*. Se setează concentrația interioară măsurată la momentul deplasării echipei la obiectiv, la valoarea 3,5 Bq/m³, sucțiunea egală cu 5Pa, calculată pe baza datelor meteo înregistrate la data efectuării investigațiilor. 7
9
11

Se obțin trei seturi de valori candidat, prin interpolarea rezultatelor obținute în cadrul experimentelor numerice realizate la pasul anterior, așa cum este prezentat în tabelul 4 din fig. 5. 13

Exemplu de parcurgere a etapei de calibrare care cuprinde următorii pași: 15

Se alege un interval de timp în care se înregistrează: temperaturi din interior, respectiv din exterior, furnizate respectiv, cea din interior de către sistemul ICA, cea din exterior de către aplicația API, împreună cu viteza aerului exterior. Se determină graficul de variație a sucțiunii ce apare la nivelul radierului (trasat cu albastru în fig. 6) cu valorile cuprinse între -1 și -11 Pa; prin sucțiune se va înțelege pe parcursul descrierii, diferența dintre presiunea din interiorul locației și presiunea atmosferică. Aceste valori sunt calculate ținând cont de diferențele de temperatură dintre interior și exterior și de viteza medie a curenților de aer exterior, folosind relația următoare: 17
19
21
23

$$\Delta P = \Delta P_v + \Delta P_t = \frac{1}{2} \rho v^2 C_d - 273 \rho \Delta h \left(\frac{1}{T_{ext}} - \frac{1}{T_{int}} \right) \quad (7.3) \quad 25$$

în care:

ΔP - sucțiunea, [Pa]; 27

ΔP_v - sucțiunea creată de mișcarea aerului exterior, [Pa];

ΔP_t - sucțiunea creată de gradientul de temperatură, [Pa]; 29

ρ - densitatea aerului, 1,17 [kg/m³];

v - viteza medie a aerului, furnizată în valori medii orare de aplicația API, [m/s]; 31

C_d - coeficient de corecție în funcție de direcție vânt, 1,2;

Δh - poziția planului neutru raportat la suprafața de exhalare, 5 metri; 33

T_{ext} , T_{int} - temperatura exterioară, respectiv temperatura interioară [°C].

Valorilor de concentrație de radon măsurate de dispozitivul ICA (trasat cu cu negru, în fig. 6) li se aplică marja de incertitudine (banda gri, în fig. 6): 35

$\pm 1,68 \times C_{int}$ dacă valorile înregistrate sunt mai mici de 100 Bq/m³, respectiv 37

$\pm 1,36 \times C_{int}$ dacă valorile măsurate sunt cuprinse între 100 Bq/m³ și 1000 Bq/m³.

Rezultatele obținute folosind punctele candidat obținute numeric (trasat cu verde, în fig.6) sunt comparate cu valorile măsurate, apoi se va alege setul de puncte candidat 2 datorită rezultatelor bune obținute (tabel 4 în fig. 5). 41

Exemplu de parcurgere a etapei de funcționare efectivă a sistemului de control, în legătură cu fig. 7: 43

Funcția de calcul precalibrată și calibrată este pusă în funcțiune pe serverul SC.

Se setează o concentrație de control, respectiv o valoare maximă admisă, egală cu 100 Bq/m³. 45

Se culeg datele meteo previzionate și în timp real din amplasament (furnizate de API) pe baza cărora se calculează sucțiunile cu relația: $\Delta p = \Delta p_v + \Delta p_t$. 47

RO 134001 B1

1 Având în vedere că sistemul de termoficare din locația respectivă menține valoarea
temperaturii interioare la o valoare cunoscută și temporizată, se trece la calculul previzionat
3 al concentrațiilor interioare pe baza sucțiunilor.

5 Dacă concentrațiile previzionate depășesc valoarea prestabilită, se pornește sistemul
de remediere strict pe intervalul de timp în care se previzionează această depășire,
7 analizând valorile calculate: pentru rezultatele previzionate sub concentrația maximă admisă
de 100 Bq/m³, așa cum se prezintă în fig. 7, sistemul nu pornește sistemul de remediere,
constatându-se o încadrare a valorilor previzionate în limitele admise.

9 Dacă pentru rezultatele previzionate conform cu fig. 7, sistemul constată o depășire
a nivelului de control (pe perioadele marcate cu roșu), se decide acționarea mijloacelor de
11 control al concentrației de radon din aerul din interiorul locației considerate pentru a realiza
remediarea calității aerului.

13 Acționarea mijloacelor de control ale concentrației de radon conform invenției
realizează o creștere a schimburilor orare la 1,5 h⁻¹. Acest lucru este posibil prin montarea
15 unei instalații de ventilare mecanică. Ea este obținută folosind un ventilator axial capabil să
extragă 150 m³/h. În mod natural sistemul preconizează că schimburile orare sunt egale cu
17 0,5 h⁻¹. Rezultatele prezentate în fig. 7 sunt obținute pentru ventilarea naturală. Zonele
marcate cu roșu sunt perioadele în care ventilarea mecanică este necesară și trebuie să
19 intervină, respectiv în total aproximativ o zi din cele 8 pentru care se execută prognoza
concentrațiilor în spațiul interior.

21 Un alt exemplu cu date numerice de optimizare, verificare și control al sistemului de
remediere conform invenției este detaliat în Tabelul 1 următor.

RO 134001 B1

Tabel

Date citite de API și senzorul ICA		Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5						Valoarea concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit obținută aplicând procedura iterativă MEF		Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține C=300 Bq/mc		Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA	
Ziua	Ora	Tint	Text	v	ΔP	lv	Media zilnică ΔP	Media zilnică lv	C radon Media zilnică calculat	Media zilnică lv sistem ventilare	C radon măsurat	C radon măsurat Media zilnică	
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]	
1	12:00 AM	18.00	-0.3	2	1.96	0.5038	2.91	0.596	721.41	0.861	1024.54	1142.57	
	1:00 AM	18.06	0	2	1.95	0.5024					1043.61		
	2:00 AM	18.12	0	2	1.95	0.5028					1060.68		
	3:00 AM	18.20	0	2	1.95	0.5031					1075.77		
	4:00 AM	18.28	0.3	2	1.94	0.5019					1088.88		
	5:00 AM	18.34	1.1	2	1.91	0.4979					1095.54		
	6:00 AM	18.48	1.7	3	3.46	0.6693					1106.75		
	7:00 AM	18.60	1.9	4	5.64	0.8549					1102.64		
	8:00 AM	18.83	1.3	3	3.48	0.6720					1120.66		
	9:00 AM	18.92	1.1	2	1.93	0.5007					1128.01		
	10:00 AM	19.09	2.3	3	3.45	0.6690					1138.42		
	11:00 AM	19.00	2.2	3	3.45	0.6691					1130.97		
	12:00 PM	19.07	2.7	3	3.44	0.6674					1153.24		
	1:00 PM	19.09	3.4	3	3.41	0.6647					1170.28		
	2:00 PM	19.15	3.3	5	8.42	1.0443					1180.80		
	3:00 PM	19.16	2.5	3	3.45	0.6685					1178.97		
4:00 PM	19.15	1.9	3	3.47	0.6708	1180.73							
5:00 PM	19.05	1.2	3	3.50	0.6732	1192.56							

RO 134001 B1

Tabel (continuare)

Ziua	Date citite de API și senzorul ICA			Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5					Valoarea concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit obținută aplicând procedura iterativă MEF	Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține C=300 Bq/mc	Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA	
	Ora	Timp	Text	v	ΔP	lv	Media zilnică ΔP	Media zilnică lv	C radon Media zilnică calculat	Media zilnică lv sistem ventilare	C radon măsurat	C radon măsurat Media zilnică
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]
	6:00 PM	19.08	0.7	2	1.96	0.5035					1212.86	
	7:00 PM	19.05	0.2	2	1.98	0.5060					1211.55	
	8:00 PM	19.15	-0.2	1	1.06	0.3703					1227.84	
	9:00 PM	19.16	-1.4	1	1.11	0.3790					1224.09	
	10:00 PM	19.17	-1.3	2	2.04	0.5144					1229.60	
	11:00 PM	19.05	-2.7	2	2.10	0.5212					1212.05	
	12:00 AM	19.11	-2.8	3	3.67	0.6892					1166.20	
	1:00 AM	19.02	-2.9	2	2.10	0.5221					1105.96	
	2:00 AM	18.96	-3.2	2	2.11	0.5234					1063.25	
	3:00 AM	18.75	-3.4	2	2.11	0.5235					1028.23	
	4:00 AM	18.50	-3.4	3	3.67	0.6895					988.46	
	5:00 AM	18.20	-4	2	2.12	0.5242	1.80	0.469	905.81	0.890	959.01	1105.40
	6:00 AM	18.08	-5	2	2.16	0.5289					964.38	
	7:00 AM	17.98	-5.7	2	2.18	0.5321					984.16	
	8:00 AM	18.09	-5.7	2	2.19	0.5326					1007.81	
	9:00 AM	18.10	-5.9	2	2.20	0.5337					1028.04	
	10:00 AM	18.26	-4.4	3	3.70	0.6927					1050.32	
	11:00 AM	18.25	-2.4	1	1.12	0.3805					1095.77	
	12:00 PM	18.29	0.5	1	1.00	0.3597					1124.90	
	1:00 PM	18.42	1.1	1	0.98	0.3561					1126.98	
	2:00 PM	18.60	1.5	1	0.97	0.3543					1139.32	
	3:00 PM	18.69	2.2	1	0.94	0.3497					1158.88	
	4:00 PM	18.69	2.3	1	0.94	0.3489					1198.56	

RO 134001 B1

Tabel (continuare)

Date citite de API și senzorul ICA		Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5							Valoarea concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit obținută aplicând procedura iterativă MEF	Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține C=300 Bq/mc	Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA	
Ziua	Ora	Tint	Text	v	ΔP	λv	Media zilnică ΔP	Media zilnică λv	C radon Media zilnică calculat	Media zilnică λv sistem ventilare	C radon măsurat	C radon măsurat Media zilnică
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]
	6:00 PM	18.75	0.6	1	1.01	0.3619					1213.61	
	7:00 PM	18.61	-0.4	1	1.05	0.3683					1210.17	
	8:00 PM	18.51	-1.2	1	1.08	0.3735					1199.77	
	9:00 PM	18.44	-2	1	1.11	0.3788					1183.57	
3	10:00 PM	18.27	-2.5	2	2.06	0.5167	1.86	0.483	887.07	0.887	1145.22	1132.69
	11:00 PM	18.09	-3.3	2	2.09	0.5200					1088.28	
	12:00 AM	18.06	-4	2	2.12	0.5236					1061.93	
	1:00 AM	18.01	-4.8	2	2.15	0.5276					1041.22	
	2:00 AM	18.14	-5.3	3	3.74	0.6959					1040.54	
	3:00 AM	18.15	-6	2	2.20	0.5345					1036.67	
	4:00 AM	18.14	-6.7	2	2.23	0.5381					1042.64	
	5:00 AM	18.05	-6.5	2	2.22	0.5366					1041.52	
	6:00 AM	18.07	-6.9	1	1.30	0.4109					1030.55	
	7:00 AM	18.05	-7.2	1	1.31	0.4128					1032.79	
	8:00 AM	18.14	-7.6	1	1.34	0.4160					1060.00	
	9:00 AM	18.15	-7.7	1	1.34	0.4168					1081.25	
	10:00 AM	18.14	-7.3	1	1.32	0.4140					1112.74	
11:00 AM	18.05	-5.4	1	1.24	0.4004	1134.39						
12:00 PM	18.07	-3.7	1	1.17	0.3887	1168.89						
1:00 PM	18.05	-3	2	2.07	0.5183	1195.38						
2:00 PM	18.14	-2.4	3	3.61	0.6843	1218.27						
3:00 PM	18.15	-1.3	2	2.01	0.5098	1227.52						

RO 134001 B1

Tabel (continuare)

Ziua	Ora	Date citite de API și senzorul ICA		Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5				Media zilnică ΔP	Media zilnică lv	C radon Media zilnică calculat	Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține C=300 Bq/mc	Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA	
		Tint	Text	v	ΔP	lv	C radon					Media zilnică lv sistem ventilare	C radon măsurat
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]	
	5:00 PM	18.05	-1	2	1.99	0.5077						1257.68	
	6:00 PM	18.07	-1.7	1	1.08	0.3744						1276.60	
	7:00 PM	17.99	-2.7	1	1.12	0.3811						1270.66	
	8:00 PM	18.18	-3.8	2	2.11	0.5231						1240.32	
	9:00 PM	18.25	-4.1	1	1.19	0.3926						1193.96	
	10:00 PM	18.28	-5.1	0	0.92	0.3453						1144.59	
	11:00 PM	18.20	-5.7	1	1.26	0.4034						1107.09	
	12:00 AM	18.21	-6.1	1	1.27	0.4062						1076.23	
	1:00 AM	18.15	-6.8	1	1.30	0.4106						1058.70	
	2:00 AM	18.18	-7.1	0	1.00	0.3605						1060.88	
	3:00 AM	18.10	-7.6	2	2.27	0.5426						1045.36	
	4:00 AM	18.14	-8.2	1	1.36	0.4201						1058.24	
4	5:00 AM	18.05	-7.9	1	1.35	0.4176	1.37	0.417	1037.37	0.904		1066.67	
	6:00 AM	18.07	-7.8	1	1.34	0.4170						1075.00	
	7:00 AM	18.05	-7.8	2	2.28	0.5434						1077.74	
	8:00 AM	18.14	-7.1	1	1.31	0.4126						1096.41	
	9:00 AM	18.15	-6.6	1	1.29	0.4093						1124.65	
	10:00 AM	18.14	-6.7	1	1.30	0.4099						1153.58	
	11:00 AM	18.05	-6.1	1	1.27	0.4053						1180.85	
	12:00 PM	18.07	-4.5	0	0.89	0.3391						1196.41	
	1:00 PM	18.05	-3.8	1	1.17	0.3892						1194.10	
	2:00 PM	18.14	-3.5	1	1.16	0.3877						1213.78	

RO 134001 B1

Tabel (continuare)

		Date citite de API și senzorul ICA						Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5			Valoarea concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit obținută aplicând procedura iterativă MEF	Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține C=300 Bq/mc	Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA	
Ziua	Ora	Tint	Text	v	ΔP	lv	Media zilnică ΔP	Media zilnică lv	C radon Media zilnică calculat	Media zilnică lv sistem ventilare	C radon măsurat	C radon măsurat Media zilnică		
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]		
	4:00 PM	18.14	-2.6	2	2.06	0.5166					1203.53			
	5:00 PM	18.05	-2.5	1	1.11	0.3800					1201.68			
	6:00 PM	18.07	-2.6	2	2.06	0.5163					1210.07			
	7:00 PM	18.05	-2.6	1	1.12	0.3807					1200.97			
5	8:00 PM	18.14	-2.6	0	0.81	0.3238	2.58	0.543	788.09	0.873	1207.55	1087.06		
	9:00 PM	18.15	-2.7	1	1.13	0.3821					1200.71			
	10:00 PM	18.14	-2.3	1	1.11	0.3791					1183.95			
	11:00 PM	18.05	-2.3	1	1.11	0.3785					1158.92			
	12:00 AM	18.07	-2.5	1	1.11	0.3801					1152.19			
	1:00 AM	18.05	-2.5	1	1.11	0.3800					1124.62			
	2:00 AM	18.14	-2.8	1	1.13	0.3827					1099.79			
	3:00 AM	18.15	-3	2	2.08	0.5188					1076.22			
	4:00 AM	18.14	-2.9	1	1.13	0.3834					1060.21			
	5:00 AM	18.05	-2.8	0	0.81	0.3248					1048.59			
	6:00 AM	18.07	-2.6	1	1.12	0.3808					1042.01			
	7:00 AM	18.05	-1.6	3	3.58	0.6808					1043.92			
	8:00 AM	18.14	-1.5	3	3.58	0.6807					1052.41			
	9:00 AM	18.15	-2.3	2	2.05	0.5151					1069.86			
	10:00 AM	18.14	-2.5	2	2.05	0.5161					1100.28			
	11:00 AM	18.05	-1.1	1	1.06	0.3699					1125.37			
12:00 PM	18.07	-1	4	5.74	0.8625	1145.65								
1:00 PM	17.99	-1.3	3	3.56	0.6794	1146.38								

RO 134001 B1

Tabel (continuare)

Ziua	Ora	Date citite de API și senzorul ICA		Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5				Media zilnică ΔP	Media zilnică lv	C radon Media zilnică calculat	Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține C=300 Bq/mc	Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA	
		Tint	Text	v	ΔP	lv	C radon măsurat					C radon măsurat Media zilnică	
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]	
	3:00 PM	18.22	-1.2	4	5.75	0.8635						1081.62	
	4:00 PM	18.42	-1.3	5	8.58	1.0543						1000.43	
	5:00 PM	18.57	-1.1	3	3.57	0.6806						917.31	
	6:00 PM	18.82	-1	3	3.58	0.6811						822.83	
	7:00 PM	18.94	-0.8	4	5.76	0.8642						745.56	
	8:00 PM	19.21	-0.9	4	5.78	0.8653						689.54	
	9:00 PM	19.37	-1.5	4	5.81	0.8676						684.22	
	10:00 PM	19.56	-2.2	5	8.66	1.0592						727.63	
	11:00 PM	19.70	-3	2	2.13	0.5257						769.70	
	12:00 AM	19.96	-3.7	3	3.73	0.6956						822.54	
	1:00 AM	20.09	-3.7	3	3.74	0.6960						854.91	
	2:00 AM	20.22	-3.9	2	2.19	0.5326						911.27	
6	3:00 AM	20.18	-4.5	2	2.21	0.5355	3.06	0.605	709.15	0.859		949.57	
	4:00 AM	20.16	-4.1	3	3.76	0.6978						997.96	
	5:00 AM	20.05	-4.8	2	2.22	0.5365						1049.85	
	6:00 AM	20.02	-5.9	2	2.27	0.5421						1070.27	
	7:00 AM	20.09	-6.4	2	2.29	0.5449						1068.24	
	8:00 AM	20.32	-7.1	2	2.33	0.5495						1029.49	
	9:00 AM	20.24	-7.3	3	3.90	0.7108						928.69	
	10:00 AM	20.26	-6.7	2	2.31	0.5472						803.62	
	11:00 AM	20.17	-4.9	2	2.23	0.5375						671.25	
	12:00 PM	20.25	-2.2	1	1.18	0.3912						540.70	

RO 134001 B1

Tabel (continuare)

		Date citite de API și senzorul ICA						Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5			Valoarea concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit obținută aplicând procedura iterativă MEF	Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține C=300 Bq/mc	Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA	
Ziua	Ora	Tint	Text	v	ΔP	lv	Media zilnică ΔP	Media zilnică lv	C radon Media zilnică calculat	Media zilnică lv sistem ventilare	C radon măsurat	C radon măsurat Media zilnică		
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]		
	1:00 PM	20.16	0.3	0	0.76	0.3141					416.75			
	2:00 PM	19.83	0.2	1	1.07	0.3717					359.31			
	3:00 PM	19.68	-0.3	2	2.02	0.5115					342.13			
	4:00 PM	19.57	-0.7	2	2.03	0.5131					350.17			
	5:00 PM	19.33	-1.6	2	2.06	0.5167					379.52			
	6:00 PM	19.52	-2.8	1	1.18	0.3910					427.28			
	7:00 PM	19.72	-4.5	2	2.20	0.5335					488.64			
	8:00 PM	20.15	-5.5	2	2.25	0.5405					565.39			
	9:00 PM	20.32	-6.4	2	2.30	0.5459					623.40			
	10:00 PM	20.16	-7.7	2	2.35	0.5519					660.38			
	11:00 PM	20.05	-7.9	2	2.36	0.5525					691.44			
7	12:00 AM	20.08	-8.9	2	2.40	0.5577	2.10	0.519	819.21	0.878	720.45	703.19		
	1:00 AM	20.05	-9.6	2	2.43	0.5612					742.34			
	2:00 AM	20.16	-10.2	2	2.46	0.5647					760.35			
	3:00 AM	20.17	-10.8	2	2.49	0.5678					780.30			
	4:00 AM	20.16	-10.7	2	2.48	0.5672					802.64			
	5:00 AM	20.15	-10.9	1	1.55	0.4487					815.93			
	6:00 AM	20.07	-11.4	1	1.57	0.4515					809.38			
	7:00 AM	19.84	-11.9	1	1.59	0.4536					780.06			
	8:00 AM	19.81	-12.5	1	1.61	0.4573					752.97			
	9:00 AM	19.77	-13.2	1	1.64	0.4615					730.54			
	10:00 AM	19.76	-11.9	1	1.58	0.4532					715.74			
	11:00 AM	19.79	10.3	2	2.45	0.5637					726.60			

RO 134001 B1

Tabel (continuare)

Ziua	Ora	Date citite de API și senzorul ICA					Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5			Valoarea concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit obținută aplicând procedura iterativă MEF	Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține C=300 Bq/mc	Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA	
		Tint	Text	v	ΔP	lv	Medi a zilnică ΔP	Media zilnică lv	C radon Media zilnică calculat	Media zilnică lv sistem ventilare	C radon măsurat	C radon măsurat Media zilnică	
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h^-1]	[Pa]	[h^-1]	[Bq/m^3]	[h^-1]	[Bq/m^3]	[Bq/m^3]	
	12:00 PM	19.96	-9.1	2	2.40	0.5582					744.29		
	1:00 PM	20.11	-7.7	2	2.35	0.5517					753.58		
	2:00 PM	19.91	-6.1	2	2.27	0.5426					739.33		
	3:00 PM	19.53	-5	2	2.21	0.5353					697.33		
	4:00 PM	19.16	-4.9	2	2.19	0.5332					645.11		
	5:00 PM	18.90	-4.8	1	1.24	0.4012					608.38		
	6:00 PM	18.99	-5.8	1	1.29	0.4086					579.72		
	7:00 PM	19.26	-6.9	1	1.35	0.4176					591.54		
	8:00 PM	19.71	-7.4	1	1.38	0.4235					630.30		
	9:00 PM	20.09	-7.7	1	1.41	0.4275					694.90		
	10:00 PM	20.18	-8.5	1	1.45	0.4332					750.06		
	11:00 PM	20.12	-8.9	1	1.46	0.4356					787.67		
8	12:00 AM	20.09	-10.4	2	2.47	0.5654	1.87	0.488	872.73	0.885	818.13	786.89	
	1:00 AM	20.05	-10.2	2	2.46	0.5642					846.12		
	2:00 AM	20.16	-10.8	2	2.49	0.5677					874.48		
	3:00 AM	20.17	-11.4	1	1.58	0.4520					913.84		
	4:00 AM	20.16	-11.4	1	1.58	0.4520					966.23		
	5:00 AM	20.11	-12.4	2	2.56	0.5757					1010.50		
	6:00 AM	20.04	-12.8	1	1.64	0.4604					1005.25		
	7:00 AM	19.97	-13.4	1	1.66	0.4639					969.53		
	8:00 AM	20.00	-14.3	1	1.70	0.4697					914.77		
	9:00 AM	19.97	-14	1	1.69	0.4677					862.65		
	10:00 AM	20.06	-13.4	1	1.66	0.4643					814.19		

RO 134001 B1

Tabel (continuare)

Date citite de API și senzorul ICA		Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5						Valoarea concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit obținută aplicând procedura iterativă MEF		Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține C=300 Bq/mc	Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA	
Ziua	Ora	Tint	Text	v	ΔP	λv	Media zilnică ΔP	Media zilnică λv	C radon Media zilnică calculat	Media zilnică λv sistem ventilare	C radon măsurat	C radon măsurat Media zilnică
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]
	11:00 AM	19.86	-11.1	2	2.49	0.5680					758.54	
	12:00 PM	19.76	-9.6	2	2.42	0.5599					700.06	
	1:00 PM	19.71	-8.6	2	2.37	0.5546					674.83	
	2:00 PM	19.73	-8.2	2	2.36	0.5526					670.07	
	3:00 PM	19.79	-7.2	2	2.32	0.5478					656.68	
	4:00 PM	19.84	-7.2	2	2.32	0.5480					639.75	
	5:00 PM	19.89	-8	1	1.42	0.4284					644.16	
	6:00 PM	20.15	-9	2	2.41	0.5585					672.02	
	7:00 PM	20.10	-9.6	1	1.49	0.4400					751.24	
	8:00 PM	20.16	-10.1	1	1.52	0.4436					849.77	
	9:00 PM	20.17	-10.2	1	1.52	0.4443					917.84	
9	10:00 PM	20.16	-10.8	2	2.49	0.5677	1.90	0.493	869.14	0.885	961.39	848.64
	11:00 PM	20.05	-11.4	2	2.51	0.5704					1006.12	
	12:00 AM	20.08	-11.1	1	1.56	0.4497					1017.06	
	1:00 AM	20.05	-12	1	1.60	0.4553					1016.09	
	2:00 AM	20.16	-12.3	1	1.62	0.4577					996.15	
	3:00 AM	20.17	-12.1	2	2.55	0.5744					982.33	
	4:00 AM	20.16	-12.1	1	1.61	0.4565					983.75	
	5:00 AM	19.99	-13	1	1.64	0.4614					1000.88	
	6:00 AM	20.12	-12.6	2	2.57	0.5767					1002.64	
	7:00 AM	20.16	-12.5	2	2.56	0.5764					960.07	
	8:00 AM	20.31	-13.1	1	1.66	0.4636					913.78	
	9:00 AM	20.34	-11.5	2	2.52	0.5720					865.90	

1
3
5
7
9
11
13
15
17
19
21
23
25
27
29
31
33
35
37
39
41
43
45
47
49
51
53
55
57
59
61
63
65
67
69
71
73
75
77

RO 134001 B1

Tabel (continuare)

		Date citite de API și senzorul ICA						Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5		Valoarea concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit obținută aplicând procedura iterativă MEF	Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține C=300 Bq/mc	Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA	
Ziua	Ora	Tint	Text	v	ΔP	lv	Media zilnică ΔP	Media zilnică lv	C radon Media zilnică calculat	Media zilnică lv sistem ventilare	C radon măsurat	C radon măsurat Media zilnică	
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]	
	10:00 AM	20.31	-11.2	1	1.57	0.4515					797.96		
	11:00 AM	20.27	-9.6	1	1.50	0.4409					734.53		
	12:00 PM	20.14	-8.5	1	1.45	0.4330					653.66		
	1:00 PM	19.82	-6.8	1	1.36	0.4201					591.51		
	2:00 PM	19.74	-6.1	2	2.27	0.5419					560.14		
	3:00 PM	19.51	-5.3	2	2.22	0.5368					559.45		
	4:00 PM	19.30	-5.2	2	2.21	0.5353					567.59		
	5:00 PM	18.94	-5.1	2	2.19	0.5332					581.42		
	6:00 PM	18.90	-4.7	2	2.18	0.5310					616.55		
	7:00 PM	18.97	-4.5	1	1.23	0.3996					651.02		
	8:00 PM	18.93	-4.4	1	1.23	0.3987					684.81		
	9:00 PM	18.77	-4.3	2	2.15	0.5283					707.66		
10	10:00 PM	18.56	-4.5	2	2.15	0.5284	2.05	0.509	835.2	0.880	712.93	798.50	
	11:00 PM	18.30	-4.2	2	2.13	0.5257					722.41		
	12:00 AM	18.18	-4.3	2	2.13	0.5257					751.43		
	1:00 AM	17.99	-4.1	2	2.12	0.5238					803.20		
	2:00 AM	18.09	-4.1	2	2.12	0.5243					843.38		
	3:00 AM	18.15	-4.2	1	1.19	0.3927					893.14		
	4:00 AM	18.14	-4.1	1	1.18	0.3919					933.00		
	5:00 AM	18.05	-4	2	2.11	0.5235					957.81		
	6:00 AM	18.07	-3.9	2	2.11	0.5231					976.57		
	7:00 AM	18.05	-3.6	2	2.10	0.5214					984.62		
	8:00 AM	18.14	-3	2	2.08	0.5187					997.86		

RO 134001 B1

Tabel (continuare)

Date citite de API și senzorul ICA		Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5						Valoarea concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit obținută aplicând procedura iterativă MEF		Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține C=300 Bq/mc	Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA	
Ziua	Ora	Tint	Text	v	ΔP	λv	Media zilnică ΔP	Media zilnică λv	C radon Media zilnică calculat	Media zilnică λv sistem ventilare	C radon măsurat	C radon măsurat Media zilnică
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]
	9:00 AM	18.15	-2.9	3	3.63	0.6863					985.48	
	10:00 AM	18.14	-2.4	3	3.61	0.6843					966.44	
	11:00 AM	18.15	-1.4	2	2.01	0.5103					919.47	
	12:00 PM	18.27	-0.5	1	1.04	0.3669					830.97	
	1:00 PM	17.86	0.8	2	1.91	0.4973					718.37	
11	2:00 PM	17.32	0.9	2	1.88	0.4942	1.48	0.425	1012.73	0.901	579.97	321.52
	3:00 PM	16.77	1.5	2	1.84	0.4883					445.47	
	4:00 PM	16.50	2.2	1	0.86	0.3346					343.71	
	5:00 PM	16.45	1.6	2	1.82	0.4862					294.11	
	6:00 PM	16.82	0.9	2	1.87	0.4918					357.97	
	7:00 PM	17.38	0	1	0.99	0.3575					397.98	
	8:00 PM	19.66	-1.5	1	1.13	0.3827					427.74	
	9:00 PM	18.91	-2.3	1	1.14	0.3839					355.79	
	10:00 PM	16.15	-3.1	1	1.07	0.3724					320.69	
	11:00 PM	10.61	-3.8	1	0.89	0.3400					323.34	
	12:00 AM	7.38	-4.2	1	0.78	0.3189					410.11	
	1:00 AM	6.22	-4.9	1	0.77	0.3156					451.57	
	2:00 AM	8.71	-5.4	2	1.82	0.4863					471.78	
	3:00 AM	10.88	-5.8	2	1.93	0.4995					488.33	
4:00 AM	13.62	-5.6	2	2.02	0.5117	516.79						
5:00 AM	12.77	-6	2	2.01	0.5098	442.30						
6:00 AM	9.74	-5.8	2	1.88	0.4939	311.27						
7:00 AM	4.43	-6.3	1	0.76	0.3134	122.02						

RO 134001 B1

Tabel (continuare)

Ziua	Date citite de API și senzorul ICA			Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5				Valoarea concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit obținută aplicând procedura iterativă MEF	Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține C=300 Bq/mc	Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA		
	Ora	Tint	Text	v	ΔP	λv	Medi a zilnic ă ΔP	Media zilnică λv	C radon Media zilnică calculat	Media zilnică λv sistem ventilare	C radon măsurat	C radon măsurat Media zilnică
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]
	8:00 AM	1.79	-5.7	3	3.13	0.6365					45.40	
	9:00 AM	0.78	-5.4	3	3.07	0.6309					32.50	
	10:00 AM	2.12	-5.2	2	1.56	0.4489					88.33	
	11:00 AM	2.05	-1.9	1	0.48	0.2481					85.40	
	12:00 PM	1.98	0.1	1	0.39	0.2246					82.47	
	1:00 PM	1.91	1.3	1	0.34	0.2090					79.55	
	2:00 PM	1.84	2.3	0	0.33	0.2054					76.62	
	3:00 PM	1.76	2.3	1	0.29	0.1941					73.69	
	4:00 PM	1.69	1.9	1	0.30	0.1985					70.76	
	5:00 PM	1.62	1.5	1	0.32	0.2029					67.84	
	6:00 PM	1.55	1.7	1	0.31	0.1993					29.81	
	7:00 PM	1.48	1.5	1	0.31	0.2010					0.56	
	8:00 PM	0.60	1.4	1	0.28	0.1904	0.80	0.309	1366.27	0.927	55.40	477.87
	9:00 PM	0.25	1.1	2	1.22	0.3969					159.71	
	10:00 PM	2.24	1.4	2	1.28	0.4079					298.11	
	11:00 PM	5.72	1.2	1	0.49	0.2530					457.01	
	12:00 AM	10.14	2	2	1.57	0.4512					608.08	
	1:00 AM	14.55	1.6	1	0.82	0.3253					740.98	
	2:00 AM	18.18	1.4	1	0.96	0.3523					840.64	
	3:00 AM	20.24	1.5	1	1.03	0.3649					870.50	
	4:00 AM	19.96	0.7	1	1.05	0.3689					840.89	
	5:00 AM	19.05	0.7	0	0.71	0.3023					821.03	
	6:00 AM	19.08	0.3	1	1.03	0.3662					837.16	

RO 134001 B1

Tabel (continuare)

Date citite de API și senzorul ICA		Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5							Valoarea concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit obținută aplicând procedura iterativă MEF	Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține C=300 Bq/mc	Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA	
Ziua	Ora	Tint	Text	v	ΔP	λv	Medi a zilnic ă ΔP	Media zilnică λv	C radon Media zilnică calculat	Media zilnică λv sistem ventilare	C radon măsurat	C radon măsurat Media zilnică
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]
	7:00 AM	19.05	0.3	0	0.72	0.3058					834.99	
	8:00 AM	19.15	0.4	1	1.03	0.3660					831.50	
	9:00 AM	19.16	0	1	1.05	0.3690					816.10	
	10:00 AM	19.15	0.3	2	1.98	0.5059					792.26	
	11:00 AM	19.05	0.9	1	1.01	0.3617					787.85	
13	12:00 PM	19.08	1.2	2	1.94	0.5008	1.62	0.449	967.12	0.897	805.94	803.99
	1:00 PM	19.05	1.8	3	3.47	0.6709					818.83	
	2:00 PM	19.15	2.4	2	1.89	0.4948					860.47	
	3:00 PM	19.19	2.9	3	3.43	0.6670					910.66	
	4:00 PM	19.20	1.9	2	1.91	0.4977					930.98	
	5:00 PM	18.99	1.3	2	1.93	0.4999					941.80	
	6:00 PM	18.87	0.6	2	1.95	0.5030					937.81	
	7:00 PM	18.72	0.4	1	1.02	0.3632					903.69	
	8:00 PM	18.77	0.2	1	1.03	0.3650					849.94	
	9:00 PM	18.80	0.1	2	1.97	0.5054					809.83	
	10:00 PM	18.87	-0.1	2	1.98	0.5067					792.92	
	11:00 PM	18.83	-0.2	1	1.05	0.3683					776.34	
	12:00 AM	19.08	-0.9	1	1.08	0.3749					782.63	
	1:00 AM	19.23	-1	1	1.09	0.3766					789.57	
	2:00 AM	19.55	-1.2	1	1.11	0.3800					791.31	
	3:00 AM	19.81	-1.6	1	1.14	0.3843					828.28	
	4:00 AM	19.96	-1.6	1	1.15	0.3853					845.48	
5:00 AM	20.19	-1.7	1	1.16	0.3873	828.21						

RO 134001 B1

Tabel (continuare)

Ziua	Ora	Date citite de API și senzorii ICA		Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5				Media zilnică ΔP	Media zilnică λv	C radon Media zilnică calculat	Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține $C=300$ Bq/mc	Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA	
		Tint	Text	v	ΔP	λv	Medi a zilnică ΔP					C radon măsurat	C radon măsurat Media zilnică
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]	
	6:00 AM	20.24	-2.3	1	1.18	0.3918						772.48	
	7:00 AM	20.10	-2.1	1	1.17	0.3896						708.16	
	8:00 AM	20.17	-2.8	1	1.20	0.3949						647.46	
	9:00 AM	20.16	-2.5	2	2.13	0.5251						593.02	
	10:00 AM	20.05	-2.6	1	1.19	0.3928						566.03	
14	11:00 AM	20.08	-3	3	3.71	0.6933	1.66	0.456	943.85	0.894		569.51	
	12:00 PM	20.05	-2.7	1	1.19	0.3935						607.95	
	1:00 PM	20.16	-2.6	2	2.13	0.5256						693.93	
	2:00 PM	20.17	-2.5	2	2.13	0.5252						766.30	
	3:00 PM	20.16	-1.9	1	1.16	0.3885						819.93	
	4:00 PM	20.05	-1.7	1	1.15	0.3865						858.48	
	5:00 PM	20.08	-2	2	2.10	0.5222						903.50	
	6:00 PM	20.05	-2	1	1.17	0.3886						934.09	
	7:00 PM	20.13	-2.3	1	1.18	0.3911						952.45	
	8:00 PM	20.10	-2.4	1	1.18	0.3917						949.73	
	9:00 PM	20.26	-2.6	1	1.20	0.3940						972.61	
	10:00 PM	20.31	-3.2	2	2.16	0.5294						987.51	
	11:00 PM	20.42	-3.3	2	2.17	0.5304						1010.34	
	12:00 AM	20.42	-3.6	1	1.25	0.4018						1002.26	
1:00 AM	20.48	-3.7	1	1.25	0.4028	976.81							
2:00 AM	20.39	-3.7	1	1.25	0.4023	948.77							
3:00 AM	20.21	-4	1	1.26	0.4033	944.98							
4:00 AM	19.97	-4.2	1	1.26	0.4033	921.49							

RO 134001 B1

Tabel (continuare)

Date citite de API și senzorul ICA		Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5						Valoarea concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit obținută aplicând procedura iterativă MEF		Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține C=300 Bq/mc	Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA	
Ziua	Ora	Tint	Text	v	ΔP	λv	Media zilnică ΔP	Media zilnică λv	C radon Media zilnică calculat	Media zilnică λv sistem ventilare	C radon măsurat	C radon măsurat Media zilnică
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]
	5:00 AM	20.07	-4.4	2	2.20	0.5345					878.64	
	6:00 AM	20.05	-4.4	1	1.27	0.4052					815.51	
	7:00 AM	20.16	-4.4	1	1.27	0.4057					768.75	
	8:00 AM	20.17	-4.7	2	2.22	0.5365					722.07	
	9:00 AM	20.16	-5	2	2.23	0.5380					710.07	
15	10:00 AM	20.05	-4.5	2	2.21	0.5350	1.80	0.413	1030.99	0.903	700.00	986.86
	11:00 AM	20.08	-4.4	2	2.21	0.5346					705.91	
	12:00 PM	20.05	-4.4	2	2.20	0.5345					740.98	
	1:00 PM	20.16	-3.8	2	2.18	0.5318					796.46	
	2:00 PM	20.17	-3.7	3	3.74	0.6963					871.70	
	3:00 PM	20.11	-3.4	2	2.16	0.5295					932.16	
	4:00 PM	20.08	-3.5	2	2.17	0.4294					971.78	
	5:00 PM	20.17	-3.7	1	1.24	0.3249					1006.92	
	6:00 PM	20.18	-3.9	1	1.25	0.3261					1032.92	
	7:00 PM	20.29	-3.7	1	1.25	0.3255					1057.31	
	8:00 PM	20.29	-3.7	1	1.25	0.3255					1071.12	
	9:00 PM	20.25	-3.7	0	0.93	0.2815					1101.81	
	10:00 PM	20.08	-4	2	2.19	0.4315					1115.92	
	11:00 PM	20.03	-4.4	1	1.27	0.3282					1112.63	
	12:00 AM	20.05	-4.6	2	2.21	0.4338					1121.49	
1:00 AM	20.16	-4.5	2	2.21	0.4338	1113.98						
2:00 AM	20.17	-4.6	1	1.28	0.3299	1104.39						
3:00 AM	20.16	-5	0	0.98	0.2892	1124.48						

RO 134001 B1

Tabel (continuare)

Ziua	Date citite de API și senzorul ICA						Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5		Valoarea concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit obținută aplicând procedura iterativă MEF	Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține C=300 Bq/mc	Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA	
	Ora	Tint	Text	v	ΔP	lv	Media zilnică ΔP	Media zilnică lv	C radon Media zilnică calculat	Media zilnică lv sistem ventilare	C radon măsurat	C radon măsurat Media zilnică
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]
	4:00 AM	20.05	-4.9	1	1.29	0.3310					1119.67	
	5:00 AM	20.08	-5	1	1.29	0.3317					1076.91	
	6:00 AM	20.05	-5.5	1	1.31	0.3343					1012.79	
	7:00 AM	20.16	-5.4	2	2.25	0.4375					950.20	
	8:00 AM	20.17	-5.4	2	2.25	0.4376					856.29	
	9:00 AM	20.16	-5.8	2	2.27	0.4392					766.17	
	10:00 AM	20.05	-5.6	2	2.26	0.4380					690.54	
	11:00 AM	20.08	-5.4	1	1.31	0.3339					656.76	
	12:00 PM	20.05	-5.2	2	2.24	0.4364					690.78	
	1:00 PM	20.19	-4.8	2	2.23	0.4352					756.60	
	2:00 PM	20.15	-4	2	2.19	0.4317					818.85	
	3:00 PM	20.09	-4	2	2.19	0.4315					857.83	
16	4:00 PM	19.96	-3.9	2	2.18	0.4306	1.92	0.400	1060.92	0.906	882.24	937.07
	5:00 PM	19.98	-4.1	2	2.19	0.4315					899.79	
	6:00 PM	19.96	-4.2	2	2.19	0.4318					908.26	
	7:00 PM	20.06	-4.4	2	2.20	0.4330					891.97	
	8:00 PM	20.08	-4.5	2	2.21	0.4335					861.14	
	9:00 PM	20.22	-5	2	2.24	0.4361					880.07	
	10:00 PM	20.27	-5.2	2	2.25	0.4371					929.75	
	11:00 PM	20.54	-5.2	2	2.26	0.4380					961.49	
	12:00 AM	20.76	-5.2	2	2.26	0.4388					996.88	
	1:00 AM	21.08	-5.4	2	2.28	0.4407					1063.49	
	2:00 AM	21.27	-5.5	1	1.36	0.3397					1136.01	

RO 134001 B1

Tabel (continuare)

Ziua	Date citite de API și senzorul ICA						Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5			Valoarea concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit obținută aplicând procedura iterativă MEF	Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține C=300 Bq/mc	Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA	
	Ora	Tint	Text	v	ΔP	λv	Media zilnică ΔP	Media zilnică λv	C radon Media zilnică calculat	Media zilnică λv sistem ventilare	C radon măsurat	C radon măsurat Media zilnică	
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]	
	3:00 AM	21.29	-5.6	1	1.36	0.3404					1209.99		
	4:00 AM	21.02	-5.6	0	1.04	0.2974					1258.90		
	5:00 AM	20.85	-5.6	0	1.03	0.2966					1239.72		
	6:00 AM	20.57	-5.8	0	1.03	0.2964					1155.39		
	7:00 AM	20.43	-6	1	1.35	0.3387					1040.03		
17	8:00 AM	20.24	-6.4	1	1.36	0.3400	1.51	0.356	1194.06	0.916	898.69	977.38	
	9:00 AM	20.10	-6.7	1	1.37	0.3410					770.58		
	10:00 AM	20.00	-6.5	2	2.29	0.4416					676.45		
	11:00 AM	20.08	-6.1	2	2.28	0.4402					662.10		
	12:00 PM	20.05	-5.4	1	1.31	0.3337					694.60		
	1:00 PM	20.16	-5.1	1	1.30	0.3326					784.58		
	2:00 PM	20.20	-4.1	1	1.26	0.3273					888.55		
	3:00 PM	20.15	-3.9	1	1.25	0.3260					993.02		
	4:00 PM	19.98	-3.6	1	1.23	0.3235					1076.39		
	5:00 PM	19.97	-4.2	2	2.19	0.4319					1101.84		
	6:00 PM	19.92	-4.4	1	1.26	0.3276					1110.07		
	7:00 PM	20.03	-4.7	1	1.28	0.3298					1102.30		
	8:00 PM	20.07	-4.5	1	1.27	0.3289					1073.90		
	9:00 PM	20.10	-4.6	1	1.28	0.3296					1043.41		
	10:00 PM	20.07	-4.7	1	1.28	0.3300					1015.36		
	11:00 PM	20.10	-4.8	1	1.29	0.3307					989.14		
	12:00 AM	19.99	-5	1	1.29	0.3312					977.15		
1:00 AM	20.11	-5.4	1	1.31	0.3340	1017.82							

RO 134001 B1

Tabel (continuare)

Ziua	Date citite de API și senzorul ICA						Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5		Valoarea concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit obținută aplicând procedura iterativă MEF	Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține C=300 Bq/mc	Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA	
	Ora	Tint	Text	v	ΔP	λv	Media zilnică ΔP	Media zilnică λv	C radon Media zilnică calculat	Media zilnică λv sistem ventilare	C radon măsurat	C radon măsurat Media zilnică
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]
	2:00 AM	20.26	-5.5	1	1.32	0.3352					1086.67	
	3:00 AM	20.50	-6.2	2	2.30	0.4421					1137.98	
	4:00 AM	20.68	-6.8	2	2.33	0.4452					1166.29	
	5:00 AM	20.85	-6.4	1	1.38	0.3427					1142.69	
	6:00 AM	20.81	-6.4	1	1.38	0.3426					1070.15	
	7:00 AM	20.76	-7	2	2.34	0.4463					959.44	
	8:00 AM	20.48	-6.8	2	2.32	0.4445					842.20	
	9:00 AM	20.23	-6.9	1	1.38	0.3427					758.50	
	10:00 AM	20.17	-6.3	2	2.29	0.4413					702.16	
	11:00 AM	20.32	-5.9	2	2.28	0.4402					669.92	
	12:00 PM	19.88	-5.1	3	3.79	0.5678					627.44	
	1:00 PM	18.89	-3.9	3	3.70	0.5613					583.86	
18	2:00 PM	17.82	-2.9	3	3.62	0.5551	2.45	0.451	941.34	0.894	522.40	814.39
	3:00 PM	17.11	-1.7	2	1.98	0.4108					453.27	
	4:00 PM	16.71	-0.7	2	1.93	0.4050					403.42	
	5:00 PM	17.10	-0.5	3	3.50	0.5454					395.58	
	6:00 PM	18.11	-1	2	1.99	0.4116					468.80	
	7:00 PM	19.38	-1.6	2	2.06	0.4188					630.51	
	8:00 PM	20.03	-2.5	2	2.12	0.4250					789.94	
	9:00 PM	20.14	-3.2	2	2.16	0.4283					929.35	
	10:00 PM	20.10	-3.5	2	2.17	0.4294					1007.02	
	11:00 PM	20.17	-3.5	3	3.73	0.5635					1064.76	
	12:00 AM	20.05	-3.7	3	3.74	0.5638					1085.50	

RO 134001 B1

Tabel (continuare)

Ziua	Date citite de API și senzorul ICA						Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5			Valoarea concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit obținută aplicând procedura iterativă MEF	Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține C=300 Bq/mc	Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA	
	Ora	Tint	Text	v	ΔP	λv	Media zilnică ΔP	Media zilnică λv	C radon Media zilnică calculat	Media zilnică λv sistem ventilare	C radon măsurat	C radon măsurat Media zilnică	
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]	
	1:00 AM	20.16	-4.2	1	1.26	0.3276					1104.22		
	2:00 AM	20.17	-4.6	2	2.22	0.4343					1124.19		
	3:00 AM	20.16	-4.9	2	2.23	0.4355					1160.32		
	4:00 AM	20.05	-5.8	1	1.33	0.3359					1206.72		
	5:00 AM	20.08	-5.9	2	2.27	0.4394					1241.44		
19	6:00 AM	20.05	-6.7	1	1.37	0.3408	1.94	0.402	1060.81	0.906	1249.23	996.92	
	7:00 AM	20.16	-7	1	1.38	0.3429					1199.26		
	8:00 AM	20.17	-7.4	2	2.34	0.4459					1076.37		
	9:00 AM	20.16	-7.6	1	1.41	0.3461					935.05		
	10:00 AM	20.05	-5.8	1	1.33	0.3359					800.89		
	11:00 AM	19.99	-5.3	1	1.30	0.3329					695.03		
	12:00 PM	20.07	-3.7	1	1.24	0.3245					627.75		
	1:00 PM	20.29	-2.9	2	2.15	0.4276					630.06		
	2:00 PM	20.52	-1.9	2	2.12	0.4242					680.77		
	3:00 PM	20.56	-1.6	2	2.10	0.4231					752.20		
	4:00 PM	20.61	-0.5	2	2.06	0.4186					853.39		
	5:00 PM	20.60	-2.4	1	1.20	0.3197					922.91		
	6:00 PM	20.56	-2.4	1	1.20	0.3195					977.84		
	7:00 PM	20.60	-1.6	2	2.11	0.4232					1029.12		
	8:00 PM	20.78	-2.8	2	2.16	0.4289					1084.88		
9:00 PM	20.87	-3.3	2	2.19	0.4313	1131.60							
10:00 PM	20.89	-3	2	2.17	0.4301	1153.82							
11:00 PM	20.80	-4.1	2	2.22	0.4344	1175.32							

RO 134001 B1

Tabel (continuare)

Ziua	Date citite de API și senzorul ICA			Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5				Valoarea concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit obținută aplicând procedura iterativă MEF		Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține C=300 Bq/mc	Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA	
	Ora	Tint	Text	v	ΔP	lv	Media zilnică ΔP	Media zilnică lv	C radon Media zilnică calculat	Media zilnică lv sistem ventilare	C radon măsurat	C radon măsurat Media zilnică
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]
	12:00 AM	20.68	-4.3	2	2.22	0.4348					1182.35	
	1:00 AM	20.49	-5.2	2	2.25	0.4379					1184.14	
	2:00 AM	20.33	-4.7	2	2.23	0.4352					1193.03	
	3:00 AM	20.16	-4.2	3	3.76	0.5657					1193.45	
	4:00 AM	20.04	-4.1	2	2.19	0.4317					1200.67	
	5:00 AM	20.07	-3.9	2	2.18	0.4310					1205.86	
	6:00 AM	20.08	-3.6	2	2.17	0.4298					1206.06	
	7:00 AM	20.19	-3.6	2	2.18	0.4302					1190.10	
	8:00 AM	20.19	-3.4	2	2.17	0.4293					1118.49	
	9:00 AM	20.03	-3.2	1	1.21	0.3215					1019.66	
	10:00 AM	20.09	-2.9	1	1.20	0.3201					908.50	
	11:00 AM	20.35	-2.5	1	1.20	0.3191					803.96	
	12:00 PM	20.62	-1.8	1	1.18	0.3165	1.53	0.357	1190.7	0.916	727.67	933.83
	1:00 PM	20.99	-1.5	2	2.12	0.4242					680.45	
	2:00 PM	21.22	-1.5	1	1.19	0.3176					666.21	
	3:00 PM	21.32	-1.5	1	1.19	0.3181					694.58	
	4:00 PM	21.18	-1.3	2	2.11	0.4240					754.45	
	5:00 PM	21.02	-1.3	1	1.17	0.3156					809.74	
	6:00 PM	21.05	-1.8	1	1.19	0.3185					858.09	
	7:00 PM	21.16	-1.9	1	1.20	0.3196					896.90	
	8:00 PM	21.18	-1.9	1	1.20	0.3197					947.60	
	9:00 PM	21.16	-1.8	1	1.20	0.3190					993.03	
	10:00 PM	21.05	-1.9	1	1.20	0.3191					1020.73	

RO 134001 B1

Tabel (continuare)

Ziua	Date citite de API și senzorul ICA			Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5				Valoarea concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit obținută aplicând procedura iterativă MEF	Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține C=300 Bq/mc	Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA		
	Ora	Tint	Text	v	ΔP	λv	Media zilnică ΔP	Media zilnică λv	C radon Media zilnică calculat	Media zilnică λv sistem ventilare	C radon măsurat	C radon măsurat Media zilnică
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]
	11:00 PM	21.08	-1.9	1	1.20	0.3192					1030.42	
	12:00 AM	21.05	-2.1	1	1.21	0.3202					1017.88	
	1:00 AM	21.16	-2.1	1	1.21	0.3207					983.91	
	2:00 AM	21.18	-2.2	2	2.15	0.4278					971.50	
	3:00 AM	21.16	-2.2	2	2.15	0.4277					972.24	
21	4:00 AM	21.05	-2.3	2	2.15	0.4278	1.35	0.336	1264.38	0.921	986.94	845.85
	5:00 AM	21.08	-2.3	1	1.21	0.3215					983.52	
	6:00 AM	21.05	-2.3	1	1.21	0.3213					961.88	
	7:00 AM	21.16	-2.2	1	1.21	0.3213					904.20	
	8:00 AM	21.18	-2.1	1	1.21	0.3208					816.12	
	9:00 AM	21.16	-2.3	1	1.22	0.3218					735.29	
	10:00 AM	21.05	-2	1	1.20	0.3196					660.36	
	11:00 AM	21.08	-1.6	1	1.19	0.3176					606.70	
	12:00 PM	21.05	-1.1	1	1.16	0.3146					621.48	
	1:00 PM	21.16	-1	1	1.16	0.3146					707.27	
	2:00 PM	21.18	-0.8	1	1.16	0.3135					800.31	
	3:00 PM	21.16	-0.7	1	1.15	0.3129					877.00	
	4:00 PM	21.08	-0.4	1	1.14	0.3108					911.17	
	5:00 PM	21.07	-0.4	0	0.82	0.2645					909.16	
	6:00 PM	21.01	-0.6	1	1.14	0.3116					897.08	
7:00 PM	21.10	-0.7	1	1.15	0.3126	880.79						
8:00 PM	21.11	-0.8	0	0.84	0.2674	863.04						
9:00 PM	21.10	-1	1	1.16	0.3143	838.39						

RO 134001 B1

Tabel (continuare)

Date citite de API și senzorul ICA		Valori obținute folosind relațiile 7.2-7.5							Valoarea concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit obținută aplicând procedura iterativă MEF	Necesarul aer "curat" livrat de ventilare suplimentară livrat de sistemul de remediere pentru a obține C=300 Bq/mc	Valoare de control a concentrațiilor de radon în interiorul spațiului de locuit livrată de sistemul ICA	
Ziua	Ora	Tint	Text	v	ΔP	λ_v	Media zilnică ΔP	Media zilnică λ_v	C radon Media zilnică calculat	Media zilnică λ_v sistem ventilare	C radon măsurat	C radon măsurat Media zilnică
		[C]	[C]	[m/s]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Pa]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[h ⁻¹]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]
	10:00 PM	21.01	-1.2	2	2.10	0.4230					832.86	
	11:00 PM	21.07	-1.4	2	2.11	0.4241					864.57	
	12:00 AM	21.08	-1.6	2	2.12	0.4249					881.62	
	1:00 AM	21.16	-1.6	2	2.13	0.4252					902.55	
	2:00 AM	21.18	-1.5	1	1.18	0.3174					1012.31	

Datele prezentate în tabelul de mai sus arată cum acționează sistemul de control prin acționarea ventilării mecanice (redată de valorile λ_v media zilnică a sistemului de ventilare) în funcție de concentrația de radon C media zilnică calculată, folosind relațiile 7.2 - 7,5 în care se introduc valorile citite ale parametrilor externi (T_{ext} , v -viteza vântului, Δp) și interni (T_{int}), având ca rezultat remedierea concentrației de radon în interiorul locației (C radon măsurată de sistemul ICA). Sistemul clasic de remediere presupune funcționarea continuă a sistemului de ventilare. Prin aplicarea sistemului inteligent de determinare și control al concentrației de radon conform invenției se va realiza pentru perioada analizată o reducere a costurilor cu energia electrică la aproximativ 12% raportat la soluția clasică.

Suplimentar se mai realizează și o economie cu energia termică. Ținând seama de faptul că într-un sistem cu remediere clasică a concentrației de radon în interiorul locației, un schimb orar înseamnă că în fiecare oră 125 m³ de aer pătrund în interior la temperatura exterioară, aceasta determină costuri suplimentare cu energia termică în sezonul rece. Sistemul propus de prezenta invenție realizează o reducere cu 12% a costurilor cu energia termică în perioada rece a anului față de un sistem clasic de ventilare mecanică.

Sistemul conform invenției are avantajul că pornește sistemul de remediere prin acționarea mijloacelor de control doar pentru perioade de timp în care este previzionată depășirea pragului impus pentru concentrația de radon în aerul interior, în plus soluția propusă pentru determinarea funcției de calcul a concentrației de radon într-o locație folosește o soluție de calcul 2D care comparativ cu un sistem de calcul 3D, necesită mai puține resurse și semnificativ mai puțin timp de calcul pentru obținerea unui rezultat corect. În mod avantajos, soluția 2D calibrată pe care se bazează funcția de calcul a concentrației de radon conferă un grad de acuratețe similar soluției 3D cu un efort computațional semnificativ mai redus.

Recalibrarea sistemului, parcurgerea etapelor de precalibrare și calibrare, este necesară la perioade de minim 6 luni.

RO 134001 B1

Revendicări

1. Sistem (**S**) inteligent de determinare și control optimizat a concentrației de radon din aer dintr-o locație care cuprinde: 3

- mijloace (**3**) exterioare de achiziționare a valorilor unor parametri ambientali externi reprezentând temperatura (T_{ext}), umiditatea și viteza (v) și direcția vântului din exteriorul locației; 5 7

- mijloace (**2**) interioare de achiziționare a valorilor unor parametri ambientali interni reprezentând temperatura (T_{int}) din interiorul locației; 9

- mijloace (**4**) de calcul configurate să calculeze concentrația de radon;

- mijloace (**5**) de control configurate să controleze concentrația de radon din respectiva locație; 11

caracterizat prin aceea că 13

- concentrația de radon într-o locație de volum V , la un moment t , se determină ca o funcție de parametri ambientali externi achiziționați de mijloacele exterioare (**3**) și respectiv parametri ambientali interni achiziționați de mijloacele interioare (**2**); și 15

- funcția de calcul a concentrației de radon este descrisă de Ecuația (1): 17

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_e \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_e \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - v_x \frac{\partial C}{\partial x} - v_z \frac{\partial C}{\partial z} - \lambda C + \phi \quad (1) \quad 19$$

unde 21

C - reprezintă concentrația de radon în interiorul locației, Bq/m³;

t - reprezintă timpul de funcționare a sistemului, s; 23

D_e - reprezintă coeficientul de difuzie al radonului prin elementul echivalent al mediului poros care delimitează respectiva locație, prin care are loc transferul, m²/s; 25

v_x și v_z reprezintă componentele vitezei aparente de deplasare a radonului prin respectivul element echivalent al mediului poros prin care are loc transferul, m/s; 27

λ - reprezintă constanta de dezintegrare a radonului, s⁻¹;

ϕ - reprezintă rata de generare a radonului în regiunea geografică a locației, Bq/m³; 29

x, y, z - reprezintă axele unui sistem de coordonate carteziene, în care Ecuația 1 se rezolvă prin metoda elementelor finite, descrisă de Ecuația 2: 31

$$[D^{(e)}]\{C\} = \{F\} \quad (2),$$

în care 33

$\{C\}$ - reprezintă vectorul concentrațiilor de radon necunoscute;

$\{F\}$ - reprezintă vectorul surselor de radon în nodurile elementului triunghiular; 35

$[D^{(e)}]$ reprezintă matricea de rigiditate, și folosind un algoritm 2D care se obține prin rezolvarea Ecuației 7: 37

$$\frac{dC}{dt} = \frac{R_{RN}}{V} - (\lambda + \lambda_v) C \quad (7) \quad 39$$

în care:

$\frac{dC}{dt}$ - reprezintă gradientul concentrației de radon, Bq/m³s; 41 43

V - reprezintă volumul locației, m³;

λ - reprezintă constanta de dezintegrare a radonului s⁻¹; 45

λ_v - reprezintă numărul de schimburi orare, s⁻¹;

C - reprezintă concentrația de radon în interiorul locației, Bq/m³; 47

RO 134001 B1

1 R_{RN} reprezintă rata de pătrundere a radonului în spațiul interior prin interfața de
contact, Bq/s;

3 unde R_{RN} se obține prin rezolvarea Ecuației 8:

$$5 \quad R_{RN} = \iint \left(-D_{ech} \frac{dC}{dz} - \frac{k_{ech}}{\mu} \frac{dP}{dz} C \right) dx dy \quad (8)$$

7 în care:

9 D_{ech} - reprezintă coeficientul de difuziune echivalent al plăcii cu goluri considerate,
 m^2/s ;

11 k_{ech} - reprezintă coeficientul de permeabilitate echivalentă al plăcii considerate cu
goluri, m^2 ;

13 $\frac{dC}{dz}$ - reprezintă gradientul concentrației de radon;

15 $\frac{dP}{dz}$ - reprezintă gradientul presiunii;

17 μ - reprezintă coeficientul de vâscozitate dinamică a amestecului de aer/radon,
 Ns/m^2 ,

19 C - reprezintă concentrația de radon, Bq/ m^3 ;

unde gradientul presiunii se determină cu Ecuația (7.3):

$$21 \quad \Delta P = \Delta P_v + \Delta P_t = \frac{1}{2} \rho v^2 C_d - 273 \rho \Delta h \left(\frac{1}{T_{ext}} - \frac{1}{T_{int}} \right) \quad (7.3)$$

23 în care:

25 ρ - este densitatea aerului, kg/m^3 ;

27 v^2 - este pătratul vitezei medii a aerului în jurul clădirii, m/s ;

29 C_d - este coeficientul de corecție ce ține cont de direcția vântului;

31 Δh - este poziția axei neutre, m ;

33 T_{ext} - este temperatura aerului exterior, $^{\circ}C$;

35 T_{int} - este temperatura aerului interior, $^{\circ}C$

unde numărul de schimburi orare λ_v se determină conform cu Ecuația (7.4):

$$37 \quad \lambda_v = \lambda_{vN} + \lambda_{vM} \quad (7.4)$$

39 în care λ_{vN} care reprezintă numărul de schimburi orare datorate permeabilității respectivei
locații, se determină conform Ecuației (7.5):

$$41 \quad \lambda_{vN} = C_L \Delta P^{0.5} \quad (7.5)$$

43 iar λ_{vM} care reprezintă numărul de schimburi orare obținute prin ventilare mecanică
se determină conform Ecuației (7.6):

$$45 \quad \lambda_{vM} = \frac{Q}{V} \quad (7.6)$$

47 în care Q este debitul de aer curat introdus de sistemul de ventilare, iar

49 V este volumul respectivei locații ventilate,

și unde ecuația de bilanț (7) se rezolvă cu metoda diferențelor finite conform cu ecuația (7.2):

$$51 \quad C_{i+1} = C_i + \Delta t \left(\frac{R_{RN}}{V} - (\lambda - \lambda_v) C_i \right) \quad (7.2)$$

RO 134001 B1

în care:	1
C_i - este valoarea inițială a concentrației medii interioare de radon în aerul interior, Bq/m ³];	3
C_{i+1} - este valoarea concentrației medii de radon în aerul interior [Bq/mc] la trecerea intervalului de timp $\Delta t, s$;	5
și	
- mijloacele (5) de control al concentrației de radon sunt configurate să declanșeze ventilația respectivei locații în cazul în care concentrația de radon calculată depășește un anumit prag prestabilit.	7 9
2. Sistem conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că valorile corespunzătoare parametrilor ambientali interni sunt achiziționate ca valori determinate în timp real sau ca valori prognozate preluate dintr-un sistem de control al temperaturii interioare.	11 13
3. Sistem conform revendicării 1, cu rol de prognoză a concentrației de radon, caracterizat prin aceea că valorile corespunzătoare parametrilor ambientali externi sunt preluate din baze de date dedicate cu informații cuprinzând prognoză meteorologică.	15 15
4. Sistem conform oricărei revendicări de la 1 la 3, caracterizat prin aceea că concentrația de radon calculată reprezintă o valoare prognozată pentru concentrația de radon din locație la un moment de timp t_2 ulterior momentului de timp t_1 în care se face calculul, iar mijloacele (5) de control declanșează ventilația la un moment de timp cuprins între t_1 și t_2 , atunci când concentrația de radon calculată depășește pragul menționat.	17 19 21
5. Metodă de determinare și control optimizat a concentrației de radon dintr-o locație, cuprinzând următoarele etape: preluarea într-un sistem (S) inteligent conform revendicărilor 1-4 a parametrilor ambientali interni furnizați de mijloacele (2) interioare, respectiv a parametrilor ambientali externi furnizați de mijloacele (3) exterioare, calcularea concentrației de radon din respectiva locație ca o funcție de parametri ambientali interni și parametri ambientali externi, acționarea mijloacelor (5) de control al concentrației de radon din respectiva locație în cazul în care concentrația de radon calculată depășește un anumit prag prestabilit, caracterizată prin aceea că respectiva funcție de calcul a concentrației de radon este conform revendicării 1 și se determină parcurgând o etapă de precalibrare pentru stabilirea parametrilor funcției de calcul și respectiv, o etapă de calibrare a respectivei funcții de calcul.	23 25 27 29 31
6. Metodă conform revendicării 5, caracterizată prin aceea că etapa de precalibrare a ecuației generale a funcției de calcul cuprinde următorii pași:	33
i, identificarea parametrilor funcției de calcul care iau în considerare geometria și proprietățile fizice ale suprafeței planșeului inferior prin care se realizează transferul de radon de la sursă în interiorul locației menționate (P100, P101, P102);	35 37
ii, identificarea parametrilor funcției de calcul care descriu procesul de transfer al radonului din sol (P103);	39
iii, realizarea de studii parametrice și de sensibilitate pentru eliminarea parametrilor cu influență redusă în procesul de transfer al radonului de la sursă în locația menționată (P104, 106, 107);	41
iv, stabilirea parametrilor semnificativi în procesul de transfer al radonului de la sursă în locația menționată, respectiv permeabilitatea echivalentă a plăcii considerată suprafață de transfer a radonului și numărul de schimburi orare (P105);	43 45
v, stabilirea intervalelor de variație și a numărului de valori generate pentru parametri semnificativi menționați (P105);	47

RO 134001 B1

1 vi, efectuarea de experimentări numerice pentru seturi de valori ale parametrilor
semnificativi menționați, cu date transmise de mijloacele (3) exterioare și respectiv,
3 mijloacele (2) interioare (P108);

5 vii, compararea valorii concentrației de radon calculată prin funcția de calcul cu
valoarea concentrației de radon citită de mijloacele (2) interioare (P109);

7 viii, reluarea pașilor i.- vii. dacă valoarea obținută cu funcția de calcul este în afara
marjei de eroare admisibilă față de valoarea citită de mijloacele interioare (2), sau respectiv,
9 trecerea la etapa de calibrare a funcției de calcul prin care se prognozează concentrația de
radon dacă valoarea obținută cu funcția de calcul este în marja de eroare admisibilă față de
valoarea citită de mijloacele (2) interioare (P110).

11 7. Metodă conform revendicării 5, **caracterizată prin aceea că** etapa de calibrare a
funcției de calcul cuprinde următorii pași:

13 a) considerarea funcției de calcul cu valorile candidat ale parametrilor semnificativi,
permeabilitatea echivalentă a plăcii și respectiv, numărul de schimburi orare, pentru care
15 valoarea concentrației de radon determinată numeric conform revendicării 6 este în intervalul
de încredere admisibil;

17 b) se rulează funcția de calcul pentru o perioadă de timp de ordinul zilelor, preferabil
7 zile, cu datele furnizate de mijloacele (3) exterioare, respectiv cu datele furnizate de
19 mijloacele (2) interioare (P201, P202);

21 c) compararea rezultatelor generate de funcția de calcul cu valorile concentrației de
radon furnizate de mijloacele (2) interioare în perioada de timp stabilită (P203);

23 d) reluarea pașilor a)-c) cu alte valori candidat ale parametrilor semnificativi, dacă
rezultatele obținute cu funcția de calcul sunt în afara unei marje de eroare admisibilă față de
valorile furnizate de mijloacele (2) interioare (P205), sau respectiv;

25 e) validarea funcției de calcul stabilită la punctul a), dacă rezultatele obținute sunt în
marja de eroare admisibilă față de valorile furnizate de mijloacele (2) interioare (P204).

27 8. Metodă conform revendicării 5, **caracterizată prin aceea că** funcția de calcul al
concentrației de radon se validează într-o etapă suplimentară de funcționare a sistemului (S),
29 care cuprinde următorii pași:

1) se instalează funcția de calcul calibrată pe server;

31 2) se introduc datele previzionate furnizate de mijloacele (3) exterioare, respectiv
datele furnizate de mijloacele (2) interioare (P301);

33 3) se furnizează de către funcția de calcul, a concentrațiilor de radon previzionate în
locația menționată (P302);

35 4) dacă concentrația previzionată depășește valoarea de prag prestabilită admisibilă
a concentrației de radon în respectiva locație, se acționează mijloacele (5) de control al
37 concentrației de radon (P304).

39 9. Metodă conform revendicării 5, **caracterizată prin aceea că** parametrii ambientali
externi, temperatură, umiditate, direcție și viteză vânt sunt valori prognozate, furnizate de
aplicația API și în care parametrii ambientali interni, respectiv temperatura în respectiva
41 locație pot fi valori determinate în timp real sau valori prognozate, dacă există un sistem de
termostatare în interiorul respectivei locații.

43 10. Metodă conform revendicării 5, **caracterizată prin aceea că** calcularea
concentrației de radon din respectiva locație ca o funcție de parametri ambientali interni,
45 respectiv parametri ambientali externi se face cu o funcție conform revendicării 1.

47 11. Metodă conform revendicării 5, **caracterizată prin aceea că** mijloacele (5) de
control al concentrației de radon din respectiva locație sunt dispozitive care permit înlocuirea
aerului și a altor gaze, în special radon, aflate în locație, cu aer proaspăt, de preferință un
49 sistem de ventilație, un aparat de aer condiționat sau structuri ale locației respective, care
prin acționare manuală permit aerisirea acesteia.

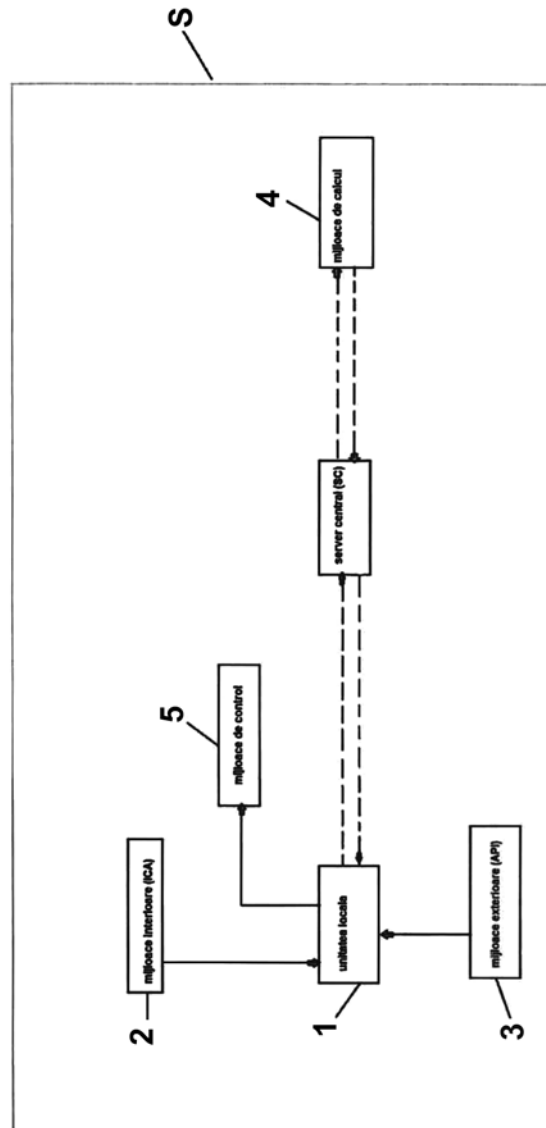


Fig. 1a

RO 134001 B1

(51) Int.Cl.

G01T 1/178 (2006.01),

F24F 7/06 (2006.01)

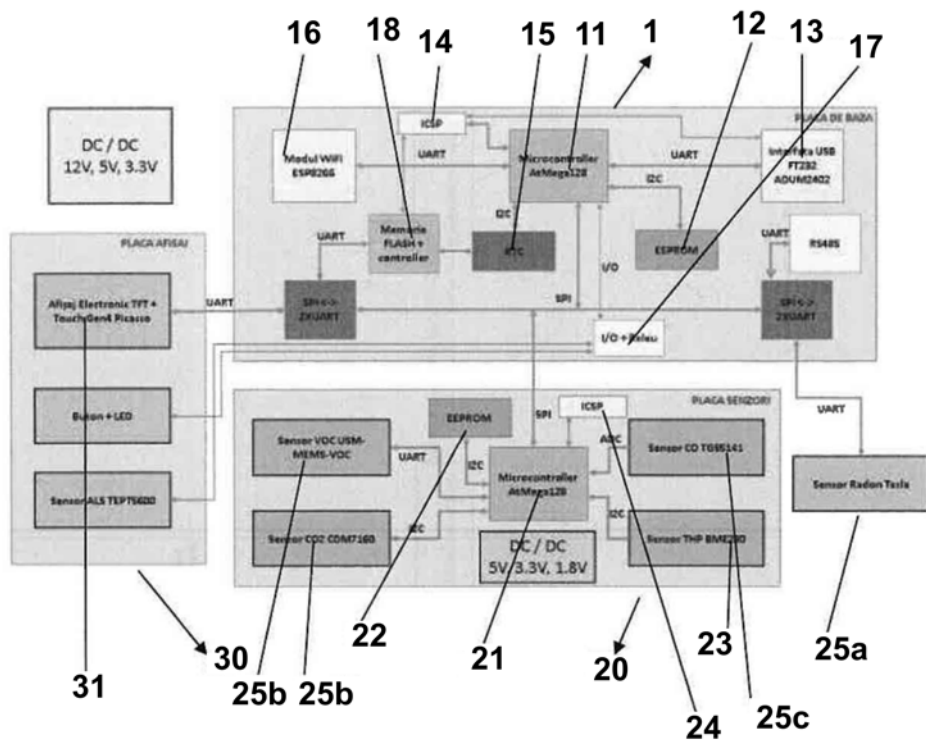


Fig. 1b

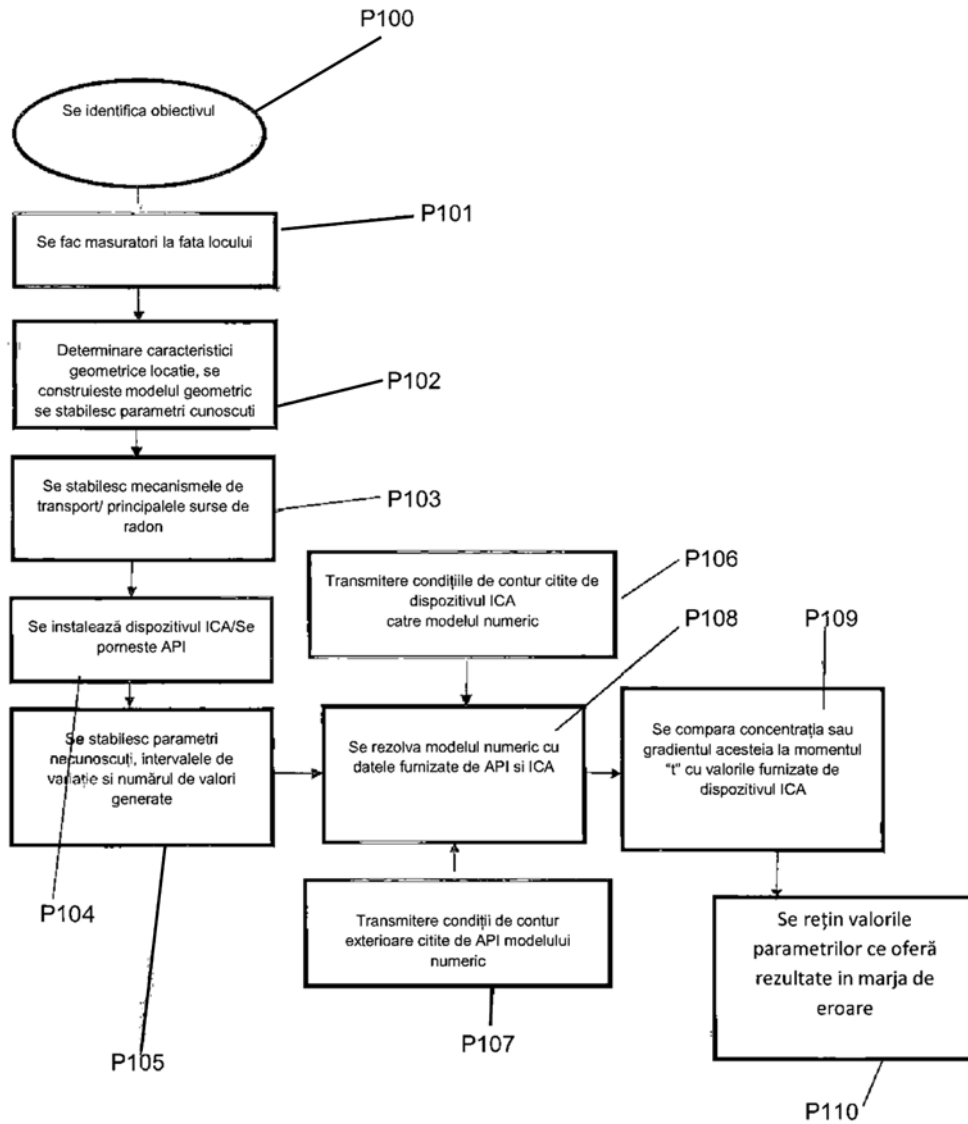


Fig. 2

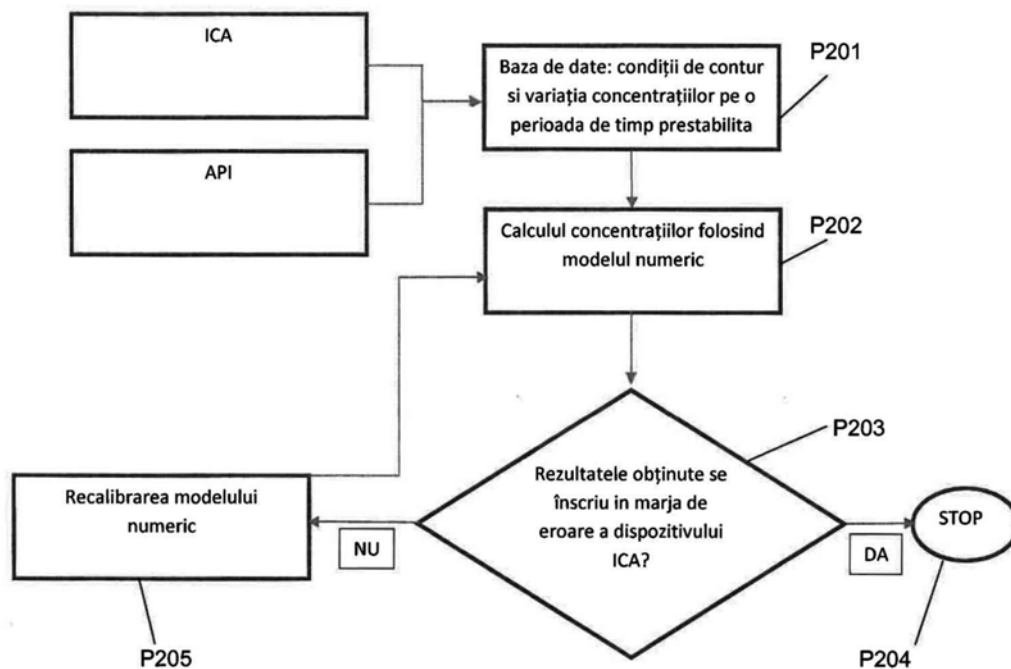


Fig. 3

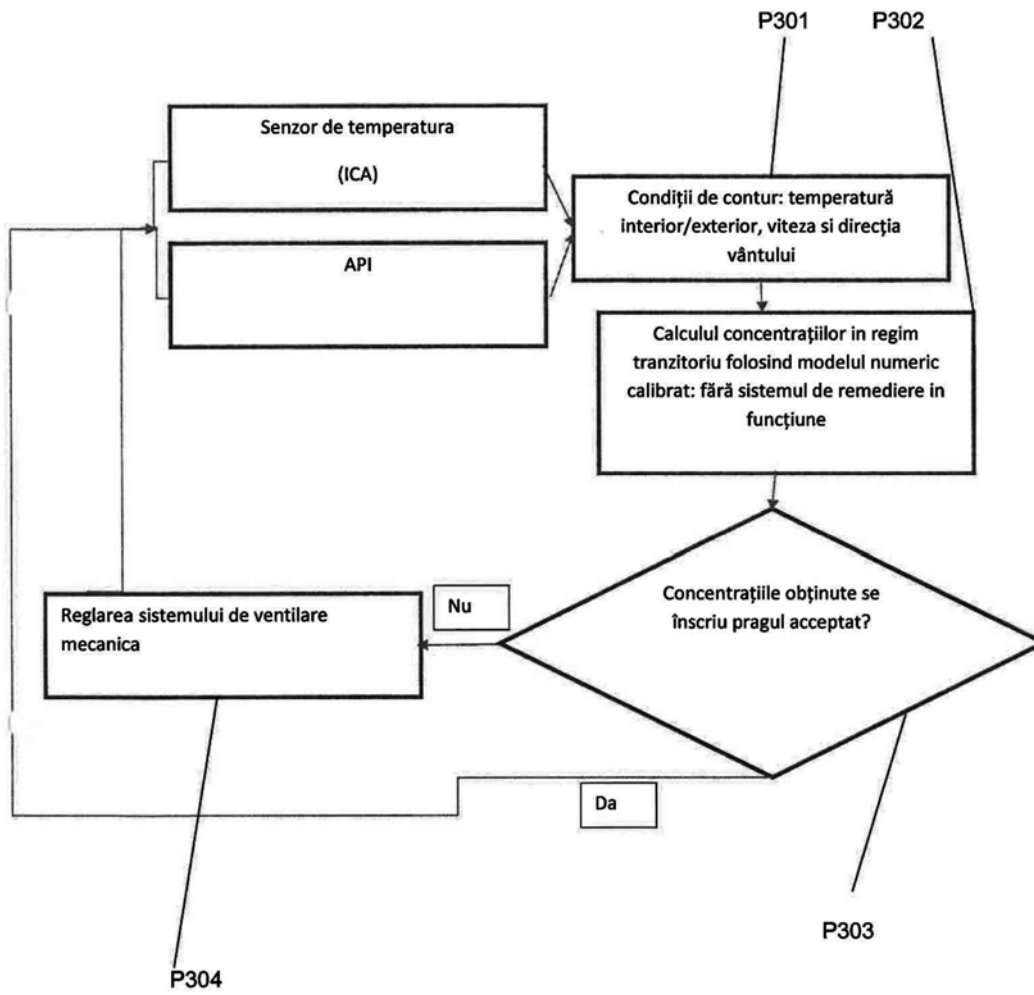


Fig. 4

RO 134001 B1

(51) Int.Cl.

G01T 1/178 (2006.01),

F24F 7/06 (2006.01)

2	Input Parameters		
3	Fluid Flow (Fluent) (A1)		
4	ip P1	XYPlane.H1	2.5
5	ip P2	XYPlane.V2	0.15
6	ip P3	XYPlane.V3	0.5
7	ip P4	XYPlane.H7	12.65
8	ip P5	XYPlane.V6	10
9	ip P6	XYPlane.H5	0.15
10	ip P7	XYPlane.V4	2.65
11	ip P25	prem_drain	1E+08
12	ip P26	prec_dif_dren	0.094
13	ip P27	perm_placa	1.515E+09
14	ip P28	proc_dif_placa	0.104
15	ip P29	perm_sol	1E+12
16	ip P30	proc_dif_sol	0.396
17	ip P31	fi	7.791E-21
18	ip P32	schimburi	0
19	ip P33	suctiune	-5
20	ip P34	presiune exterioara	0

Tabel 1. Lista parametrilor

	A	B
1		Enabled
6	ip P2 - XYPlane.V2	<input type="checkbox"/>
7	ip P3 - XYPlane.V3	<input type="checkbox"/>
8	ip P4 - XYPlane.H7	<input type="checkbox"/>
9	ip P5 - XYPlane.V6	<input type="checkbox"/>
10	ip P6 - XYPlane.H5	<input type="checkbox"/>
11	ip P7 - XYPlane.V4	<input type="checkbox"/>
12	ip P25 - prem_drain	<input type="checkbox"/>
13	ip P26 - prec_dif_dren	<input type="checkbox"/>
14	ip P27 - perm_placa	<input checked="" type="checkbox"/>
15	ip P28 - proc_dif_placa	<input type="checkbox"/>
16	ip P29 - perm_sol	<input type="checkbox"/>
17	ip P30 - proc_dif_sol	<input type="checkbox"/>
18	ip P31 - fi	<input type="checkbox"/>
19	ip P32 - schimburi	<input checked="" type="checkbox"/>
20	ip P33 - suctiune	<input type="checkbox"/>
21	ip P34 - presiune exterioara	<input type="checkbox"/>
22	ip P35 - concentratie_int	<input type="checkbox"/>
23	ip P36 - concentratie_int	<input type="checkbox"/>

Tabel 2. Lista parametrilor incerti

Fig. 5

RO 134001 B1

(51) Int.Cl.

G01T 1/178 (2006.01);

F24F 7/06 (2006.01)

Table of Output 4.16: Data: Status of Design of Experiment							
	A	B	C	D	E	F	G
1	Name	P27 - perm_placa [m^-2]	P32 - schimburi (m)	P28 - radiatare	P28 - radiatare_suf	P26 - flux_placa [Bq/m^2]	P40 - concentratie interioara [Bq/m3]
2	1	4.8072E+01	0.000228	0.004028	0	0.022487	1.1228
3	2	5.2979E+01	0.000478	0.004603	0	0.021126	0.92252
4	3	6.3925E+01	0.000728	0.004129	0	0.020826	0.21726
5	4	9.7875E+01	0.000773	0.0039417	0	0.020278	0.55748
6	5	6.428E+01	0.000775	0.013188	0	0.020423	0.90514
7	6	7.7778E+01	0.000775	0.034278	0	0.020264	0.81568
8	7	5.7912E+01	0.000775	0.0041117	0	0.020126	0.24753
9	8	7.7778E+01	0.000811	0.0043646	0	0.020794	0.42138
10	9	4.3078E+01	0.000813	0.0002894	0	0.020405	0.22373
11	10	1.1375E+01	0.000175	0.611	0	0.021316	1.3128
12	11	8.3679E+01	0.000679	0.0540588	0	0.020228	0.24813
13	12	3.8118E+01	0.000525	0.052569	0	0.019946	0.44369
14	13	2.3178E+01	2.5E-05	0.0515142	0	0.019928	10.521
15	14	1.6222E+01	0.000725	0.0079484	0	0.020289	1.206
16	15	6.3872E+01	7.5E-05	0.0041216	0	0.020470	1.0566
17	16	6.3822E+01	0.000575	0.0040405	0	0.020817	1.0955
18	17	2.2272E+01	0.000923	0.008568	0	0.020712	0.498
19	18	3.473E+01	0.000428	0.016501	0	0.11389	2.1105
20	19	0.2879E+00	0.000476	0.0516686	0	0.020491	0.31417

Tabel 3. Rezultatele experimentelor numerice

Table of Schematic B4: Optimization				
	A	B	C	D
1	Optimization Study			
2	Seek P40 = 3.5	Goal, Seek P40 = (Default Importance)		
3	Optimization Method			
4	Screening	The Screening optimization method uses a simple approach based on sampling and sorting. It supports multiple objectives and constraints as well as all types of input parameters. Usually it is used for preliminary design, which may lead you to apply other methods for more refined optimization results.		
5	Configuration	Generate 1000 samples and find 3 candidates.		
6	Status	Converged after 1000 evaluations.		
7	Candidate Points			
8		Candidate Point 1	Candidate Point 2	Candidate Point 3
9	P27 - perm_placa [m^-2]	7.5468E+09	1.7285E+09	3.669E+09
10	P32 - schimburi (m)	6.007E-05	0.00014503	8.8391E-05
11	P40 - concentratie interioara [Bq/m3]	☆☆☆ 3.5344	☆☆☆ 3.5646	☆☆☆ 3.4306

Tabel 4. Seturi de valori candidat pentru parametri încerți ai funcției de calcul

Fig. 5 continuare

(51) Int.Cl.

G01T 1/178 (2006.01),

F24F 7/06 (2006.01)

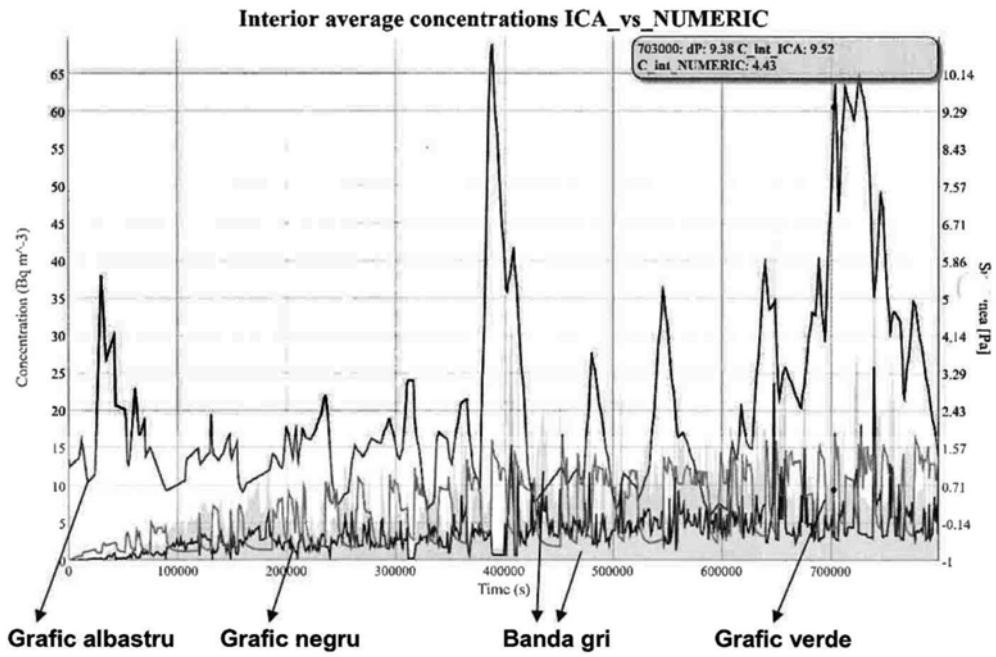


Fig. 6

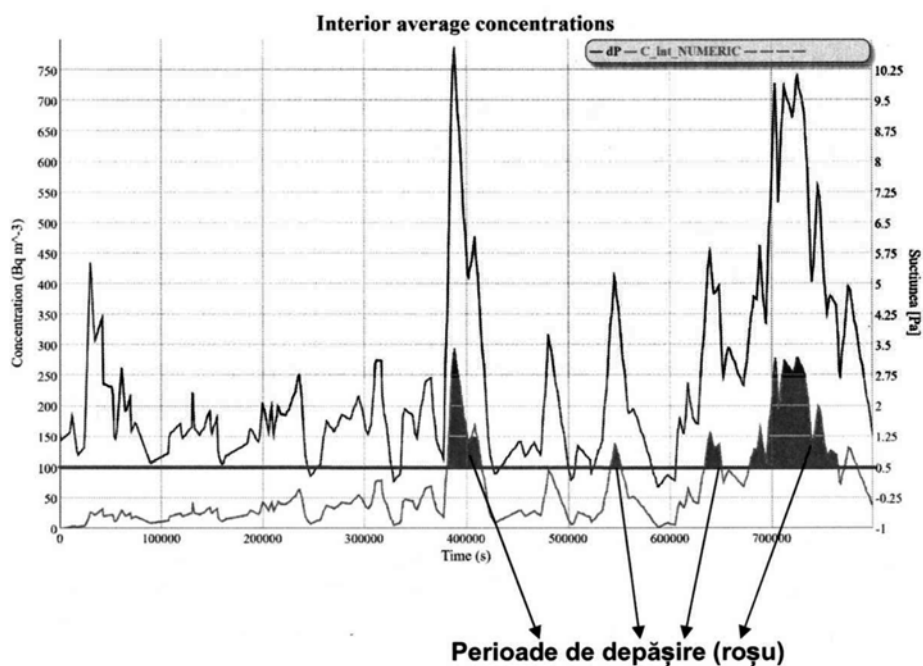


Fig. 7

